

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**“DISEÑO DE UN ASCENSOR ELÉCTRICO CON CAPACIDAD DE  
300kg PARA EL ACCESO DE PERSONAS DISCAPACITADAS  
HASTA EL TERCER NIVEL DEL PABELLÓN DE AULAS DE LA  
FIME – UNAC”**

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

**BACHILLER RODERICK PABLO PINTO YATACO**



**Callao, 2021**  
**PERÚ**

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Roderick Pinto Yataco".



## **DEDICATORIA**

A mis padres Roque y Mariela quienes han estado para guiarme, aconsejarme y apoyarme en todo momento.

A mis hermanos Fabricio, Dahiana y Yanira que con su compañía y motivación han logrado que esto sea un logro más en mi vida profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios quien bendice mi camino y me brinda protección en todo momento.

A la Universidad Nacional del Callao que me acogió y a la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la cual me llevo los mejores recuerdos durante mi formación profesional.

# ÍNDICE

<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>5</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>8</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>11</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>12</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>15</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática. ....	15
1.2. Formulación del problema.....	16
1.2.1. Problema general. ....	16
1.2.2. Problemas específicos. ....	17
1.3. Objetivos.....	17
1.3.1. Objetivo general. ....	17
1.3.2. Objetivos específicos.....	17
1.4. Limitantes de la investigación. ....	17
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
2.1. Antecedentes.....	19
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	19
2.1.2. Antecedentes nacionales. ....	20
2.2. Bases teóricas. ....	20
2.2.1. Segunda Ley de Newton. ....	20
2.2.2. Esfuerzo en una sección. ....	21
2.2.3. Deformación. ....	23
2.2.4. Diagrama de esfuerzo-deformación. ....	24
2.2.5. Ley de Hooke .....	24
2.3. Conceptual.....	24
2.3.1. Normas de Referencia.....	24
2.3.2. Ascensor. ....	25

2.3.3.	Partes de un Ascensor Eléctrico.....	28
2.4.	Definición de términos básicos. ....	31
<b>III.</b>	<b>HIPÓTESIS Y VARIABLES .....</b>	<b>32</b>
3.1.	Hipótesis. ....	32
3.1.1.	Hipótesis general.....	32
3.1.2.	Hipótesis específicas.....	32
3.2.	Definición conceptual de variables.....	32
3.3.	Operacionalización de variables. ....	34
<b>IV.</b>	<b>DISEÑO METODOLÓGICO.....</b>	<b>35</b>
4.1.	Tipo y diseño de investigación. ....	35
4.1.1.	Tipo de investigación.....	35
4.1.2.	Diseño de investigación.....	35
4.2.	Método de investigación. ....	35
4.3.	Población y muestra.....	36
4.4.	Lugar de estudio y periodo desarrollado. ....	36
4.5.	Técnicas e instrumentos para la recolección de la información. ....	37
4.6.	Análisis y procesamiento de datos.....	38
4.6.1.	Consideraciones y requerimientos del problema planteado. ....	38
4.6.2.	Estructura de funciones.....	39
4.6.3.	Matriz morfológica. ....	40
4.6.4.	Concepto de solución óptima. ....	41
4.6.5.	Cálculo del número de personas a transportar.....	42
4.6.6.	Cálculo de amortiguadores.....	44
4.6.6.1.	Cálculo de amortiguadores de la cabina .....	44
4.6.6.2.	Cálculo de amortiguadores del contrapeso.....	50
4.6.7.	Cálculo de las guías .....	53
4.6.7.1.	Guías para la cabina .....	54
4.6.7.2.	Guías para el contrapeso.....	60

4.6.8.	Cálculo de la estructura soporte del motor .....	60
4.6.8.1.	Cálculo del peso que soportará la estructura.....	60
4.6.9.	Diseño del bastidor de la cabina.....	64
4.6.9.1.	Dimensiones del bastidor.....	64
4.6.9.2.	Proceso de cálculo del bastidor de la cabina.....	65
4.6.9.3.	Cálculo del bastidor para la cabina .....	70
4.6.9.4.	Selección del material para las vigas del bastidor .....	82
4.6.9.5.	Selección de material para las columnas del bastidor .....	85
4.6.10.	Desarrollo de juntas soldadas del bastidor para la cabina .....	87
4.6.11.	Diseño del bastidor para el contrapeso. ....	93
4.6.11.1.	Dimensiones del bastidor del contrapeso. ....	94
4.6.11.2.	Cálculo del bastidor del contrapeso .....	94
4.6.11.3.	Selección del material para el bastidor del contrapeso. ....	95
4.6.11.4.	Peso a transportar por el contrapeso .....	96
4.6.11.5.	Cálculo del bloque de concreto .....	96
4.6.12.	Cálculo de pernos.....	97
4.6.12.1.	Cálculo de los pernos para el bastidor de cabina.....	97
4.6.12.2.	Cálculo de pernos para bastidor de contrapeso.....	104
4.6.12.3.	Cálculo de pernos de anclaje .....	106
4.6.12.4.	Cálculo de los pernos de anclaje del motor .....	109
4.6.12.5.	Cálculo de los tornillos de sujeción para las guías al concreto	109
4.6.12.6.	Pernos para la estructura del motor .....	114
4.6.13.	Cálculo de cables de tracción.....	117
4.6.14.	Cálculo del motor de tracción .....	123
4.6.15.	Polea de tracción.....	133
4.6.16.	Selección del circuito de seguridad .....	137
4.6.16.1.	Limitador de velocidad .....	138
4.6.16.2.	Cable para el accionamiento del limitador de velocidad .....	139
4.6.16.3.	Paracaídas.....	140
<b>V.</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>141</b>
5.1.	Resultados descriptivos. ....	141

5.2.	Resultados inferenciales .....	159
<b>VI.</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>160</b>
6.1.	Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.....	160
6.2.	Contrastación de los resultados con otros estudios similares.....	160
6.2.1.	Contrastación de resultados con antecedentes internacionales.....	160
6.2.2.	Contrastación de resultados con antecedentes nacionales.....	161
6.3.	Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.....	161
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>162</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>163</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>164</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>168</b>
	<b>Anexo N° 1: Matriz de Consistencia .....</b>	<b>168</b>
	<b>Anexo N° 2: Planos de Arreglo General y de Detalle .....</b>	<b>169</b>
	<b>Anexo N° 3: Plano de la Posible Ubicación del Ascensor .....</b>	<b>185</b>
	<b>Anexo N° 4: Tablas.....</b>	<b>187</b>
	<b>Anexo N° 5: Fichas Técnicas .....</b>	<b>201</b>
	<b>Anexo N° 6: Cotización del Ascensor Eléctrico de 300kg de Capacidad.....</b>	<b>226</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3. 1 Operacionalización de las variables .....	34
Tabla 4. 1 Lista de Requerimientos.....	39
Tabla 4. 2 Propiedad de los materiales ASTM 401 .....	46
Tabla 4. 3 Tabla de Diámetro de alambre .....	47
Tabla 4. 4 Extremos de Resortes Helicoidales.....	48
Tabla 4. 5 Tabla de Diámetro de alambre .....	51
Tabla 4. 6 Características mecánicas de las guías de cabina (I-70/9 e I-90/16)...	55
Tabla 4. 7 Características del perfil HEB 100.....	63
Tabla 4. 8 Peso Nominal del Perfil L30x30x3mm.....	65
Tabla 4. 9 Peso nominal de plancha A36 de 2mm Laminado en caliente.....	66
Tabla 4. 10 Peso Nominal de Plancha Estriada A36 de 5 mm.....	67
Tabla 4. 11 Propiedades del perfil UPN 100 .....	69
Tabla 4. 12 Velocidades a las que debe actuar el limitador de velocidad .....	75
Tabla 4. 13 Propiedades del perfil UPN 120 .....	83
Tabla 4. 14 Propiedades del perfil UPN 120 .....	85
Tabla 4. 15 Propiedades y dimensiones del perfil UPN 120 .....	86
Tabla 4. 16 Electrodo recomendado por Indura para soldar principales aceros CAP.....	87
Tabla 4. 17 Propiedades de una soldadura considerada como una línea.....	89
Tabla 4. 18 Tipo de carga para la soldadura.....	90
Tabla 4. 19 Propiedades del perfil UPN 80 .....	96
Tabla 4. 20 Características del acero AISI 1020 .....	98
Tabla 4. 21 Diámetros y área de roscas unificadas de tornillo UNC y UNF .....	100
Tabla 4. 22 Especificaciones SAE para pernos de acero .....	101
Tabla 4. 23 Factores de concentración del esfuerzo de fatiga Kf de elementos roscados .....	101
Tabla 4. 24 Fuerza de precarga en relación al número de pernos.....	102
Tabla 4. 25 Fuerza de precarga en relación al número de pernos.....	107

Tabla 4. 26 Cargas de tensión y corte en bloques de concreto hueco de peso normal, medio y ligero, de 8 pulgadas .....	111
Tabla 4. 27 Carga de tensión en función a la distancia del borde (fc).....	111
Tabla 4. 28 Carga de corte en función a la distancia del borde .....	112
Tabla 4. 29 Propiedades del perfil HEB 100 .....	116
Tabla 4. 30 Datos técnicos del cable tipo Seale 6 x 19 (9+9+1) +1 textil).....	118
Tabla 4. 31 Características del motor PERMAGSA modelo GC300-320 .....	125
Tabla 4. 32 Coeficiente que es función de desaceleración de frenado de la cabina .....	134
Tabla 4. 33 Coeficiente que tiene en cuenta la variación del perfil de la polea de tracción debido al desgaste .....	135
Tabla 4. 34 Ecuaciones para encontrar el coeficiente de rozamiento teniendo en cuenta el tipo de garganta.....	135
Tabla 4. 35 Velocidades máximas de los aparatos elevadores para las que debe actuar el limitador de velocidad.....	138
Tabla 4. 36 Cables para el accionamiento del limitador de velocidad.....	139
Tabla 4. 37 Propiedades del perfil UPN 100 .....	191
Tabla 4. 38 Cables para el accionamiento del limitador de velocidad.....	200
Tabla 5. 1 Capacidad de la cabina.....	141
Tabla 5. 2 Diseño del amortiguador para la cabina.....	142
Tabla 5. 3 Diseño del amortiguador para el contrapeso.....	143
Tabla 5. 4 Diseño de las guías para la cabina .....	144
Tabla 5. 5 Diseño de las guías para el contrapeso .....	145
Tabla 5. 6 Diseño de la estructura soporte del motor.....	146
Tabla 5. 7 Diseño de las vigas del bastidor para la cabina .....	147
Tabla 5. 8 Diseño de las columnas del bastidor para la cabina .....	148
Tabla 5. 9 Diseño de las juntas soldadas del bastidor para la cabina .....	149
Tabla 5. 10 Diseño de la cabina.....	150
Tabla 5. 11 Diseño del bastidor del contrapeso .....	151
Tabla 5. 12 Diseño del contrapeso.....	151

Tabla 5. 13 Selección de los pernos para el bastidor de la cabina .....	152
Tabla 5. 14 Selección de los pernos para el bastidor del contrapeso .....	153
Tabla 5. 15 Selección de los pernos para el anclaje del bastidor de la cabina ...	153
Tabla 5. 16 Selección de los pernos para el anclaje del motor .....	154
Tabla 5. 17 Selección de los tornillos de sujeción para las guías .....	155
Tabla 5. 18 Selección de los pernos para la estructura del motor.....	155
Tabla 5. 19 Selección de los cables de tracción .....	156
Tabla 5. 20 Selección del motor de tracción .....	156
Tabla 5. 21 Selección de la polea de tracción.....	157
Tabla 5. 22 Selección del limitador de velocidad .....	158
Tabla 5. 23 Selección del cable para el limitador de velocidad.....	158
Tabla 5. 24 Selección del paracaídas .....	159

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Esfuerzo.....	21
Figura 2. 2 Deformación que sufre una probeta.....	23
Figura 2. 3 Diagrama de esfuerzo-deformación convencional y verdadero para un material dúctil (acero).....	24
Figura 2. 4 Partes de un ascensor eléctrico con cuarto de máquina.....	25
Figura 2. 5 Partes de un ascensor eléctrico sin cuarto de máquina.....	26
Figura 2. 6 Partes de un ascensor hidráulico.....	27
Figura 2. 7 Esquema de cabina y bastidor o armadura.....	28
Figura 2. 8 Esquema de contrapeso.....	29
Figura 2. 9 Constitución de un cable.....	30
Figura 4. 1 Ubicación Geográfica de la Universidad Nacional del Callao.....	36
Figura 4. 2 Diagrama Lógico.....	38
Figura 4. 3 Caja negra.....	39
Figura 4. 4 Caja blanca.....	39
Figura 4. 5 Matriz morfológica.....	40
Figura 4. 6 Bosquejo de solución óptima.....	41
Figura 4. 7 Persona discapacitada en silla de rueda más un acompañante.....	43
Figura 4. 8 Personas discapacitadas sin silla de rueda.....	43
Figura 4. 9 Resorte Helicoidal de compresión de la cabina.....	49
Figura 4. 10 Simulación del amortiguador para la cabina.....	50
Figura 4. 11 Resorte helicoidal del contrapeso.....	52
Figura 4. 12 Simulación del Resorte helicoidal del contrapeso.....	53
Figura 4. 13 Empuje horizontal de las guías.....	54
Figura 4. 14 Fuerzas sobre las guías en una operación de frenada.....	57
Figura 4. 15 Simulación de guías para la cabina.....	59
Figura 4. 16 Guía para el contrapeso.....	60
Figura 4. 17 DCL del soporte del motor.....	61
Figura 4. 18 Diagrama de Fuerza cortante y Momento flector.....	62

Figura 4. 19 Simulación de la estructura soporte del motor .....	63
Figura 4. 20 Estructura del bastidor de la cabina .....	64
Figura 4. 21 Cabina del ascensor .....	67
Figura 4. 22 Carga repartida en la viga inferior .....	68
Figura 4. 23 Esquema la viga superior.....	71
Figura 4. 24 Diagrama de Fuerza cortante y Momento flector .....	72
Figura 4. 25 Carga repartida en la viga Inferior.....	72
Figura 4. 26 Diagrama de Fuerza cortante y Momento Flector .....	73
Figura 4. 27 Carga repartida en el Larguero Inferior .....	75
Figura 4. 28 Esquema de la viga superior.....	77
Figura 4. 29 Diagrama de Fuerza cortante y Momento Flector .....	78
Figura 4. 30 DCL de las vigas inferiores .....	79
Figura 4. 31 Vigas hiperestáticas empotrada en ambos extremos.....	80
Figura 4. 32 Sumatoria de momentos para la viga inferior.....	82
Figura 4. 33 Diagrama de momento flector .....	82
Figura 4. 34 Simulación de la viga superior .....	84
Figura 4. 35 Simulación de la viga inferior .....	84
Figura 4. 36 Simulación de las columnas.....	86
Figura 4. 37 Fuerza que produce momento flector sobre una placa .....	88
Figura 4. 38 Resultante de la suma vectorial .....	90
Figura 4. 39 Soldadura en filete con dimensiones iguales .....	92
Figura 4. 40 Posición de las planchas soldadas al bastidor .....	92
Figura 4. 41 Simulación de la junta soldada .....	93
Figura 4. 42 DCL para la viga superior .....	94
Figura 4. 43 Diagrama de Fuerza cortante y Momento flector .....	95
Figura 4. 44 Bastidor del contrapeso .....	96
Figura 4. 45 Unión de vigas y columna para el bastidor de la cabina .....	98
Figura 4. 46 Viga sujeta a la columna mediante pernos .....	104
Figura 4. 47 Pernos para la unión de la viga y columna del contrapeso .....	104
Figura 4. 48 Anclaje del bastidor de la cabina .....	106

Figura 4. 49 Pernos de anclaje de los cables de elevación .....	109
Figura 4. 50 Motor del ascensor.....	109
Figura 4. 51 Esquema de la distribución de los anclajes .....	110
Figura 4. 52 Método de la línea recta, con $n = 5/3$ .....	113
Figura 4. 53 Tornillo de sujeción para las guías.....	114
Figura 4. 54 Estructura soporte del motor .....	114
Figura 4. 55 Perfil de la estructura soporte del motor .....	115
Figura 4. 56 DCL del perfil para el soporte del motor.....	115
Figura 4. 57 Funcionamiento del mecanismo con cabina cargada .....	119
Figura 4. 58 Funcionamiento del mecanismo con la cabina vacía.....	120
Figura 4. 59 Motor PERMAGSA Ge 300-320-135.....	129
Figura 4. 60 Polea del perfil semicircular con ranura .....	133
Figura 4. 61 Polea de gargantas semicirculares .....	137
Figura 4. 62 Circuito de paracaídas .....	137
Figura 4. 63 Limitador de velocidad LBD 200 .....	139
Figura 4. 64 Paracaídas PR-2500.....	140

## RESUMEN

Hoy en día la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la universidad Nacional del Callao no cuenta con un acceso diferente al de las escaleras que permita el ingreso de personas discapacitadas a los diferentes niveles del pabellón de aulas, es en este sentido que la presente tesis de investigación plantea dar una solución a esta problemática mediante el diseño de un ascensor eléctrico con capacidad de 300kg para el acceso de personas discapacitadas.

Para esto se tuvo en cuenta los objetivos y los problemas planteados para definir el marco normativo más apropiado, luego se elaboró el diagrama lógico, la lista de requerimientos, la caja negra y caja blanca, la matriz morfológica, para posteriormente obtener el concepto de solución óptima y proceder con la secuencia de cálculos detallados para poder realizar el diseño más apropiado, por otro lado se hizo uso de una herramienta muy importante como es la utilización de un software de ingeniería apropiado para respaldar los cálculos de diseño mediante la simulación y de esta manera proyectar el comportamiento que tendrán los componentes cuando las cargas estén actuando.

Finalmente se obtuvieron los resultados, se hizo la discusión de los mismos los cuales fueron contrastados con las hipótesis y los antecedentes, para de esta manera obtener las conclusiones y recomendaciones para una futura fabricación.

**Palabras claves:** Ascensor eléctrico, Personas discapacitadas.

## **ABSTRACT**

Nowadays the Mechanical and Energy Faculty Engineering of the National University of Callao doesn't have an access different from that of the stairs that allows the entry of disabled people to the different levels of the classroom pavilion, it is in this sense that the present research thesis proposes to provide a solution to this problem by designing an electric elevator with a capacity of 300kg for the access of disabled people.

For this, the objectives and the problems raised to define the most appropriate regulatory framework were taken into account, then the logic diagram, the list of requirements, the black box and white box, the morphological matrix, was elaborated, to later obtain the solution concept and proceed with the sequence of detailed calculations to be able to carry out the most appropriate design, on the other hand, a very important tool was used, such as the use of appropriate engineering software to support design calculations through simulation and this way to project the behavior that the components will have when the loads are interacting.

Finally, the results were obtained, a discussion of them was made, which were contrasted with the hypotheses and the antecedents, in order to obtain the conclusions and recommendations for a future manufacturing.

**Keywords:** Electric elevator, Disabled people.



## INTRODUCCIÓN

Actualmente existe una preocupación por las personas discapacitadas, por lo que se han establecido acuerdos a nivel internacional y nacional, logrando de esta manera que dichas personas con dificultades puedan tener acceso a los lugares donde no les era posible el acceso porque solamente contaban con escaleras como medio de ingreso, viendo la situación actual se han tomado medidas para solucionar estos problemas que pueden resultar en algunos casos hasta discriminatorios, este proyecto de tesis tiene como fin permitir el acceso de las personas discapacitadas a los diferentes niveles de la FIME – UNAC, realizando el diseño y selección de equipos mecánicos y electromecánicos de un ascensor eléctrico.

En el capítulo I se encuentra el planteamiento del problema, el cual menciona la descripción de la realidad problemática, que para la presente investigación es el no contar con un acceso distinto al de las escaleras para personas discapacitadas. La formulación del problema está comprendida por el problema general, la cual cuestiona, ¿Cómo diseñar un ascensor eléctrico con capacidad de 300kg para el acceso de personas discapacitadas hasta el tercer nivel del pabellón de aulas de la FIME - UNAC? Y sus problemas específicos, los cuales buscan disgregar el problema general en las siguientes preguntas ¿Cómo aplicar el marco normativo de manera correcta para obtener los parámetros de diseño?, ¿Cómo diseñar la estructura de un ascensor eléctrico con capacidad de 300kg para transportar personas discapacitadas? Y ¿Cómo seleccionar los componentes mecánicos y electromecánicos del ascensor eléctrico para un adecuado funcionamiento del sistema de elevación?, por otro lado se encuentra el objetivo general el cual es diseñar un ascensor eléctrico con capacidad de 300kg para el acceso de personas discapacitadas hasta el tercer nivel del pabellón de aulas de la FIME – UNAC, también están los objetivos específicos, aplicar el marco normativo de manera correcta para obtener los parámetros de diseño, diseñar la estructura del ascensor eléctrico con capacidad de 300kg para transportar personas discapacitadas y seleccionar los componentes mecánicos y electromecánicos del ascensor eléctrico

para un adecuado funcionamiento del sistema de elevación, que son una respuesta a los problemas específicos, todo con el fin de lograr el diseño del ascensor eléctrico, también se encuentran las limitantes de la investigación. En el capítulo II se encuentra el marco teórico el cual menciona a los antecedentes del estudio los cuales brindaron un apoyo para adquirir conocimientos previos de investigaciones relacionadas al tema, las bases teóricas permitieron afianzar el diseño a teorías, postulados, etc. La definición de términos básicos permite tener claridad en los conceptos. En el capítulo III se encuentra las hipótesis las cuales busca demostrar los objetivos, también se encuentra las variables las cuales son dos, ascensor eléctrico y acceso de personas discapacitadas cada una de ellas con sus definiciones, posteriormente se tiene la operacionalización de las variables en la que se indica su dimensión, indicador, índice, método y técnica. En el capítulo IV se encuentra el tipo de investigación el cual es tecnológica y diseño de investigación la cual es descriptiva simple, el método de investigación es analítico lógico-deductivo con enfoque sistemático, la población y muestra es para un ascensor de características determinadas, es una sola unidad de análisis por lo tanto coinciden siendo esta el ascensor eléctrico, el lugar de estudio es la facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao ubicado en la Av. Juan Pablo II N° 306, en el distrito de Bellavista, la técnica es del tipo documental, posteriormente se tiene el análisis y procesamiento de datos en los cuales se aprecia el diagrama lógico, la lista de requerimientos, la caja negra y caja blanca, la matriz morfológica, el concepto de solución óptima y la secuencia de cálculos detallados así como la simulación hecha con el software SolidWorks 2020 para contrastar resultados. En el capítulo V se ven los resultados obtenidos y en el capítulo VI la discusión de estos resultados, Finalmente se encuentran las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los Anexos.

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática.**

En estos últimos años se ha visto una tendencia a nivel internacional en la inclusión de las personas con discapacidad y movilidad reducida. El 13 de diciembre del 2006 fue aprobada por la Asamblea General de las Naciones Unidas la Convención Internacional de los derechos de las personas con discapacidad, en su Artículo 3: Principios generales – Los conceptos fundamentales de respeto de la dignidad inherente y la autonomía de las personas con discapacidad, la no discriminación, la participación, la inclusión, la igualdad y la accesibilidad son los que orientan la interpretación de las obligaciones contenidas en la Convención (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2006, p. 5). Y en su Artículo 4: Obligaciones generales – Entre otras cosas, los Estados Partes deben examinar y revisar la legislación, promover bienes, servicios e instalaciones de diseño universal, y elaborar políticas y programas para hacer efectiva la Convención y consultar en ese proceso a personas con discapacidad (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2006, p. 6). La mayoría de países a nivel mundial han incluido en sus normas legales la Accesibilidad Universal y el Diseño Universal, está considerado en las normas de diseño para transporte mecánico en edificaciones (UNE-ISO 21542: 2012 Norma internacional de accesibilidad del entorno construido; UNE 41524:2010 Accesibilidad en la edificación. Reglas generales de diseño de los espacios y elementos que forman el edificio; UNE-EN 81-41:2011 Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores).

En el Perú la norma técnica A.120 enuncia en el Artículo 1: Condiciones Generales - La presente norma establece las condiciones y especificaciones técnicas mínimas de diseño para las edificaciones, a fin que sean accesibles para todas las personas, independientemente de sus características funcionales o capacidades garantizando el derecho a la accesibilidad bajo el

principio del diseño universal (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019, p. 5). Y en el artículo 2: Ámbito de aplicación - La presente Norma Técnica es de aplicación obligatoria para todas las edificaciones donde se presten servicios de atención al público, sean de propiedad pública o privada; y, para las áreas de circulación común de las edificaciones de uso residencial para las que se exija ascensor (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019, p. 5). De la misma manera, la ley N° 30220, artículo 100: Derechos de los estudiantes - “contar con ambientes, instalaciones, mobiliario y equipos que sean accesibles para las personas con discapacidad” (Ministerio de Educación, 2019, p. 47).

La Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao es una institución pública que presta servicios educativos, cuenta en su pabellón de aulas con tres niveles de pisos y el único acceso para llegar al segundo y tercer nivel es por medio de las escaleras. Por lo tanto, al sólo contar con escaleras como medio para acceder a cualquiera de estos niveles conlleva a que las personas ancianas, discapacitadas o que presenten algún problema para poder subir las escaleras no puedan tener acceso con facilidad a cualquiera de los niveles superiores, pues se les hace difícil o en algunos casos hasta imposible el poder lograrlo. Esto afecta de forma directa la imagen de la facultad ya que siendo una facultad de ingeniería no cuenta con otro medio de traslado como alternativa para que estas personas accedan a los diferentes niveles.

En el presente trabajo de investigación se va a diseñar un ascensor eléctrico con capacidad de 300kg, el cual les permitirá el acceso a los diferentes niveles del pabellón de aulas de la FIME – UNAC.

## 1.2. Formulación del problema.

### 1.2.1. Problema general.

¿Cómo diseñar un ascensor eléctrico con capacidad de 300kg para el acceso de personas discapacitadas hasta el tercer nivel del pabellón de aulas de la FIME - UNAC?

### 1.2.2. Problemas específicos.

- ¿Cómo aplicar el marco normativo de manera correcta para obtener los parámetros de diseño?
- ¿Cómo diseñar la estructura de un ascensor eléctrico con capacidad de 300kg para transportar personas discapacitadas?
- ¿Cómo seleccionar los componentes mecánicos y electromecánicos del ascensor eléctrico para un adecuado funcionamiento del sistema de elevación?

### 1.3. Objetivos.

#### 1.3.1. Objetivo general.

Diseñar un ascensor eléctrico con capacidad de 300kg para el acceso de personas discapacitadas hasta el tercer nivel del pabellón de aulas de la FIME - UNAC.

#### 1.3.2. Objetivos específicos.

- Aplicar el marco normativo de manera correcta para obtener los parámetros de diseño.
- Diseñar la estructura del ascensor eléctrico con capacidad de 300kg para transportar personas discapacitadas.
- Seleccionar los componentes mecánicos y electromecánicos del ascensor eléctrico para un adecuado funcionamiento del sistema de elevación.

### 1.4. Limitantes de la investigación.

#### **Teórica**

“Mediante su conceptualización, o sea, la exposición organizada de las ideas y conceptos relacionados con el problema, comenzando por aquellos de mayor importancia para la comprensión científica del problema” (Rojas, 2013, p. 73).

La investigación se centra en el diseño de un ascensor lo que conlleva a la búsqueda de información en libros y páginas web básicamente, lo cual no resulta difícil para poder acceder a esta información ya que todo ello lo podemos encontrar en la web y es de acceso gratuito.

Por otro lado, para seleccionar los equipos y accesorios del elevador lo podemos encontrar en catálogos u hojas de datos de los proveedores ya que son equipos o accesorios comerciales.

### **Temporal**

“Ya que el interés puede radicar en analizar el problema durante un periodo determinado (estudio transversal), o en conocer sus variaciones en el transcurso del tiempo (estudio longitudinal)” (Rojas, 2013, p. 74).

La presente investigación se realizará en el periodo de septiembre del 2020 a febrero del 2021.

### **Espacial**

“Difícilmente un fenómeno social podría estudiarse en todo el ámbito en el que se presenta, por lo que debe señalarse el área geográfica (región, zona, territorio) que comprenderá la investigación” (Rojas, 2013, p. 74).

La investigación se desarrollará en la Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao, ubicada en Av. Juan Pablo II 306, Bellavista - Callao.

### **Población**

“Las características fundamentales que deben reunir los elementos de la población (por ejemplo: personas, viviendas) para que puedan considerarse dentro de la población objeto de estudio” (Rojas, 2013, p. 74).

Para el estudio la población deberá presentar características similares como por ejemplo debe transportar personas discapacitadas, el edificio al que se le instale un elevador deberá contar con 3 niveles de pisos como máximo y debe presentar condiciones de operación similares.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes.

#### 2.1.1. Antecedentes internacionales.

- (HERRERA, 2013) desarrolló la tesis titulada “Diseño mecánico de un ascensor montacargas”, en ella tuvo como objetivo general el realizar el diseño mecánico de un ascensor de cinco pasajeros para el edificio de la “Iglesia Cristiana Semilla de Mostaza” de tres pisos. El método fue teórico-empírico y analítico-sintético con los cuales se logró elaborar el informe final. Como conclusiones tenemos que acorde con la investigación de los diferentes tipos de ascensores se optó por diseñar un ascensor eléctrico sin cuarto de máquinas por ser el sistema más conveniente con los requerimientos de la Iglesia Semilla de Mostaza.

De la presente investigación podemos obtener que el método aplicado ayudó mucho al momento de realizar los cálculos ya que desgregó un todo en partes para poderlos analizar y seleccionar según fuese el caso, el tipo de ascensor sin cuarto de máquinas resultó ser el más adecuado, por otro lado, la velocidad de 1 m/s que se considera para el ascensor es la más apropiada; así como, la selección del motor mediante la metodología que usó fue la más apropiada.

- (FIERRO, 2013) desarrolló la tesis titulada “Diseño y construcción de un ascensor de carga con capacidad de 1 tonelada, para el área de bodega de la Súper despensa Mark”, en ella tuvo como objetivo general el diseñar, construir y controlar un ascensor para carga según la norma NEC-10, con capacidad de 1 tonelada, de fácil operación y mantenimiento. La metodología que se usó fue la del diseño mecatrónico que se basa en el diseño e integración de los diferentes subsistemas. Dentro de las conclusiones tenemos que los prototipos virtuales permitieron predecir el funcionamiento en condiciones semejantes a las que se encontraría el

sistema de elevación, como situaciones de exceso de carga, carga desubicada, ingreso de carga.

De la mencionada investigación se puede tener en cuenta que la simulación mediante elementos finitos de los diferentes componentes del sistema ayudó mucho en contrastar los cálculos del diseño y en analizar el comportamiento de estos antes de ser instalados.

#### 2.1.2. Antecedentes nacionales.

- (GUERRERO, 2013), desarrolló la tesis titulada "Diseño de un elevador para personas en condición de discapacidad para el Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Robótica Aplicada - PUCP", en ella tuvo como objetivo el diseñar un sistema de elevación para personas discapacitadas, a instalarse en el laboratorio de Investigación en Biomecánica y Robótica Aplicada de la Pontificia Universidad Católica del Perú. La metodología fue según VDI2225 de diseño utilizada en los cursos de ingeniería mecánica con lo cual se determinó el tipo de tecnología de elevación sea la más apropiada. Las conclusiones nos mencionan que se diseñó un sistema de elevación del tipo tijeral que puede transportar personas hasta una altura de 0.70m con la capacidad de 300kg, en base al factor de seguridad se concluye que los materiales pueden soportar cargas mayores a las del diseño, la utilización del software Autodesk Inventor facilitó el diseño ya que se pudieron realizar las simulaciones.

De la presente investigación se tomó en cuenta el peso total de 300 kg como el peso de una persona discapacitada más el de un acompañante en caso lo requiera.

#### 2.2. Bases teóricas.

##### 2.2.1. Segunda Ley de Newton.

La segunda Ley de Newton se puede enunciar de la siguiente manera: Si la fuerza resultante que actúa sobre una partícula no es cero, la partícula tendrá una aceleración proporcional a la magnitud de la resultante y en dirección de la fuerza resultante (Ferdinand, y otros, 2010, p. 693).



$$\sum F = m \cdot a$$

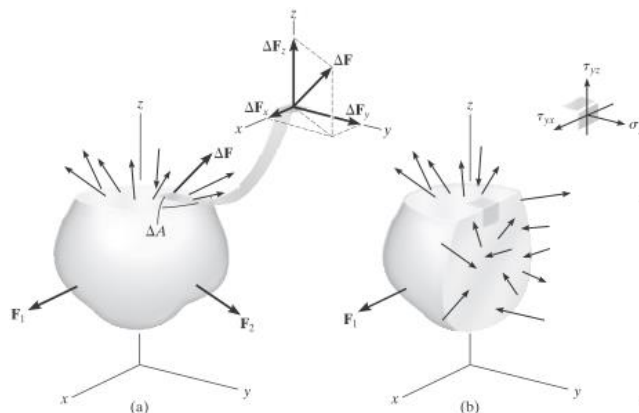
Dónde:

- F: sumatoria de fuerzas (N).
- m: masa (kg).
- a: aceleración (m/s<sup>2</sup>).

### 2.2.2. Esfuerzo en una sección.

Se considerará en primer lugar que el área seccionada está subdividida en áreas pequeñas. Al reducir  $\Delta A$  a un tamaño cada vez más pequeño, deben adoptarse dos suposiciones. Se recomendará que el material es continuo. Además, el material debe ser cohesivo, lo que significa que todas sus partes están conectadas entre sí, sin fracturas, grietas o separaciones. Podemos observar una fuerza finita pero muy pequeña  $\Delta F$ , la cual actúa sobre su área asociada  $\Delta A$ . Esta fuerza, como todas las demás, tendrá una dirección única, pero para el análisis que se representa a continuación se reemplazará por sus tres componentes,  $\Delta F_x$ ,  $\Delta F_y$ ,  $\Delta F_z$  que se toman tangente, tangente y normal al área, respectivamente. Cuando  $\Delta A$  se aproxima a cero, tanto  $\Delta F$  y sus componentes hacen lo mismo; sin embargo, el cociente de la fuerza y el área tenderán a un límite finito. Este cociente se llama esfuerzo y describe la intensidad de la fuerza interna sobre un plano específico (área) que pasa a través de un punto (Hibbeler, 2011, p. 22).

**Figura 2. 1 Esfuerzo**



**Fuente: MECÁNICA DE MATERIALES (Hibbeler, 2011)**

### **Esfuerzo normal**

Para Hibbeler (2011, pág. 23), La intensidad de la fuerza que actúa en forma normal a  $\Delta A$  se define como el esfuerzo normal,  $\sigma$  (sigma), Como  $\Delta F_z$  es normal al área, entonces

$$\sigma_z = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_z}{\Delta A}$$

Si la fuerza o el esfuerzo normal “jala” al elemento  $\Delta A$ , como se muestra en la figura 2.1 (a), se le denomina esfuerzo de tensión, mientras que si “empuja” a  $\Delta A$  se le llama esfuerzo de compresión.

### **Esfuerzo cortante**

Para Hibbeler (2011, p. 23), “La intensidad de la fuerza que actúa tangente a  $\Delta A$  se llama esfuerzo cortante,  $\tau$  (tau). A continuación, se presentan las componentes del esfuerzo cortante”.

$$t_{zx} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_x}{\Delta A}$$

$$t_{zy} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_y}{\Delta A}$$

Dónde:

- $F_x$ : fuerza en el eje x (N).
- $F_y$ : fuerza en el eje y (N).
- $A$ : área ( $m^2$ ).

### **Esfuerzo permisible**

Un método para especificar la carga permisible en un elemento consiste en usar un número llamado factor de seguridad. El factor de seguridad (F.S.) es una razón de la carga de falla  $F_{falla}$  sobre la carga permisible  $F_{perm}$ . Aquí se tiene que  $F_{falla}$  se determina mediante ensayos experimentales del material, y el factor de seguridad se selecciona con base en la experiencia, de modo que las incertidumbres mencionadas anteriormente se toman en cuenta cuando el elemento se usa bajo las mismas condiciones de carga y geometría. Escrito de manera matemática, (Hibbeler, 2011)

$$FS = \frac{F_{falla}}{F_{perm}}$$

Dónde:

- FS: factor de seguridad.
- $F_{falla}$ : carga de falla (Pa).
- $F_{perm}$ : carga permisible (Pa).

### 2.2.3. Deformación.

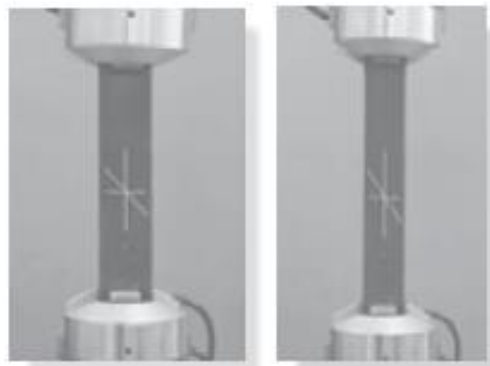
Cuando se aplica una fuerza a un cuerpo, ésta tiende a cambiar la forma y el tamaño del cuerpo. Estos cambios se conocen como deformación, la cual puede ser muy visible o casi imperceptible. Por ejemplo, una banda de goma (liga) experimentará una deformación muy grande al estirarse. En cambio, en un edificio sólo ocurren deformaciones ligeras en sus elementos estructurales cuando las personas caminan dentro de él. (Hibbeler, 2011)

$$\epsilon_{prom} = \frac{\Delta s' - \Delta s}{\Delta s}$$

Dónde:

- $\epsilon_{prom}$ : deformación promedio (mm/mm).
- $s'$ : longitud final (mm).
- $s$ : longitud inicial (mm).

**Figura 2. 2 Deformación que sufre una probeta**

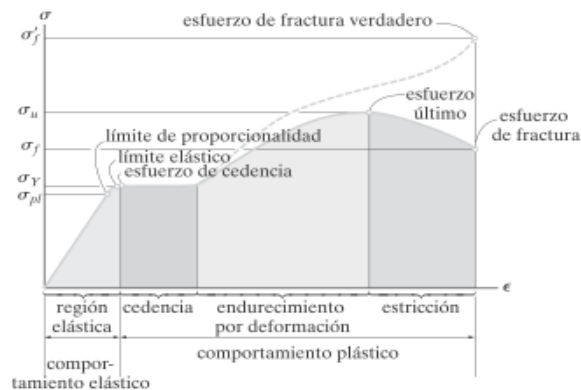


**Fuente: MECÁNICA DE MATERIALES (Hibbeler, 2011)**

#### 2.2.4. Diagrama de esfuerzo-deformación.

“Los datos de la carga y la deformación correspondiente se utilizan para calcular distintos valores del esfuerzo y las correspondientes deformaciones en la probeta. La representación gráfica de los resultados produce una curva llamada diagrama esfuerzo-deformación” (Hibbeler, 2011, p. 84)

**Figura 2. 3 Diagrama de esfuerzo-deformación convencional y verdadero para un material dúctil (acero)**



**Fuente: MECÁNICA DE MATERIALES (Hibbeler, 2011)**

#### 2.2.5. Ley de Hooke

Para Hibbeler (2011, p. 90), Un incremento en el esfuerzo ocasiona un aumento proporcional en la deformación. Este hecho fue descubierto por Robert Hooke en 1676 mediante el uso de resortes y se conoce como la ley de Hooke. Puede expresarse en forma matemática como:

$$\sigma = E\epsilon$$

Dónde:

- $\sigma$ : esfuerzo (Pa).
- $E$ : módulo de Young (Pa).
- $\epsilon$ : deformación (mm/mm).

### 2.3. Conceptual.

#### 2.3.1. Normas de Referencia.

- Norma técnica EM.070 “Transporte mecánico de reglamento nacional de edificaciones”.

- Norma técnica EN-81-1 “Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores eléctricos”.
- Norma técnica A.120 “Accesibilidad universal en edificaciones”.

### 2.3.2. Ascensor.

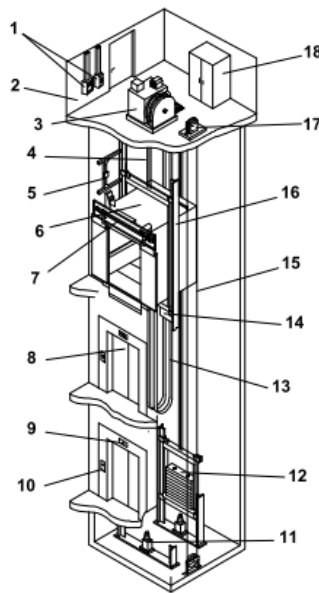
Para el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018, p. 3) es un “Equipo de transporte vertical, diseñado para mover personas de forma segura, entre los diferentes niveles de un edificio o estructura. Está formado por partes electromecánicas que funciona en conjunto”.

#### **Tipos de Ascensores:**

- **Ascensores eléctricos**

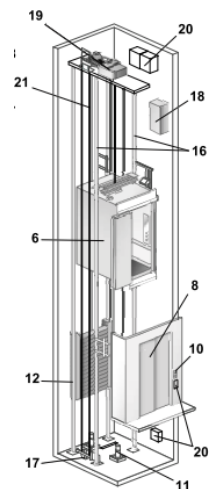
Para el manual Schindler (2010, p. 9), una descripción general de la estructura básica de un ascensor electromecánico es, “Los cables de suspensión están fijados a la cabina, pasan por la polea de tracción y, por último, están fijados al contrapeso. El Motor de tracción mueve la polea de tracción y la cabina viaja en subida mediante los cables de suspensión”.

**Figura 2. 4 Partes de un ascensor eléctrico con cuarto de máquina**



**Fuente: Mantenimiento genérico – ascensor (Schindler, 2010)**

**Figura 2. 5 Partes de un ascensor eléctrico sin cuarto de máquina**



**Fuente: Mantenimiento genérico – ascensor (Schindler, 2010)**

1. Interruptores principales de fuerza.
2. Cuarto de máquinas.
3. Máquina de tracción.
4. Cables de suspensión.
5. Información del hueco.
6. Cabina.
7. Operador de puerta.
8. Puerta de piso.
9. Indicador de piso LIP.
10. Botonera de piso LOP.
11. Amortiguadores.
12. Contrapeso.
13. Manga de maniobra.
14. Paracaídas.
15. Cable del limitador.
16. Guías.
17. Limitador de velocidad.
18. Maniobra del ascensor.

19. Tracción.

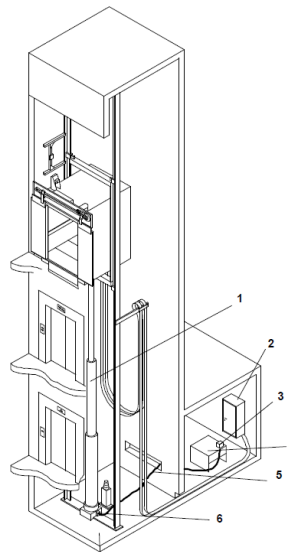
20. Maniobra para generar un foso y huida cortos temporales (en caso de estar disponible).

21. Medio de suspensión y tracción (STM).

- **Ascensores hidráulicos**

Para el manual Schindler (2010, p. 15), “Un ascensor hidráulico está provisto básicamente de una tracción hidráulica, un motor eléctrico activa una bomba de aceite que alimenta aceite bajo presión al cilindro. La cabina está ubicada sobre el cilindro. Al aumentar la presión del aceite, la cabina se desplaza suavemente hacia arriba”.

**Figura 2. 6 Partes de un ascensor hidráulico**



**Fuente: Mantenimiento genérico – ascensor (Schindler, 2010)**

1. Cilindro telescópico.
2. Maniobra del ascensor.
3. Bloque de válvulas de regulación.
4. Unidad de aceite con bomba.
5. Tubo de presión.
6. Válvula paracaídas contra fuga hidráulica.

### 2.3.3. Partes de un Ascensor Eléctrico.

#### **Cabina**

“La cabina es el elemento portante del aparato elevador, y generalmente está formada por dos elementos principales: un bastidor y una caja” (Miravete, y otros, 1998, p. 144).

No se permite usar hierro fundido para el diseño de los elementos sometidos a esfuerzos de tracción. La caja o cabina debe de estar totalmente cerrada por paredes, piso y techo. Estos deben estar contruidos por por materiales permisiblemente metálicos o por otros materiales de resistencia mecánica equivalente.

#### **Bastidor o Armadura**

El bastidor de acero es el elemento resistente al que se fijan los cables de suspensión y el mecanismo del paracaídas. El bastidor debe ser robusto, para resistir las cargas normales y las que puedan producirse al entrar en funcionamiento el paracaídas y quedar acuñada bruscamente la cabina (Miravete, y otros, 1998, p. 144).

**Figura 2. 7 Esquema de cabina y bastidor o armadura**



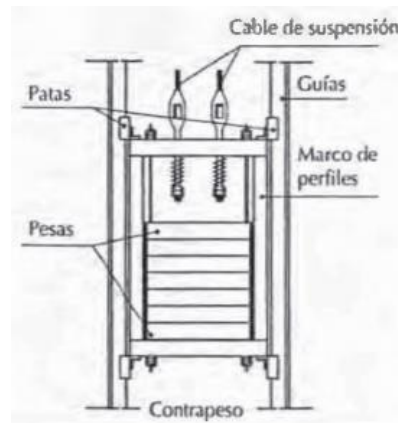
**Fuente: Elevadores: Principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)**



## Contrapeso

“El contrapeso tiene como objeto equilibrar el peso de la cabina y de una parte de la carga nominal que suele estar en torno al 50%. De esta forma, se reduce considerablemente el peso que debe arrastrar el grupo tracto” (Miravete, y otros, 1998, p. 148).

**Figura 2. 8 Esquema de contrapeso**



**Fuente: Elevadores: Principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)**

## Guías de la cabina

“El desplazamiento de la cabina se asegura por medio de guías rígidas, preferiblemente en forma de T y perfectamente calibradas y enderezadas, en tramos empalmados con placas adecuadas” (Miravete, y otros, 1998, p. 152).

## Guías de contrapeso

Las guías de los contrapesos se constituyen también en perfiles T, similares a los utilizados para las guías de las cabinas. En el caso de que se instale paracaídas en el contrapeso, por encontrarse el recinto en vertical de lugares accesibles a personas, deberán calcularse las guías del contrapeso para que resistan con un coeficiente de seguridad igual a 10 (Miravete, y otros, 1998).

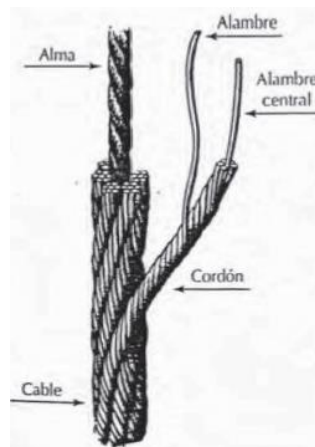
## Cables

Un cable metálico es un elemento constituido por alambres agrupados formando cordones, que a su vez se enrollan sobre un alma formando un conjunto apto para resistir esfuerzos de extensiones.

Los elementos componentes del cable son:

- **Alambres:** generalmente de acero trefilado al horno, con carga de rotura a tracción entre 1200 y 2000 MPa.
- **Almas:** son los núcleos en torno a los cuales se enrollan los alambres y los cordones. Suelen ser metálicos o textiles (cáñamo, algodón, etc.).
- **Cordones:** son las estructuras más simples que podemos construir con alambres y almas: se forman trenzando los alambres, bien sobre un alma o incluso sin alma.
- **Cabos:** son agrupaciones de varios cordones en torno a un alma secundaria utilizados para formar otras estructuras.

**Figura 2. 9 Constitución de un cable**



**Fuente: Elevadores: Principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)**

### **Motor de tracción**

“La construcción y características de los grupos tractores y sobre todo de los motores con que van equipados, varía según sea la velocidad nominal del ascensor y el servicio que deben prestar” (Miravete, y otros, 1998).

Se pueden establecer el siguiente esquema:

- Motores de corriente alterna
  - ✓ Motores de una velocidad
  - ✓ Motores de dos velocidades

- ✓ Motores con convertidor de frecuencia
- Motores de corriente continua con convertidor alterna-continua

#### 2.4. Definición de términos básicos.

- **Norma técnica A.120:** Define los aspectos generales que debemos de tener en cuenta para contribuir y lograr el acceso universal de personas discapacitadas a los diferentes lugares.
- **Norma técnica EM.070:** En su capítulo II brinda los criterios de diseño de manera general que debemos de tener para los ascensores eléctricos.
- **Norma Española EN81-1:** Brinda los criterios y parámetros de diseño que debemos de tener en cuenta para el diseño del ascensor eléctrico.
- **Ascensor Eléctrico:** Mecanismo electromecánico que sirve para trasladar personas a diferentes niveles de un edificio.
- **Esfuerzo:** Es la capacidad de resistencia que tiene un material en un área en donde se le aplica una fuerza.
- **Rigidez:** Es la resistencia a la deformación que tiene una estructura, las máximas deflexiones o desviaciones que experimenta una estructura son una medida de su rigidez.
- **Estabilidad:** Es la capacidad que tienen los elementos de la estructura de mantener su configuración al aplicar las máximas cargas de diseño. El análisis de estabilidad se realiza en elementos solicitados por carga axial de compresión.
- **Selección de equipos y componentes:** Es la elección de equipos y accesorios necesarios para el funcionamiento del ascensor. La elección se realiza considerando las especificaciones de los fabricantes.
- **Potencia:** Es la rapidez de transmisión de energía mecánica necesaria para el funcionamiento del ascensor, se determina en función de la capacidad de carga y la velocidad nominal del ascensor.

- **Capacidad de carga:** Es la máxima carga que movilizará el ascensor, incluye el peso de los ocupantes, la cabina, bastidor y los accesorios.

### III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

#### 3.1. Hipótesis.

##### 3.1.1. Hipótesis general.

Si se diseña un ascensor eléctrico con capacidad de 300kg se logrará el acceso de personas discapacitadas hasta el tercer nivel del pabellón de aulas de la FIME - UNAC.

##### 3.1.2. Hipótesis específicas.

- Si se aplica el marco normativo de manera correcta, nos permitirá obtener los parámetros de diseño.
- Si se diseña la estructura del ascensor eléctrico con capacidad de 300kg, nos permitirá transportar personas discapacitadas de manera segura.
- Si se seleccionan los componentes mecánicos y electromecánicos del ascensor eléctrico, se logrará un adecuado funcionamiento del sistema de elevación.

#### 3.2. Definición conceptual de variables.

- Ascensor eléctrico:

“Es un equipo de transporte vertical, diseñado para mover personas de forma segura, entre los diferentes niveles de un edificio o estructura. Está formado por partes electromecánicas que funcionan en conjunto” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2018, p. 3).

Equipo de transporte vertical utilizado para trasladar personas de un nivel a otro dentro de un edificio o estructura, caracterizado por contar con componentes electromecánicos y mecánicos como motor, poleas, cables, contrapeso, amortiguadores, etc.

- Acceso de personas discapacitadas:

“Accesibilidad es la condición de acceso que presta la infraestructura urbanística y edificatoria para facilitar la movilidad y el desplazamiento

autónomo de las personas, en condiciones de seguridad” (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019, p. 5).

Personas con discapacidad es aquella que, tiene una o más deficiencias físicas, sensoriales, mentales o intelectuales de carácter permanente que, al interactuar con diversas barreras actitudinales y del entorno, no ejerza o pueda verse impedida en el ejercicio de sus derechos y su inclusión plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones que las demás (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2019, p. 6).

Podemos decir que es la condición de acceso fácil y segura que pueda tener una persona discapacitada para poder desplazarse.

### 3.3. Operacionalización de variables.

**Tabla 3. 1 Operacionalización de las variables**

VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍNDICE	MÉTODO	TÉCNICA	
Ascensor eléctrico	Marco normativo	Transporte mecánico	EM.070	Analítico lógico deductivo con enfoque sistemático	Documental: Fichas electrónicas, fichas documentales, fichas de trabajos	
		Reglas de seguridad	EN-81			
		Acceso universal	A.120			
	Diseño de la estructura		Cabina	Largo (m), ancho (m), alto (m)	Analítico lógico deductivo con enfoque sistemático	Documental: Fichas electrónicas, fichas documentales, fichas de trabajos
			Guías	Esfuerzo (Pa)		
			Bastidor	Esfuerzo (Pa)		
			Contrapeso	Peso (N)		
	Selección de componentes mecánicos y electromecánicos		Amortiguador	Esfuerzo (Pa)	Analítico lógico deductivo con enfoque sistemático	Documental: Fichas electrónicas, fichas documentales, fichas de trabajos
			Motor	Potencia (KW)		
			Cables	Esfuerzo (Pa)		
			Poleas	Diámetro (m)		
			Limitador de velocidad	Velocidad (m/s)		
			Paracaídas	Masa (kg), velocidad (m/s), Tensión (N)		
Acceso de personas discapacitadas	Personas discapacitadas	Confort de las personas discapacitadas	Área ocupada (m <sup>2</sup> )	Analítico lógico deductivo con enfoque sistemático	Documental: Fichas electrónicas, fichas documentales, fichas de trabajos	

**Fuente: Elaboración propia**

## IV. DISEÑO METODOLÓGICO

### 4.1. Tipo y diseño de investigación.

#### 4.1.1. Tipo de investigación.

El tipo de investigación es Tecnológica.

“La investigación tecnológica tiene como propósito aplicar el conocimiento científico para solucionar los diferentes problemas que beneficien a la sociedad” (Espinoza, 2010, p. 76).

En este sentido el tipo de investigación es tecnológica ya que se está usando la mecánica aplicada al diseño de máquinas para solucionar problemas.

#### 4.1.2. Diseño de investigación.

El diseño de investigación es descriptiva simple.

“Busca recoger información actualizada sobre el objeto de investigación. Sirve para estudios de diagnóstico descriptivo, caracterizaciones, perfiles, etc.” (Espinoza, 2010, p. 93).

Diagrama:



- M: Ascensor Eléctrico.
- O: Acceso de personas discapacitadas.

Teniendo en cuenta esta definición se considera que el diseño de investigación es descriptivo simple.

### 4.2. Método de investigación.

“El método analítico consiste en descomponer el todo en sus partes, con el único fin de observar la naturaleza y los efectos del fenómeno” (Gomez, 2012, p. 16).

“El método deductivo es el procedimiento racional que va de lo general a lo particular” (Gomez, 2012, p. 15).

“El enfoque de sistemas afronta el problema en su complejidad a través de una forma de pensamiento basada en la totalidad, en el estudio de la relación

entre las partes y de las propiedades emergentes resultantes” (Espinoza, 2010, p. 40).

Teniendo en cuenta estas definiciones, podemos decir que en el presente estudio vamos de lo general a lo particular y descomponemos un todo en partes para poder estudiarlo, en este sentido el método de investigación es analítico lógico-deductivo con enfoque sistemático.

#### 4.3. Población y muestra.

“Población o universo es el conjunto de todos los casos que coinciden con una serie de especificaciones” (Sampieri, 2014, p. 174).

“La muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población” (Sampieri, 2014, p. 173).

El análisis se hace para un ascensor de características determinadas, es una sola unidad de análisis por lo tanto la población y la muestra coinciden siendo esta el ascensor eléctrico.

#### 4.4. Lugar de estudio y periodo desarrollado.

El ascensor propuesto es para la facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía de la Universidad Nacional del Callao ubicado en la Av. Juan Pablo II N° 306, en el distrito de Bellavista, en la provincia Constitucional del Callao.

**Figura 4. 1 Ubicación Geográfica de la Universidad Nacional del Callao**



**Fuente: Google Maps (Google, 2020)**



#### 4.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.

La técnica es del tipo documental.

“La técnica documental permite la recopilación de evidencias para demostrar las hipótesis de investigación. Está formada por documentos de diferente tipo: revistas, memorias, actas, registros, datos e información estadísticas y cualquier documento de instituciones y empresas que registran dato de su funcionamiento” (Espinoza, 2010, p. 110).

Teniendo en cuenta esta definición la técnica es del tipo documental ya que usaremos fichas bibliográficas, electrónicas, textuales, de trabajo.

En el **planteamiento del problema** se utilizó las fichas bibliográficas y fichas electrónicas, debido a que para realizar la descripción de la realidad problemática y para formulación del problema se revisó leyes y convenios, para los objetivos y para las limitantes de la investigación se utilizó libros electrónicos.

En el **marco teórico** se utilizó las fichas bibliográficas, fichas electrónicas y fichas textuales y fichas de trabajo ya que para los antecedentes se tuvo que revisar tesis y citar autores, para las bases teóricas se utilizó libros y libros electrónicos de diseños, para el conceptual y la definición de términos básicos se utilizó manuales y libros electrónicos.

En las **hipótesis y variables** se usó las fichas electrónicas, debido a que para realizar la definición conceptual de variables se utilizó libros electrónicos.

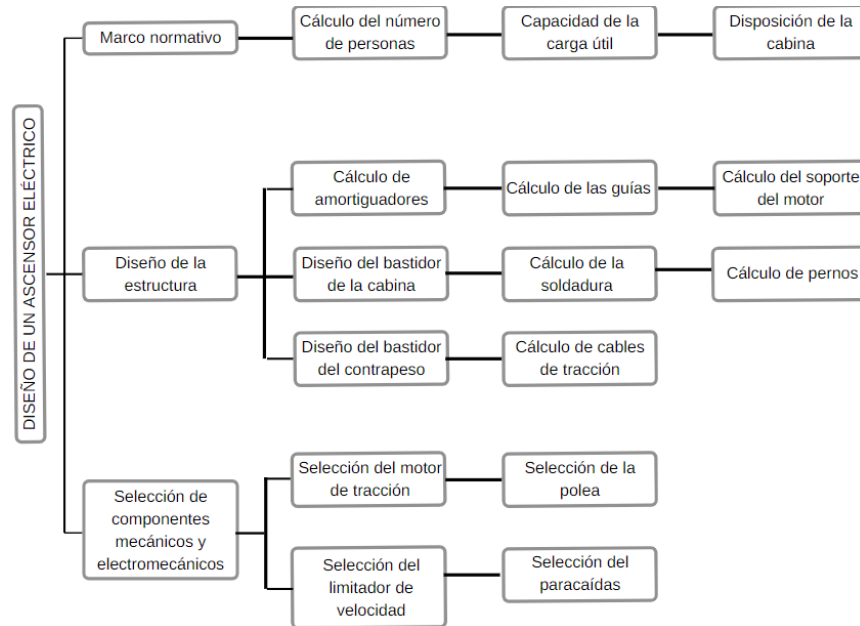
En el **diseño metodológico** se utilizó las fichas bibliográficas, fichas electrónicas, para el tipo y diseño de investigación, método de investigación y población y muestra se utilizó las fichas bibliográficas, para el lugar de estudio y periodo desarrollado se utilizó las fichas electrónicas.

En las **referencias bibliográficas** se utilizó las fichas electrónicas para hacer el registro de información de libros, tesis, manuales y direcciones electrónicas.

#### 4.6. Análisis y procesamiento de datos.

EL procesamiento de datos se va realizar mediante la ayuda de Ms Word, Ms Excel y para la validación del diseño vamos a usar el SolidWorks 2020.

**Figura 4. 2 Diagrama Lógico**



**Fuente: Elaboración propia**

La secuencia de cálculos se realizó de la siguiente manera, dentro del marco normativo se calculó el número de personas acorde a la capacidad, seguido se dimensionó la cabina, posteriormente se hizo el cálculo de los amortiguadores de la cabina y del contrapeso; mediante cálculos de resistencia de materiales se hizo el cálculo de las guías, del soporte del motor, también se diseñó el bastidor de la cabina y del contrapeso, se hizo el cálculo del cordón de soldadura y los pernos, se seleccionó la polea y los cables de tracción, y finalmente se seleccionó el limitador de velocidad y el paracaídas.

##### 4.6.1. Consideraciones y requerimientos del problema planteado.

En la siguiente tabla se muestran los requerimientos que se deben de tener en consideración para el diseño del ascensor.

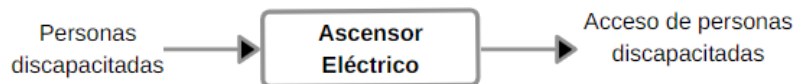
**Tabla 4. 1 Lista de Requerimientos**

N°	Denominación	Requerimiento
1	<b>Función</b>	Traslado de dos personas, una en condición de discapacidad (silla de ruedas) y otra de acompañante o 4 personas discapacitadas que no usen sillas de ruedas.
2	<b>Estructura</b>	Soportará un peso de 300kg más el peso de la cabina, bastidor, contrapeso y otros componentes mecánicos y electromecánicos.
3	<b>Aplicación</b>	Lo usarán sólo las personas discapacitadas que no puedan subir por las escaleras que se tienen en la FIME
4	<b>Dimensiones</b>	La cabina tendrá una dimensión de 1.50m de ancho, 1.5m de profundidad y 2m de altura.
5	<b>Desplazamiento</b>	Será en trayectoria vertical a una velocidad de 1m/s.
6	<b>Materiales</b>	Deberán ser comerciales en el mercado nacional.
7	<b>Seguridad</b>	Deberá cumplir con la norma EN-81 (Ascensores Eléctricos)
8	<b>Ergonomía</b>	Deberá cumplir con la norma técnica A.120 (Accesibilidad Universal en Edificaciones)

**Fuente: Elaboración propia**

4.6.2. Estructura de funciones.

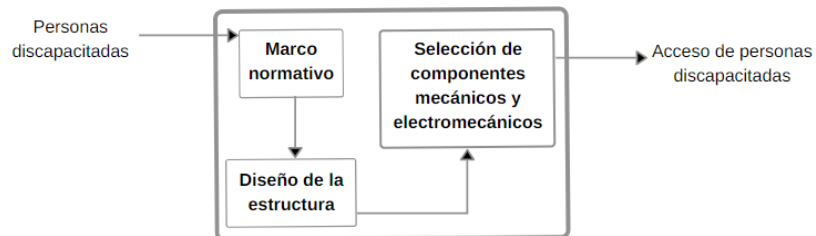
**Figura 4. 3 Caja negra**



**Fuente: Elaboración propia**

Para la caja negra ingresan personas discapacitadas que luego del proceso se genera el acceso de estas personas.

**Figura 4. 4 Caja blanca**



**Fuente: Elaboración propia**

Para la caja blanca ingresa como recurso personas discapacitadas para luego con esta información realizar el marco normativo, seguido se tiene el diseño de la estructura y a esto le sigue la selección de componentes

mecánicos y electromecánicos para obtener como resultado el acceso de personas discapacitadas.

#### 4.6.3. Matriz morfológica.

A continuación, presentamos la matriz morfológica en la cual se presenta tres posibles soluciones, para posteriormente seleccionar la mejor alternativa de diseño.

**Figura 4. 5 Matriz morfológica**

Funciones Parciales	Portadores de funciones		
	1	2	3
Tipo de cabina			
Motor de tracción			
Amortiguadores			
Contrapeso			
Limitador de velocidad			
Paracaídas			
<b>Soluciones</b>	<b>Solución 1</b>	<b>Solución 2</b>	<b>Solución 3</b>

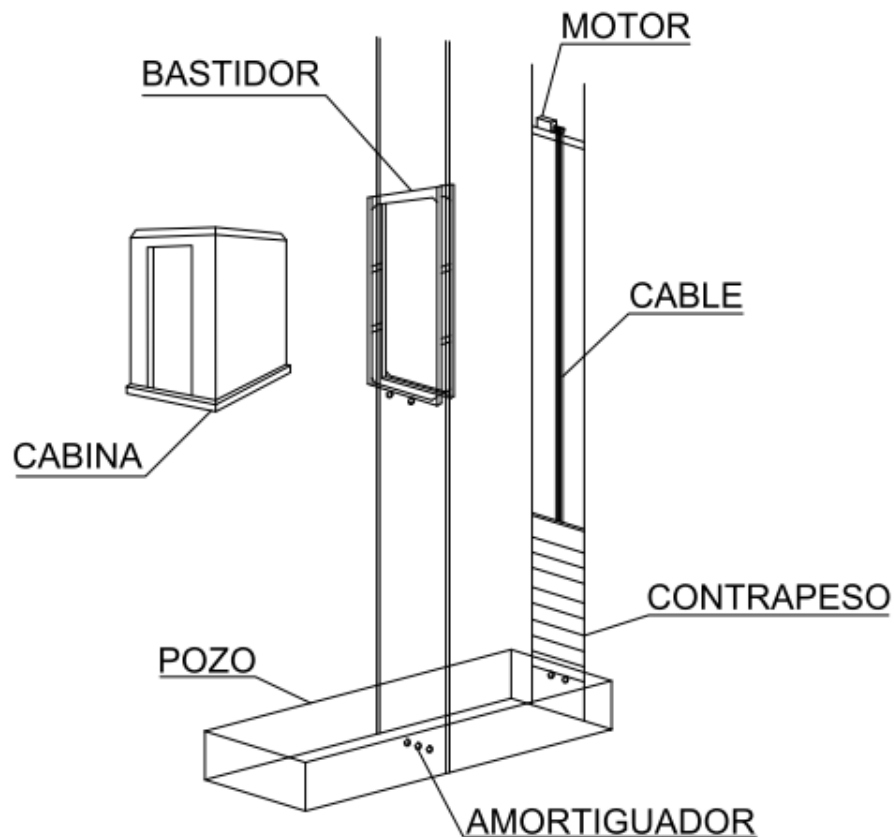
Fuente: Elaboración propia

Acorde a las soluciones propuestas y teniendo en cuenta que la norma EN.81-1 contempla que se deberá revisar la norma EN.81-41 la cual hace referencia al uso de ascensores eléctricos para personas discapacitadas, por lo tanto se seleccionará la solución 1 como la mejor alternativa para los requerimientos propuestos, la cual es un ascensor eléctrico de cabina rectangular de motor de tracción con polea incluida, de resortes helicoidales, contra peso de concreto, limitador de velocidad de activación eléctrica y paracaídas para guías especiales.

#### 4.6.4. Concepto de solución óptima.

En la figura 4.6 se muestra de la mejor solución planteada para el ascensor eléctrico, también se puede ver las principales partes que lo conforman y la distribución de los mismos.

**Figura 4. 6 Bosquejo de solución óptima**



**Fuente: Elaboración propia**

#### 4.6.5. Cálculo del número de personas a transportar.

La norma técnica A.120 Accesibilidad Universal en Edificaciones menciona que para edificios públicos o privadas la cabina debe tener las siguientes dimensiones como mínimo 1.50m de ancho x 1.40m de profundidad, para este diseño se optó por una cabina de las siguientes dimensiones 1.50m de ancho x 1.50m de profundidad (ver figura 4.7).

Para calcular el número de personas se plantearon dos posibles casos, teniendo en cuenta que para ambos casos las dimensiones de la cabina serán las mismas.

**1° Caso:** Si la persona discapacitada usa silla de ruedas, se tendrá en cuenta que el discapacitado deberá tener un espacio de 1.20m de profundidad x 0.75m según la norma técnica A.120, para el presente diseño se tendrá en cuenta que el discapacitado ingresará con una persona como apoyo para cualquier tipo de emergencia que pudiera ocurrir. En este sentido se tiene en cuenta que la capacidad será sólo para dos personas, una en silla de ruedas y la otra como apoyo en caso lo requiera.

Según la norma EN.81 para calcular el número de personas se recurre a la siguiente fórmula:

$$\text{Número de personas} = \frac{\text{carga nominal}}{75kg}$$

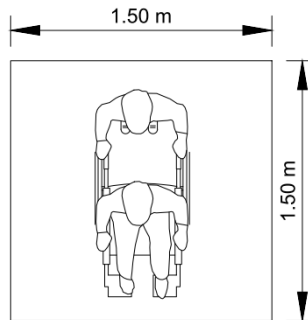
Reemplazando datos:

- Número de personas = 2

$$\text{Carga nominal} = 2 \times 75kg$$

$$\text{Carga nominal} = 150kg$$

**Figura 4. 7 Persona discapacitada en silla de rueda más un acompañante**



**Fuente: Elaboración propia**

**2° Caso:** Si la persona discapacitada no usa silla de ruedas, se podrá disponer de toda el área, pero teniendo en cuenta que estas personas pueden usar otro tipo de prótesis, dispositivo, objeto, etc. Que le ayude a mantenerse de pie; por lo que sólo considero a 4 personas como máximo (ver figura 4.8).

Igual que para el caso anterior se tiene la misma fórmula:

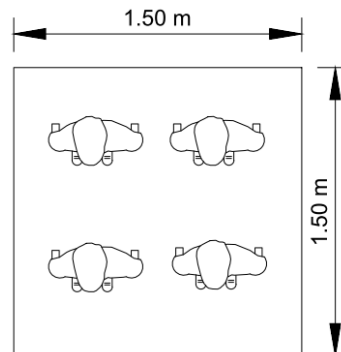
$$\text{Número de personas} = \frac{\text{carga nominal}}{75\text{kg}}$$

Reemplazando datos:

- Número de personas = 4

$$\text{Carga nominal} = 4 \times 75\text{kg} = 300\text{kg}$$

**Figura 4. 8 Personas discapacitadas sin silla de rueda**



**Fuente: Elaboración propia**

Finalmente teniendo en cuenta el caso más crítico se consideró la carga nominal máxima es de 300kg con un número de personas igual a 4.

#### 4.6.6. Cálculo de amortiguadores

##### 4.6.6.1. Cálculo de amortiguadores de la cabina

Para efectos de los cálculos se consideró la velocidad nominal del ascensor de 1m/s. Según la norma EN.81 recomienda usar para la velocidad de 1m/s, amortiguadores de resortes helicoidales.

“Debido a que la tensión de torsión en el resorte helicoidal aumenta conforme disminuye la distancia del punto de evaluación de la tensión al eje del resorte es necesario inicialmente evaluar este factor mediante el denominado coeficiente de Wahl” (Miravete, y otros, 1998).

$$\psi = \frac{\frac{D_s}{d} - 0.25}{\frac{D_s}{d} - 1} + \frac{0.615}{\frac{D_s}{d}}$$

Se consideró  $D_s/d = 8$  (índice de resorte) y se reemplazó:

$$\psi = \frac{8 - 0.25}{8 - 1} + \frac{0.615}{8}$$
$$\psi = 1.184$$

La norma EN 81-1 menciona lo siguiente:

- La carrera total posible de los amortiguadores debe ser, al menos, igual a dos veces la distancia de parada por gravedad correspondiente al 115 por 100 de la velocidad nominal ( $0.135v^2$ ), estando expresada la carrera en metros.
- Sin embargo, esta carrera no debe ser inferior a 65mm.
- Los amortiguadores deben diseñarse de manera que corran la carrera antes definida bajo una carga estática comprendida entre 2.5 y 4 veces la suma de la masa de la cabina y su carga nominal (o la masa del contrapeso).



Acorde con la recomendación antes vista y considerando la velocidad nominal igual a 1m/s, la longitud mínima que debe tener el resorte será de 0.135m.

Haciendo uso de la siguiente ecuación se obtuvo la fuerza máxima acorde a las especificaciones que brinda la norma EN-81:

$$F_{max} = 4(Q_u + Q_b)g_n$$

Donde:

- Qu: Carga útil (300kg)
- Qb: Peso de la cabina 550kg (se mostrará en la sección de cálculo del bastidor de la cabina)

$$F_{max} = 4(300kg + 550kg) \times 9.81 \frac{m}{s^2} = 33354 N$$

Teniendo en cuenta la fuerza máxima, se trabajó con 4 amortiguadores para la cabina. Es por eso que se procedió a dividir la fuerza máxima entre 4.

$$F_{re} = \frac{f}{nre} = \frac{33354 N}{4} = 8338.5 N$$

“Los resortes helicoidales generalmente se hacen de alambre o varilla de sección transversal circular. Estos resortes están sometidos a esfuerzo cortante de torsión y esfuerzo cortante transversal” (Hall, y otros, 1971).

Para la presente investigación se usó el método que plantea Hall para el cálculo de resortes helicoidales.

### **Razón elástica**

La razón elástica o constante elástica se determinó mediante la siguiente ecuación teniendo en cuenta las unidades en el sistema inglés:

$$k = \frac{fre}{lmin} = \frac{8338.5 N}{0.135 m} = 61766.7 \frac{N}{m} = 352.2 \frac{lb}{pulg}$$

Seguido para el esfuerzo cortante en el resorte helicoidal debido a una carga axial F, y con esa ecuación se despejó el diámetro del alambre.

$$s_s = \psi \times \frac{8 \times F \times c}{\pi \times d^2} \Rightarrow d = \sqrt[2]{\frac{8 \times F \times c \times \psi}{\pi \times s_s}}$$

Donde:

- $s_s$ : Esfuerzo cortante en psi
- F: Carga axial en libras.
- d: Diámetro del alambre en pulg.
- $\psi$ : Factor de Wahl.

El libro de Diseño de máquinas (Hall, y otros, 1971), nos menciona que por temas de seguridad en el diseño debemos de considerar un factor de seguridad de 1.5, debido a esto la ecuación quedó expresada de la siguiente manera:

$$\frac{s_s}{1.5} = \psi \times \frac{B \times f \times c}{\pi \times d^2}$$

La tabla 4.2 se puede apreciar que el esfuerzo cortante máximo es 2068Mpa (3000000 psi), el módulo de elasticidad es 206800Mpa (30000000 psi) y módulo de torsión es 72300Mpa (11500000psi).

**Tabla 4. 2 Propiedad de los materiales ASTM 401**

Materiales	Propiedad de los materiales	Temperatura máxima de funcionamiento	Rango máximo de tensión, MPa	Módulo de elasticidad, MPa	Porcentaje aproximado del rango de tensión (torsion)	Tamaños comunes, mm
Cromo-Silicio <b>ASTM A401</b> UNS G92540	Estirado en frío. Bueno comportamiento en cargas de impacto, y aplicaciones con temperaturas medianamente elevadas. Subsetible a la fragilidad hidrogenada cuando es laminado.	246 °C	<b>2068</b> /1558	(E) <b>206.8k</b> (G) <b>72.3k</b>	45%	0,61 - 15,88

**Fuente: Suhm Spring Works (Suhm Spring Works, 2020)**

$$F = 8338.5 \text{ N} \times \frac{1 \text{ kg}_x}{9.81 \text{ N}} \frac{2,202 \text{ Lb}}{1 \text{ kg}} = 1871.7 \text{ Lb}$$

$$d = \sqrt[2]{\frac{8 \times 1871.7 \text{ lb} \times 8 \times 1.1}{\pi \times \frac{300000}{1.5} \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2}}} = 0.0116 \text{ m} \text{ (0.46 pulg)}$$

De la tabla 4.3 se seleccionó el resorte de diámetro por ello se decide trabajar con el diámetro de 11.89mm (0.468 pulg) más próxima superior.

**Tabla 4. 3 Tabla de Diámetro de alambre**

Diámetro de alambre, mm							
0,61	1,04	1,42	2,16	2,109	4,50	7,77	12,70
0,64	1,07	1,45	2,24	2,113	4,57	7,93	13,34
0,71	1,09	1,47	2,26	3,120	4,75	8,41	13,49
0,74	1,12	1,58	2,29	3,125	4,88	8,71	14,28
0,76	1,14	1,65	2,31	3,128	5,26	9,20	15,09
0,79	1,17	1,70	2,34	3,135	5,54	9,53	15,88
0,84	1,19	1,83	2,36	3,142	5,72	10,01	
0,86	1,25	1,91	2,41	3,148	5,94	10,31	
0,91	1,27	1,93	2,49	3,156	6,17	10,69	
0,94	1,30	1,98	2,54	4,162	6,35	11,10	
0,97	1,35	2,03	2,59	4,167	6,66	11,51	
0,99	1,37	2,11	2,67	4,170	7,14	11,89	

**Fuente: Suhm Spring Works (Suhm Spring Works, 2020)**

De la ecuación índice de resorte se despejó el diámetro de la espira.

$$C = \frac{D}{d}$$

$$D = C \times d = 8 \times 0.468 \text{ pulg} = 3.7 \text{ pulg} = 0.0950\text{m}$$

Corrigiendo le valor del diámetro del alambre de la ecuación anterior para mantener la razón del resorte en 8.

Con estos valores realizamos nuevamente los cálculos anteriores:

#### **Razón elástica para un resorte helicoidal**

$$k = \frac{f}{\gamma}$$

#### **Deformación de un resorte helicoidal**

$$\gamma = \frac{8 \times f \times c^3 \times n}{d \times G}$$

Simplificando estas ecuaciones se obtuvo:

$$\gamma = \frac{G \times d}{8 \times c^3 \times n}$$

#### **Número de espiras activas de un resorte**

$$n = \frac{G \times d}{8 \times c^3 \times k}$$

Donde:

- G: Módulo de rigidez en psi.
- K: Razón de elasticidad

$$n = \frac{30000000 \frac{lb}{pulg^2} \times 0.46 pulg}{8 \times 8^3 \times 493.5 \frac{Lb}{pulg}}$$

$$n = 6.8 \cong 7$$

### Longitud del resorte cerrado

De la tabla 4.4 para un resorte de extremos rebajados a escuadra se tiene lo siguiente:

$$(n + 2) \times d$$

$$(7 + 2) \times 0.46 pulg = 5.06 pulg \times \frac{2.54cm}{1pulg} \times \frac{1m}{100cm} = 0.12m$$

**Tabla 4. 4 Extremos de Resortes Helicoidales**

Tipo de extremos	N° Total de espiras	Longitud sólida	Longitud libre
Simple	n	$(n + 1)d$	$np + d$
Simple rebajado	n	$nd$	$np$
A escuadra	n+2	$(n + 3)d$	$np + 3d$
Rebajado a escuadra	n+2	$(n + 2)d$	$np + 2d$

*p = paso; n = número de espiras activas; d = diametro del alambre*

**Fuente: Diseño de Máquinas (Hall, y otros, 1971)**

### Número total de espiras

$$(n + 2) = (7 + 2) = 9$$

### Longitud libre

$$L_o = L_s + y_s$$

Donde:

- L<sub>o</sub>: Longitud libre del resorte
- L<sub>s</sub>: Longitud sólida (3.7pulg)
- y<sub>s</sub>: Deformación al sólido (0.12m o 5.06pulg)

$$L_o = 3.7pulg + 5.06pulg = 8.76pulg = 0.223 m$$

Por lo tanto, los 4 resortes helicoidales de 9 espiras que tendrán las siguientes dimensiones  $L_0$ : 22.3 cm,  $\varnothing$ : 9.4cm y  $d$ : 11.89mm.

**Figura 4. 9 Resorte Helicoidal de compresión de la cabina**



**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

#### **Análisis del pandeo en el resorte**

Se puede presentar pandeo en un resorte sometido a compresión cuando la longitud libre es 4 veces el diámetro medio, a menos que el resorte se guíe adecuadamente. La carga axial crítica que produce pandeo puede calcularse por la siguiente ecuación (Hall, y otros, 1971).

$$Ect = k \times Lf \times Kl$$

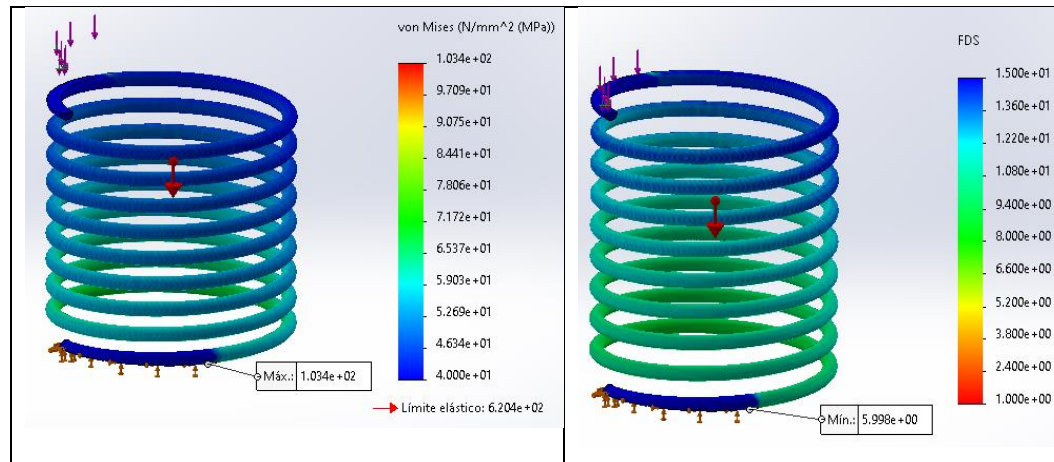
- Ect: Carga axial que produce el pandeo, en lb.
- k: Razón elástica de la deformación axial, en lb/pulg.
- Lf: Longitud libre del resorte en pulg.
- Kl: Factor que depende de la relación  $Lf/D$ .

$$Ect = 493.5 \frac{lb}{pulg} \times 8.76pulg \times 0.63$$

$$Ect = 2723.5lb = 1236.8 kg \times 9.81 \frac{N}{kg} = 12133 N$$

Por lo tanto, se comprueba que el resorte no pandea ya que la fuerza que se necesitaría debe ser de 12133 N, sin embargo, la fuerza que se ejerce es de 8338.5 N mucho menor a la necesaria para hacerlo pandear.

**Figura 4. 10 Simulación del amortiguador para la cabina**



**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Los resultados de la simulación respaldan los cálculos, ya que el valor máximo de tensión es de 103.4Mpa y el acero ASTM A401 tiene un límite elástico de 620.4MPa, el factor de seguridad es de 6 con lo que se garantiza que el resorte no fallará.

#### 4.6.6.2. Cálculo de amortiguadores del contrapeso

##### **Masa del contrapeso**

Para la norma EN.81 la masa del contrapeso deberá ser igual al peso de la cabina más el 50% de la carga útil.

$$P = \left( p_c + \left( \frac{cu}{2} \right) \right) = 550kg + \frac{300}{2} = 700kg$$

##### **Fuerza de impacto**

Para asegurar el diseño se multiplicó por un factor de seguridad igual a 4.

$$P = 700kg \times 9.81 \frac{N}{kg} \times 4 = 27468 N$$

Como la fuerza es elevada se decidió utilizar dos resortes helicoidales.

$$Fre = \frac{27468N}{2} = 13734 N$$

##### **Índice de resorte**

$$C = \frac{D}{d}$$

Se trabajó con un índice de resorte de 8 igual que para el caso de los amortiguadores de la cabina.

### Coeficiente de Wahl

$$\psi = \frac{C - 0.25}{C - 1} + \frac{0.615}{C}$$

$$\psi = \frac{8 - 0.25}{8 - 1} + \frac{0.615}{8} = 1.18$$

### Valor de rigidez del resorte

$$k = \frac{fre}{lmin} = \frac{13734 N}{0.135 m} = 101733.33 \frac{N}{m} = 580 \frac{lb}{pulg}$$

### Diámetro de la espira del resorte

$$d = \sqrt[2]{\frac{8 \times F \times c \times \psi}{\pi \times S_s}}$$

Aplicando:

$$F = 13734N \times \frac{1kg}{9.81N} \times \frac{2.202lb}{1kg} = 3082.8 lb$$

$$d = \sqrt[2]{\frac{8 \times 3082.8lb \times 8 \times 1.11}{\pi \times \frac{300000 lb}{1.5 pulg^2}}} = 0.59pulg = 0.015m$$

Acorde con la tabla 4.5 el diámetro más próximo es de 15.09mm (0.594pulg) por lo cual lo elegimos.

**Tabla 4. 5 Tabla de Diámetro de alambre**

Diámetro de alambre, mm							
0,61	1,04	1,42	2,16	2,109	4,50	7,77	12,70
0,64	1,07	1,45	2,24	2,113	4,57	7,93	13,34
0,71	1,09	1,47	2,26	3,120	4,75	8,41	13,49
0,74	1,12	1,58	2,29	3,125	4,88	8,71	14,28
0,76	1,14	1,65	2,31	3,128	5,26	9,20	15,09
0,79	1,17	1,70	2,34	3,135	5,54	9,53	15,88
0,84	1,19	1,83	2,36	3,142	5,72	10,01	
0,86	1,25	1,91	2,41	3,148	5,94	10,31	
0,91	1,27	1,93	2,49	3,156	6,17	10,69	
0,94	1,30	1,98	2,54	4,162	6,35	11,10	
0,97	1,35	2,03	2,59	4,167	6,66	11,51	
0,99	1,37	2,11	2,67	4,170	7,14	11,89	

**Fuente: Suhm Spring Works (Suhm Spring Works, 2020)**

Mediante la siguiente ecuación se determinó el diámetro del resorte.

$$C = \frac{D}{d}$$

$$D = C \times d = 8 \times 0.594 \text{ pulg} = 4.752 \text{ pulg} = 0.120 \text{ m}$$

### Número de espiras activas

$$n = \frac{G \times d}{8 \times c^3 \times k}$$

$$n = \frac{30000000 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} \times 0.594 \text{ pulg}}{8 \times 8^3 \times 721.6 \frac{\text{Lb}}{\text{pulg}}} = 6.029 \cong 7$$

### Longitud del resorte cerrado

Acorde con la tabla 4.4 para un amortiguador de extremos rebajado a escuadra se tiene:

$$(n + 2) \times d$$

$$(7 + 2) \times 0.594 \text{ pulg} = 5.346 \text{ pulg} \times \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \text{ pulg}} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = 0.136 \text{ m}$$

### Número de espiras totales

$$(n + 2) = 7 + 2 = 9$$

### Longitud libre

$$L_o = L_s + y_s$$

$$L_o = 4.752 \text{ pul} + 5.346 \text{ pulg} = 10.1 \text{ pulg} = 0.26 \text{ m}$$

Por lo tanto, se va disponer de 2 resortes helicoidales de 9 espiras y de D=12cm (4.752pulg) d=15mm (0.594pulg) Lo=26cm (10pulg)

**Figura 4. 11 Resorte helicoidal del contrapeso**



**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**



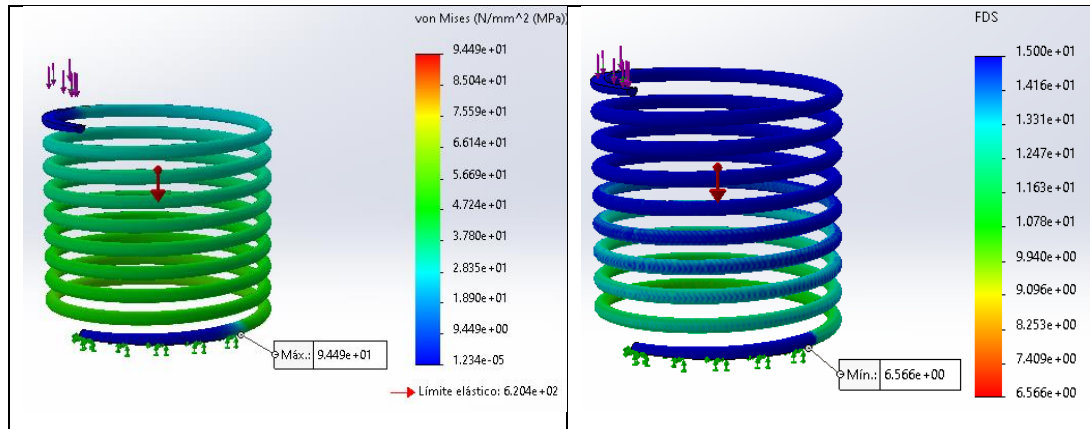
### Comprobación del pandeo

$$Ect = k \times Lf \times kl = 721.6 \frac{lb}{pulg} \times 10.1pulg \times 0.63$$

$$Ect = 4591.5lb = 2085.2 kg \times \frac{9.81N}{kg} = 20455.3N$$

Por lo tanto, se comprueba que el resorte no pandea ya que la fuerza que se necesitaría debe ser de 20455.3 N, sin embargo, la fuerza que se ejerce es de 13734 N mucho menor a la necesaria para hacerlo pandear.

**Figura 4. 12 Simulación del Resorte helicoidal del contrapeso**



**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Los resultados de la simulación respaldan los cálculos, ya que el valor máximo de tensión es de 94.5Mpa y el acero ASTM A401 tiene un límite elástico de 620.4MPa, el factor de seguridad es de 6.6 con lo que se garantiza que el resorte no fallará.

#### 4.6.7. Cálculo de las guías

Para el diseño de las guías se utilizó como referencia el libro de Miravete el cual nos menciona lo siguiente:

- El coeficiente mínimo de la guía deberá ser mínimo 10 del esfuerzo de frenado de la cabina al ser detenido por los paracaídas.
- Deberá deformarse máximo 3mm al resistir los empujes horizontales de la cabina debido a excentricidades de la carga.

- La tolerancia máxima en el paralelismo de las guías es de 5mm sin importar la altura del ascensor.

#### 4.6.7.1. Guías para la cabina

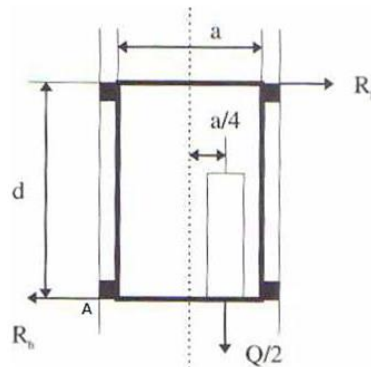
“El desplazamiento de la cabina se asegura por medio de guías rígidas, preferiblemente en forma de T, perfectamente calibradas y enderezadas” (Miravete, y otros, 1998)

#### **Empuje horizontal (Reacciones)**

Debido a la excentricidad es que se produce este tipo de empuje con la carga de la cabina por lo cual usaremos el método que propone Miravete en su libro Elevadores: Principios e innovaciones.

La figura 4.13, nos ilustra el DCL que se debe considerar para analizar las guías, por lo que se hizo la sumatoria de momentos para el punto A y se obtuvo el valor de la reacción.

**Figura 4. 13 Empuje horizontal de las guías**



**Fuente: Elevadores: Principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)**

$$\Sigma M = F_1 \times d_1 + F_2 \times d_2 + F_3 \times d_3 \dots$$

$$R_h \times d = \frac{Q \times a}{2 \times 4}$$

$$R_h = \frac{Q \times a}{8 \times d}$$

Donde:

- Q: Carga útil 300kg (2943N).
- a: Ancho del bastidor de la cabina 1.7m.
- d: Altura del bastidor de la cabina 3m.

$$R_h = \frac{6278.4 N \times 1.7m}{8 \times 3m} = 208.46 N$$

Acorde a lo mencionado por Miravete la flecha máxima deberá ser 3mm, con lo cual por medio de la siguiente ecuación se calculó la flecha:

$$f = \frac{R_h \times I_k^3}{48 \times E \times I_t}$$

Donde:

- E: Módulo de elasticidad del material empleado 210000Mpa para el acero.
- $R_h$ : Empuje horizontal.
- $I_k$ : Tramo o longitud limitado por los anclajes de las guías.
- $I_t$ : Momento transversal del perfil en T de las guías.

**Tabla 4. 6 Características mecánicas de las guías de cabina (I-70/9 e I-90/16)**

Tipo	Sección (cm <sup>2</sup> )	Peso (kg/m)	e (cm)	Momentos de Inercia (cm <sup>4</sup> )		Módulos de resistencia de la sección (cm <sup>3</sup> )		Radio de Giro (cm)	
				Ix	Iy	Wx	Wy	ix	iy
<b>I-70/9</b>	9.37	7.30	1.95	41.1	19.1	9.20	5.41	2.08	1.42
<b>Y-90/16</b>	19.9	13.25	2.65	102	57.7	21.1	12.8	2.45	1.83

Cotas de Guías de Cabina (T-70/9 – T 90/16)									
TIPO	a mm	b mm	c mm	d mm	f mm	R mm	h mm	sección cm <sup>2</sup>	peso kg/m
T-70/9	70	65	9	6	8	6	34	9.37	7.30
T 90/16	90	75	16	8	10	8	42	16.90	13.25

**Fuente: Elevadores: Principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)**

Reemplazando los datos de la tabla 4.6 en la siguiente ecuación se calcula la flecha.

$$f = \frac{R_h \times l_k^3}{48 \times E \times I_t}$$

$$f = \frac{208.46N \times (3m)^3}{48 \times 21 \times 10^{10} \frac{N}{m^2} \times 1.02 \times 10^{-6}m^4}$$

$$f = 0.000547m = 0.55 \text{ mm}$$

Con lo cual el valor de la flecha se encuentra dentro de lo permitido.

### **Esfuerzo de frenado**

Miravete al igual que para el caso anterior nos brinda la siguiente ecuación:

$$Rv = m_g \times l_k + 1.75(Qu + Qbe)$$

Donde:

- $m_g$ : Peso de la guía por peso lineal que se obtiene de la tabla 4.6.
- $l_k$ : Longitud comprendida entre dos apoyos.
- Qu: Carga nominal en kg.
- Qbe: Peso de la cabina vacía en kg.

$$Rv = 13.25 \frac{kg}{m} \times 3m \times 9.81 \frac{m}{s^2} + 1.75(300kg + 550kg) \times 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$Rv = 14982.32 \text{ N}$$

“El esfuerzo de frenado puede ser soportado por las guías como una barra a compresión calculando la resistencia como barras comprimidas en tramos de longitud entre dos apoyos consecutivos y libremente articulados en los extremos por ello se aplica la fórmula correspondiente de Euler” (Miravete, y otros, 1998).

$$Rv' = \frac{\pi^2 \times E \times I_{min}}{l_k^2}$$

$$Rv' = \frac{\pi^2 \times 21 \times 10^{10} \frac{N}{m^2} \times 1.02 \times 10^{-6}m^4}{(3m)^2} = 243896.58 \text{ N}$$

Miravete mencionó que para los esfuerzos de flexión de debe considerar un factor de seguridad mayor a 10 por lo que nos brinda la siguiente ecuación:

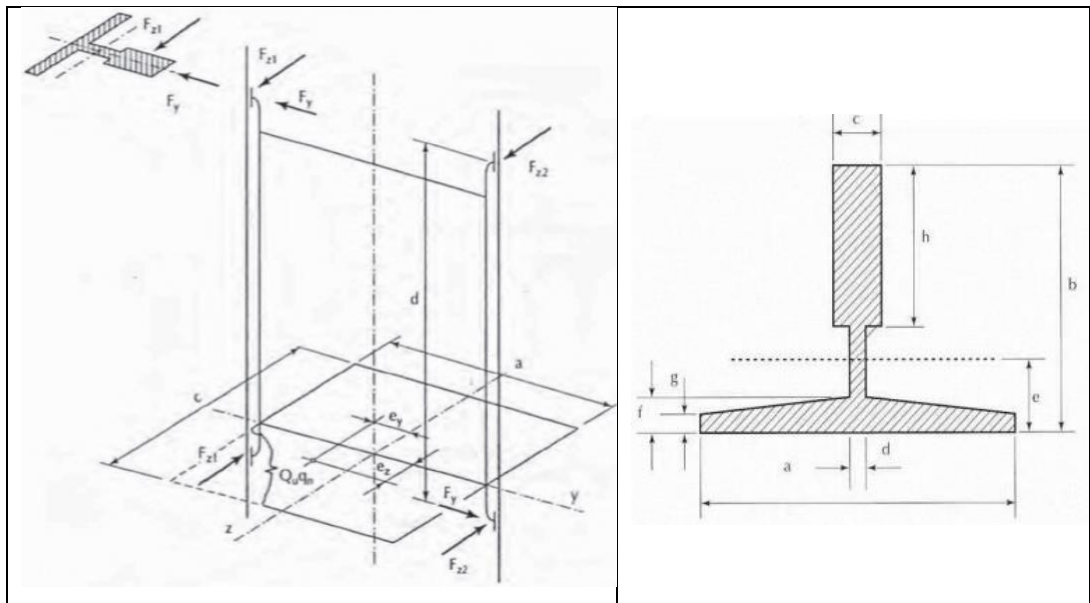
$$c_5 = \frac{Rv'}{Rv} > 10$$

$$c_5 = \frac{243896.58 \text{ N}}{14982.32 \text{ N}} = 16.3$$

Este valor de 16.3 asegura que la guía I-90/16 cumplió con lo exigido y se podrá utilizar en el diseño del ascensor.

Miravete nos muestra la figura 4.14 en que se ve las fuerzas que actúan en la guía.

**Figura 4. 14 Fuerzas sobre las guías en una operación de frenada**



**Fuente: Elevadores: Principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)**

**Cálculo de las reacciones**

$$F_y = \frac{Q \times g_n \times e_y}{h}$$

Donde:

- Q: carga útil en kg.

- $g_n$ : gravedad ( $9.81 \frac{m}{s^2}$ ).
- $e_y$ : longitud del ancho del bastidor (b) dividido entre 3.
- $h$ : altura (3m).

$$F_y = \frac{300kg \times 9.81 \frac{m}{s^2} \times 0.57m}{3m} = 559.17 N$$

$$F_{z1} = \frac{Q \times g_n \times e_z \times (b + 2 e_z)}{2h \times b}$$

$$F_{z1} = \frac{300kg \times 9.81 \frac{m}{s^2} \times 0.57m \times (1.5m + 2 \times 0.57m)}{2 \times 3m \times 1.5m} = 492.1 N$$

$$F_{z2} = \frac{Q \times g_n \times e_z \times (b - 2 e_z)}{2h \times b}$$

$$F_{z2} = \frac{300kg \times 9.81 \frac{m}{s^2} \times 0.57m \times (1.5m - 2 \times 0.57m)}{2 \times 3m \times 1.5m} = 67.1 N$$

Con estos valores se procedió a calcular las flechas para cada superposición.

$$f_1 = \frac{F_y \times I_k^3}{48 \times E \times I_t}$$

$$f_1 = \frac{559.17 N \times (3m)^3}{48 \times 21 \times 10^{10} \frac{N}{m^2} \times 1.02 \times 10^{-6} m^4} f_1 = 0.0014m$$

$$f_2 = \frac{F_{z1} \times I_k^3}{48 \times E \times I_t}$$

$$f_2 = \frac{492.1 N \times (3m)^3}{48 \times 21 \times 10^{10} \frac{N}{m^2} \times 1.02 \times 10^{-6} m^4} = 0.0012m$$

$$f_3 = \frac{F_{z2} \times I_k^3}{48 \times E \times I_t}$$

$$f_3 = \frac{67.1 N \times (3m)^3}{48 \times 21 \times 10^{10} \frac{N}{m^2} \times 1.02 \times 10^{-6} m^4} = 0.0002m$$

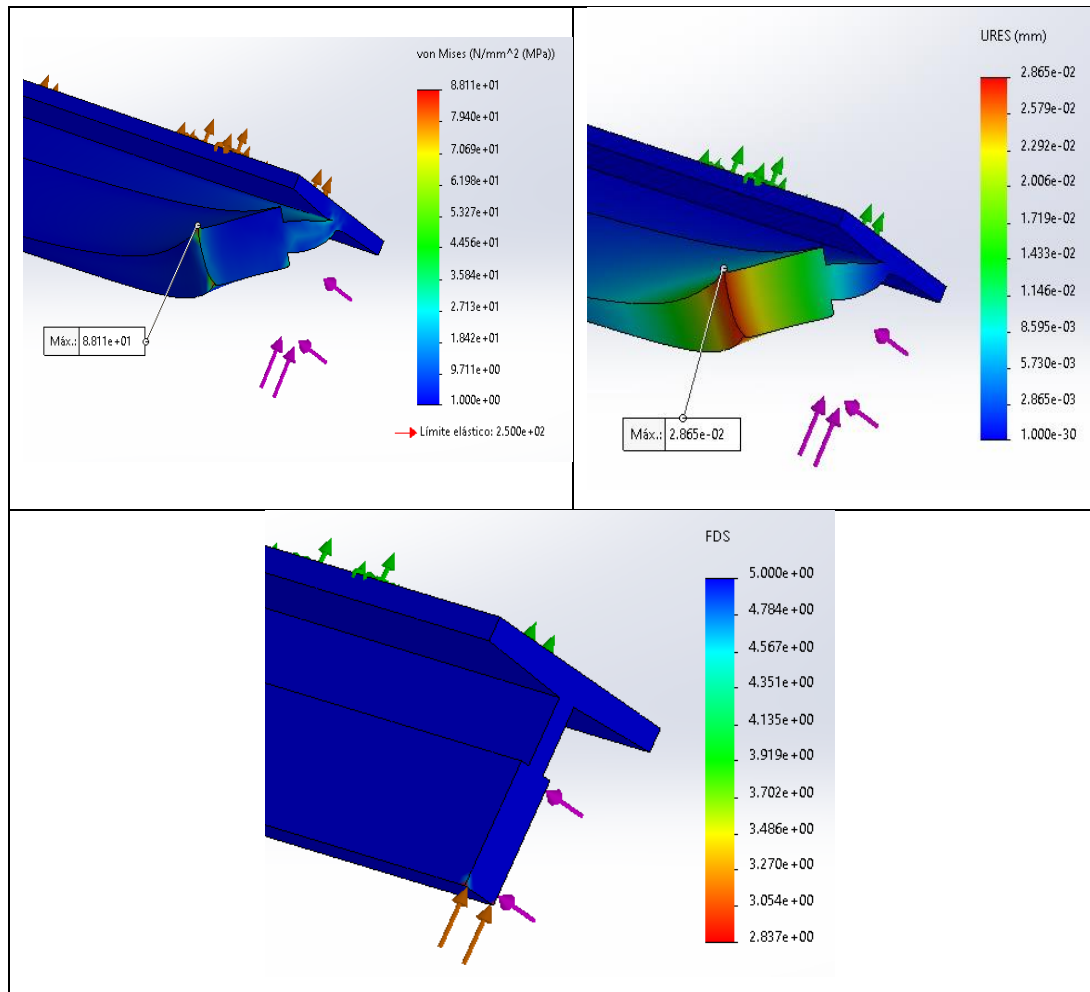
**Sumatorias de flechas:**

$$\Sigma f = f_1 + f_2 + f_3$$

$$\Sigma f = 0.0014m + 0.0012m + 0.0002m = 0.0028 m$$

Con lo que se obtuvo que la flecha total es menor a los 3mm que se propone como valor máximo según la norma EN.81 y a lo recomendado por Miravete.

**Figura 4. 15 Simulación de guías para la cabina**



**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

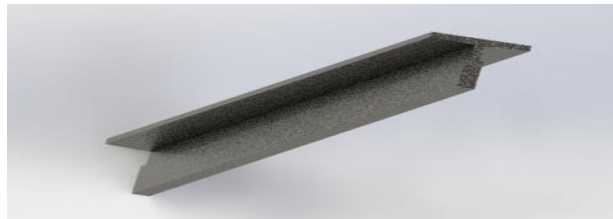
Acorde a la simulación podemos ver que la tensión máxima obtenida es de 88.1MPa cuyo valor está por debajo de lo que puede resistir el acero ASTM A36 de 250 MPa, con esto se demuestra que la estructura no va a fallar. Además, presenta un desplazamiento máximo de 0.029 mm que está acorde a lo permitido y un factor de seguridad de 2.84.

#### 4.6.7.2. Guías para el contrapeso

“Las guías de los contrapesos se constituyen también en perfiles T, similares a los utilizados para las guías de las cabinas” (Miravete, y otros, 1998).

Para este caso se tomó la recomendación de Miravete la cual menciona que como el contrapeso no tiene paracaídas y las guías sólo tienen la misión de guiar a la cabina entonces se utilizarán los perfiles del tipo I-90/16 para las guías del contrapeso. Todo esto respaldado con los cálculos de las guías para la cabina.

**Figura 4. 16 Guía para el contrapeso**



**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

#### 4.6.8. Cálculo de la estructura soporte del motor

##### 4.6.8.1. Cálculo del peso que soportará la estructura

Para el cálculo del peso al que está sometido la estructura se tomó a la suma del peso de la cabina, el peso de la carga útil, Miravete recomienda que el peso del contrapeso y el peso del motor y este resultado se multiplicó por un factor de seguridad de 5 tal como se hará para el bastidor:

- Peso de la cabina            550kg.
- Carga útil                    300kg.
- Peso del contrapeso        700kg.
- Peso del motor              200kg.

$$P = (550kg + 300kg + 700kg + 200kg) \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$P = 17167.5 N$$

$$Pe = P \times S$$



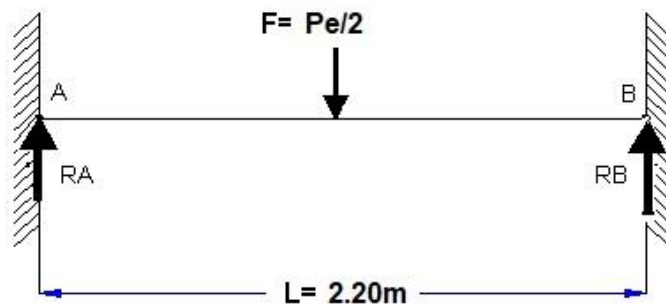
$$Pe = 17167.5 N \times 5$$

$$Pe = 85837.5 N$$

### Estudio estático

Para este primer caso se tomó la viga como un elemento empotrado por ambos extremos (figura 4.17) y la fuerza resultante producida se ubicó al centro de dicho tramo esto debido a que los cables de tracción se encuentran ubicados en esa posición. Se consideró dos vigas para este soporte por lo que la fuerza total será dividida entre dos y también se consideró una longitud de 2.20m con una tolerancia a ambos extremos para su apoyo y posterior anclaje.

**Figura 4. 17 DCL del soporte del motor**



**Fuente: Elaboración propia**

Acorde al DCL se sabe que los extremos tendrán el mismo valor de reacción, pero con direcciones opuestas.

### Reacciones en los extremos

$$Fasc = \frac{Pe}{2} = \frac{85837.5 N}{2} = 42918.8 N$$

$$Ra = \frac{Fasc}{2} = \frac{42918.8 N}{2} = 21459.4 N$$

### Momento Flector

$$Ma = \frac{Fxl}{8} = \frac{42918.8 N \times 2.2m}{8} = 11802.7 Nm$$

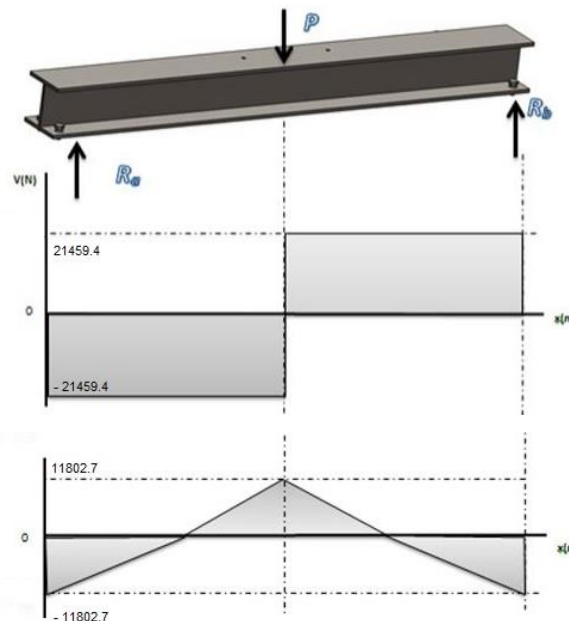
### Momento Máximo

$$Z = \frac{l}{2} = \frac{2.2m}{2} = 1.10m$$

$$M_{max} = \frac{F x (3l - 4z)}{8}$$

$$M_{max} = \frac{42918.8 N x (3 x 2.2m - 4 x 1.10m)}{8} = 11802.7 Nm$$

**Figura 4. 18 Diagrama de Fuerza cortante y Momento flector**



**Fuente: Elaboración propia**

### Selección del material

Con la ecuación de esfuerzo calculamos el módulo Wx:

$$\sigma_{crit} = \frac{M_{max}}{W_z} \leq \sigma_{adm}$$

Se sabe que el esfuerzo permisible del acero ASTM A36 es 245MPa, reemplazamos y despejamos el valor del módulo Wx.

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

Donde:

- Mmax: Momento máximo en Nm.
- $\sigma_{adm}$ : Esfuerzo admisible para el acero ASTM A36 (245 MPa).

$$w_x = \frac{11802.7 \text{ Nm}}{245000000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 4.81 \times 10^{-5} \text{ m}^3 = 48.1 \text{ cm}^3$$

Acorde a la tabla 4.7 se seleccionó el perfil HEB 100 debido a que este es el más adecuado para usar en el diseño.

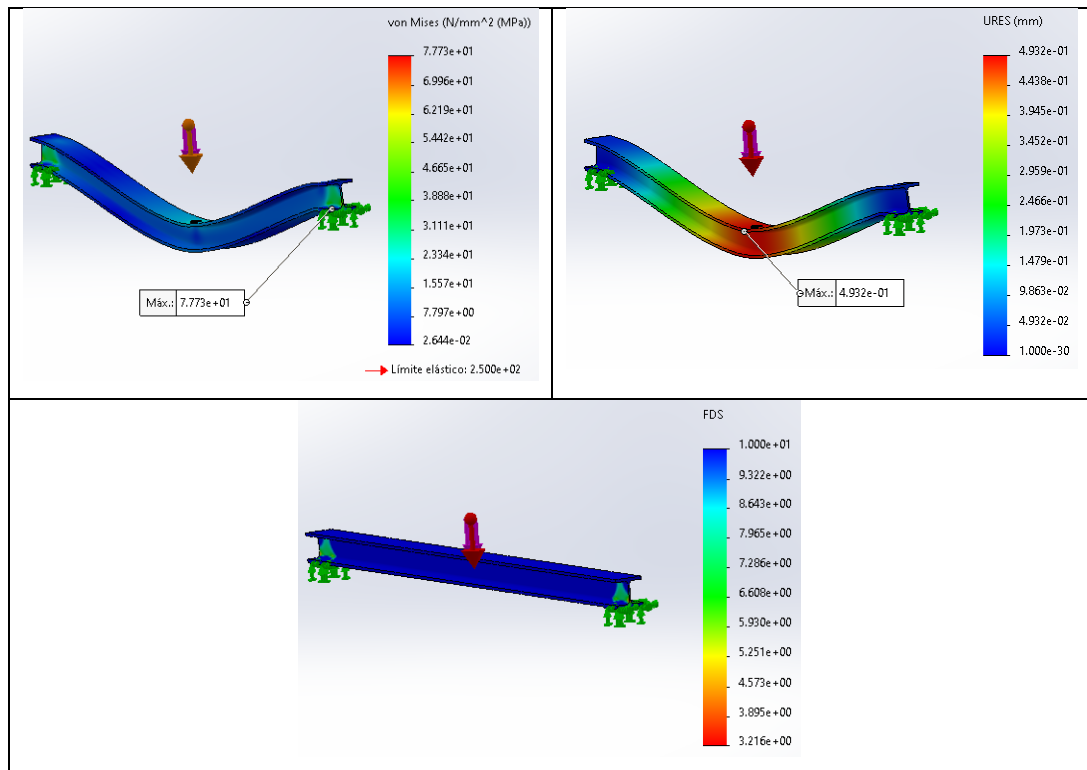
**Tabla 4. 7 Características del perfil HEB 100**

DENOMINACIÓN	DIMENSIONES					PROPIEDADES					
	h	b	t	e	R	ÁREA SECCIÓN cm <sup>2</sup>	PESOS kg/mts	INERCIA (cm <sup>4</sup> )		RESISTENCIA (cm <sup>3</sup> )	
	mm	mm	mm	mm	mm			Eje x-x	Eje y-y	Eje x-x	Eje y-y
HEB 100	100	100	6.00	10.00	12	26.00	20.40	450	167	89	33.50
HEB 140	140	140	7.00	12.00	12	43.00	33.70	1510	550	216	78.50
HEB 160	160	160	8.00	13.00	15	54.30	42.60	2490	889	311	111.00
HEB 200	200	200	9.00	15.00	18	78.10	61.30	5700	2000	570	200.00
HEB 240	240	240	10.00	17.00	21	106.00	83.20	11260	3920	938	327.00
HEB 300	300	300	11.00	19.00	27	149.00	117.00	25170	8560	1680	571.00

Fuente: DIPAC (DIPAC PRODUCTOS DE ACERO, 2020)

Realizamos la simulación con la asistencia del SolidWorks 2020

**Figura 4. 19 Simulación de la estructura soporte del motor**



Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020

Acorde a la simulación podemos ver que la tensión máxima obtenida es de 77.7MPa cuyo valor está por debajo de lo que puede resistir el acero ASTM A36 de 250 MPa, con esto se demuestra que la estructura no va a fallar. Además, presenta un desplazamiento máximo de 0.5 mm que está acorde a lo permitido y un factor de seguridad de 3.21.

#### 4.6.9. Diseño del bastidor de la cabina.

Según la Norma EN-81 el diseño del bastidor se deberá hacer tomando en cuenta tres aspectos de trabajo:

- Funcionamiento normal.
- Bajo el funcionamiento del paracaídas.
- Bajo el choque de los amortiguadores.

Para el diseño del bastidor de la cabina se va usar el siguiente modelo de bastidor ver figura 4.20, este diseño está conformado por perfiles normalizados UPN de acero ASTM A36.

**Figura 4. 20 Estructura del bastidor de la cabina**



**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

##### 4.6.9.1. Dimensiones del bastidor.

Teniendo en cuenta la dimensión de la cabina se optó que el batidor de la cabina tenga una dimensión de 1.70m de ancho y para temas de costos

se usó cuatro perfiles UPN dos para las vigas superiores y dos para las vigas inferiores.

La Norma Europea EN.81 menciona que la cabina debe tener una altura mínima de 2m, tomando en cuenta este criterio se dimensionó la altura del bastidor de la cabina a una altura de 3m.

#### 4.6.9.2. Proceso de cálculo del bastidor de la cabina.

Antes de calcular el peso del bastidor se calculará el peso de la cabina de la siguiente manera:

**Peso de la cabina:** Teniendo en cuenta as medidas que se establecieron:

- Ancho: 1.5m.
- Largo: 1.5m.
- Alto: 2.0m.

El diseño de la cabina se consideró de la siguiente manera:

**La estructura de la cabina:** Se fabricará de perfil L 30x30x3mm ASTM A36 utilizando un total de 20m, de la tabla 4.8 se obtuvo el peso para este material.

**Tabla 4. 8 Peso Nominal del Perfil L30x30x3mm**

DIMENSIONES	libras/pie	kg/m	kg/6m
2.0 x 20.0 x 20.0	0.182	0.597	3.582
2.0 x 25.0 x 25.0	0.230	0.754	4.524
2.0 x 30.0 x 30.0	0.278	0.911	5.466
2.5 x 20.0 x 20.0	0.224	0.736	4.416
2.5 x 25.0 x 25.0	0.284	0.932	5.592
2.5 x 30.0 x 30.0	0.344	1.128	6.768
3.0 x 20.0 x 20.0	0.266	0.871	5.226
3.0 x 25.0 x 25.0	0.338	1.107	6.642
3.0 x 30.0 x 30.0	0.409	1.341	8.046
4.5 x 25.0 x 25.0	0.490	1.607	9.642
4.5 x 30.0 x 30.0	0.598	1.961	11.766
6.0 x 25.0 x 25.0	0.632	2.072	12.432
6.0 x 30.0 x 30.0	0.775	2.543	15.258

**Fuente: Comercial del Acero (Comercial del Acero S.A.C, 2020)**

$$P = P_{perfil} \times longitud$$

$$P = 1.34 \frac{kg}{m} \times 20m$$

$$P = 26.8 \text{ kg}$$

**Pared lateral y Posterior:** Para el caso de las dos paredes laterales y una posterior se hace un cálculo similar, Con estas consideraciones se tiene que las tres paredes serán de planchas laminadas en caliente de 2 mm de espesor ASTM A36.

**Tabla 4. 9 Peso nominal de plancha A36 de 2mm Laminado en caliente**

SISTEMA METRICO			PESOS TEORICOS		
Espesor mm	Ancho mm	Largo mm	kg/plancha	kg/m <sup>2</sup>	kg/pie <sup>2</sup>
1.5	1200	2400	33.91	11.78	1.09
1.8	1200	2400	40.69	14.13	1.31
2.0	1200	2400	45.22	15.70	1.46
2.2	1200	2400	49.74	17.27	1.60
2.3	1200	2400	52.00	18.06	1.68
2.4	1200	2400	54.26	18.84	1.75
2.5	1200	2400	56.52	19.63	1.82
2.7	1200	2400	61.04	21.20	1.97
2.9	1200	2400	65.56	22.77	2.11
3.9	1200	2400	88.17	30.62	2.84
4.0	1200	2400	90.43	31.40	2.92
4.4	1200	2400	99.48	34.54	3.21
4.5	1200	2400	101.74	35.33	3.28

**Fuente: Tubisa (Tubisa S.A.C., 2020)**

$$P_1 = A_p \times P_p$$

Donde:

- $A_p$ : Área de la plancha (m<sup>2</sup>).
- $P_p$ : Peso de la plancha (kg/m<sup>2</sup>).

$$P_1 = 1.5m \times 2m \times 15.70 \frac{kg}{m^2}$$

$$P_1 = 1.5m \times 2m \times 15.70 \frac{kg}{m^2} = 47.1 \text{ kg}$$

**Piso y Techo:** Para el caso del piso y el techo se decidió colocar planchas de estriadas y laminadas en caliente ASTM A36 de 5mm de espesor.

$$P_2 = 1.5m \times 1.5m \times 41.70 \frac{kg}{m^2} = 93.8 \text{ kg}$$

**Tabla 4. 10 Peso Nominal de Plancha Estriada A36 de 5 mm**

DIMENSIONES mm	PESO TEÓRICO EN kg/plancha		TOLERANCIA EN EL ESPESOR mm ±	ESPESOR EQUIVALENTE ó APROXIMADO
	1,000 x 2,400 mm	1,200 X 2,400 mm		
1.60	36.03	43.24	0.3	1/16"
1.80	39.80	47.76	0.3	9/128"
1.90	41.68	50.02	0.3	9/128"
2.00	43.57	52.28	0.3	5/64"
2.40	51.10	61.32	0.4	3/32"
2.50	52.99	63.59	0.4	3/32"
2.80	58.64	70.37	0.4	15/128"
2.90	60.52	72.63	0.4	15/128"
3.00	62.41	74.89	0.4	1/8"
3.30	68.06	81.67	0.4	1/8"
4.40	88.78	106.54	0.4	3/16"
4.50	90.67	108.80	0.4	3/16"
5.00		120.11	0.4	3/16"
5.90		140.45	0.5	1/4"
6.00		142.71	0.5	1/4"
8.00		187.93	0.55	5/16"
9.00		210.54	0.55	3/8"

**Fuente: Comercial del Acero (Comercial del Acero S.A.C, 2020)**

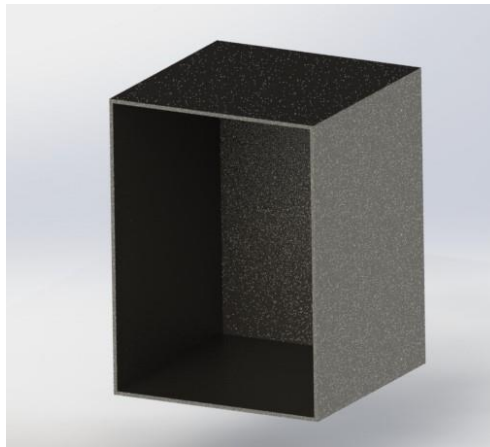
De esta manera se procedió con el cálculo de los pesos para las planchas (dos laterales, una posterior, techo y piso):

$$P_c = P + 3(P_1) + 2(P_2)$$

$$P_c = 26.8 \text{ kg} + 3(47.1 \text{ kg}) + 2(93.8 \text{ kg})$$

$$P_c = 355.7 \text{ kg}$$

**Figura 4. 21 Cabina del ascensor**



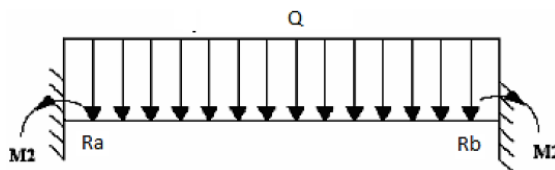
**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

**Peso del bastidor:** Para este cálculo se aplicó el método de Pisarenko para el capítulo de vigas empotradas. Se tomo en cuenta el peso del

mismo batidor debido a que el peso influirá en la fuerza de ascenso que generará el ascensor. Para calcular el peso del bastidor se procedió primero a calcular las vigas sin influencia del peso bastidor, luego se seleccionó el perfil para cada viga y se consideró que toda la estructura estuvo compuesta del mismo, teniendo como resultado que se pudo determinar el peso del bastidor para la cabina.

### Carga repartida

**Figura 4. 22 Carga repartida en la viga inferior**



**Fuente: Elaboración propia**

### Carga repartida que actúa en la viga inferior

- Pc: 355.7 kg (Peso de la cabina sin considerar el bastidor).
- Cu: 300 kg (carga útil).
- Fs: 7 (Factor de seguridad).
- $\psi$ : 1.07 (Coeficiente de actuación de paracaídas).
- l: 1.7 m (longitud de la viga).

$$q = \frac{(pc + cu) \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times fs \times \psi}{l}$$

$$q = \frac{(355.7 \text{ kg} + 300 \text{ kg}) \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 7 \times 1.07}{1.7 \text{ m}} = 28340.47 \text{ N/m}$$

### Cálculo de reacciones

$$Ra = \frac{q \times l}{2}$$

$$Ra = \frac{28340.47 \frac{N}{m} \times 1.7 \text{ m}}{2} = 24089.4 \text{ N}$$

### Cálculos de momentos



$$Ma = \frac{q \times l^2}{12}$$

$$Ma = \frac{28340.47 \frac{N}{m} \times (1.7m)^2}{12} = 6825.33 Nm$$

**Módulo Wz**

$$w_x = \frac{Ma}{\sigma_{adm}} = \frac{6825.33 N.m}{245000000 \frac{N}{m^2}} = 2.786 \times 10^{-5} m^3$$

Con este valor del módulo en el eje x igual a 27.86 cm<sup>3</sup> y acorde a la tabla 4.11 se seleccionó el perfil UPN 100.

El bastidor cuenta con 4 vigas de 1.7m de largo que equivale a 6.8m de longitud total.

El bastidor también cuenta con dos columnas de 3m cada una lo cual dio un valor de 6m de longitud en total.

Seguidamente se calculó el peso del bastidor para la cabina de la siguiente manera:

$$Pb = (larguero + poste) \times Pperfil$$

$$Pb = (6.8m + 6m) \times 8.64 \frac{kg}{m} = 110.6 \frac{kg}{m}$$

**Tabla 4. 11 Propiedades del perfil UPN 100**

DENOMINACIÓN	DIMENSIONES						PROPIEDADES					
	h	b	t	e	R	R1	ÁREA SECCIÓN cm <sup>2</sup>	PESOS kg/mts	INERCIAS (cm <sup>4</sup> )		RESISTENCIAS (cm <sup>3</sup> )	
	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>4</sup>			Eje x-x	Eje y-y	Eje x-x	Eje y-y
UPN 80	80	45	6.00	8.00	8.00	4.00	1.10	8.64	106.00	19.40	26.50	6.36
UPN 100	100	50	6.00	8.50	8.50	4.50	13.50	10.60	206.00	29.30	41.20	8.49
UPN 120	120	55	7.00	9.00	9.00	4.50	17.00	13.40	364.00	43.20	60.70	11.10
UPN 140	140	60	7.00	10.00	10.00	5.00	20.40	16.00	605.00	62.70	86.40	14.80
UPN 160	160	65	7.50	10.50	10.50	5.50	24.00	18.80	905.00	85.30	116.00	18.30
UPN 180	180	70	8.00	11.00	11.00	5.50	28.00	22.00	1350.00	114.00	150.00	22.40
UPN 200	200	75	8.50	11.50	11.50	6.00	32.20	25.30	1910.00	148.00	191.00	27.00
UPN 220	220	80	9.00	12.50	12.50	6.50	37.40	29.40	2690.00	197.00	245.00	33.60
UPN 240	240	85	9.50	13.00	13.00	6.50	42.30	33.20	3600.00	248.00	300.00	39.60
UPN 300	300	100	10.00	16.00	16.00	8.00	58.80	46.20	8030.00	495.00	535.00	67.80

**Fuente: DIPAC (DIPAC PRODUCTOS DE ACERO, 2020)**

**Peso real de la cabina:** Para calcular el peso real de la cabina (Pc) se asumió el peso inicial calculado para la cabina más el peso del bastidor (Pb).

$$P_c = P_c + P_b$$

$$P_c = 355.7kg + 110.6kg = 466.3kg$$

La norma EN.81 recomienda que el peso de 550kg se puede considerar como peso para la cabina por cuestiones de seguridad, también es recomendable trabajar siempre con un factor de seguridad ya definido. Para la presente investigación se tomó el valor de 7 como factor de seguridad.

$$P_c = 466.3kg \times 1.18 = 550kg$$

#### 4.6.9.3. Cálculo del bastidor para la cabina

Se cuenta con los siguientes datos:

- Peso de cabina (Pc): 550kg.
- Carga útil (Cu): 300kg.
- Factor de seguridad (fs): 7 (Según la norma EN.81).

Se procedió con los cálculos tomando en cuenta tres posibles casos que son los siguiente: a operación normal, con actuación del paracaídas y con el choque de los amortiguadores, después de evaluar estos tres casos se escogerá el caso más crítico y seguidamente se realizará la selección de material.

**Primer Caso:** A operación normal

#### **Fuerza de Ascensión (Fasc)**

Es la fuerza que ejercerá el conjunto de cables de tracción y se sumará la fuerza de fricción que se presenta en las guías con la cabina (frg). Para calcular la fuerza de fricción se tomará como referencia el trabajo de investigación (HERRERA, 2013), quien nos menciona lo siguiente “Para calcular las fuerzas de fricción en las guías se incrementan la potencia del motor en un 5-10% del peso de las partes móviles”.

Calculamos la fuerza adicional por la fricción:

$$F_{fricción} = (0.5 \times Q + G + G) \times 0.01$$

Donde:

- Q: 300kg (Peso de la carga)
- G: 550kg (Peso de la cabina)

$$F_{fricción} = (0.5 \times 300kg + 550kg + 550kg) \times 0.01$$

$$F_{fricción} = 12.5kg \times \frac{9.81N}{1kg} = 122.6 N$$

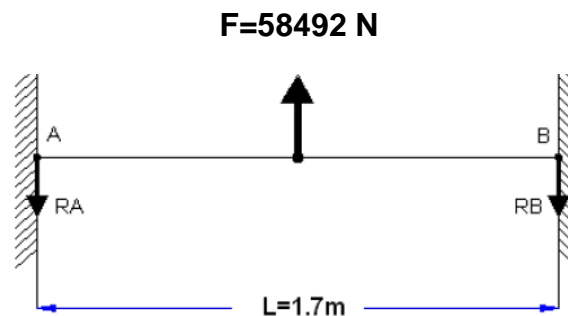
$$F_{asc} = \left( \left( (P_c + Qu) \times 9.81 \frac{m}{s^2} \right) \times f_s \right) + f_{rg}$$

$$F_{asc} = \left( \left( (550kg + 300kg) \times 9.81 \frac{m}{s^2} \right) \times 7 \right) + 122.6N = 58492 N$$

### Viga superior

Para el presente trabajo se considera como una viga con los extremos empotrados y la carga producida concentrada en el centro de dicho tramo debido a los cables de tracción.

**Figura 4. 23 Esquema la viga superior**



**Fuente: Elaboración propia**

### Reacciones en los extremos

$$Ra = \frac{F_{asc}}{2} = \frac{58492N}{2} = 29246 N$$

### Momento Flector

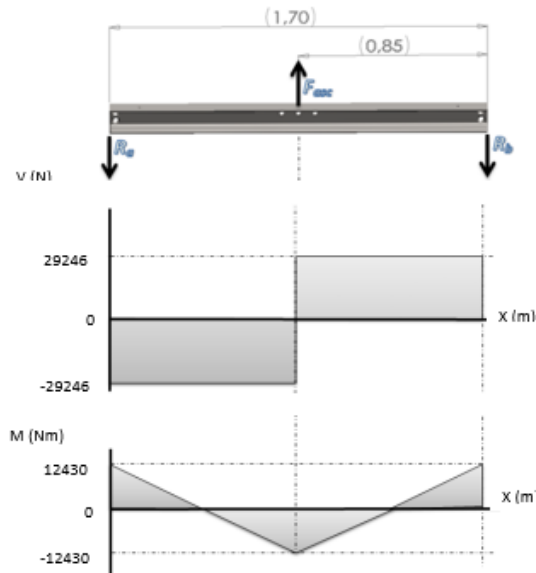
$$Ma = \frac{Fxl}{8} = \frac{58492N \times 1.7m}{8} = 12430 Nm$$

### Momento Máximo

$$Z = \frac{l}{2} = \frac{1.7m}{2} = 0.85m$$

$$M_{max} = \frac{F x (3l - 4z)}{8} = \frac{58492N x (3 x 1.7m - 4 x 0.85m)}{8} = 12430 Nm$$

**Figura 4. 24 Diagrama de Fuerza cortante y Momento flector**

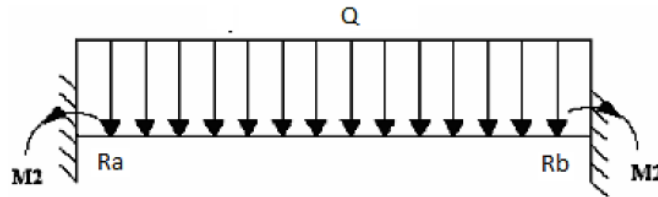


**Fuente: Elaboración propia**

### Viga inferior

De la misma manera que para la viga superior se tomó como si fuese una viga con ambos extremos empotrados con la única diferencia que tendremos una carga distribuida que será la carga útil del ascensor sumado el peso de la cabina.

**Figura 4. 25 Carga repartida en la viga Inferior**



**Fuente: Elaboración propia**

$$q = \frac{(pc + cu) \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times fs}{l}$$

$$q = \frac{(355.7 \text{ kg} + 300 \text{ kg}) \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 7}{1.7 \text{ m}} = 26486.4 \text{ N/m}$$

### Cálculo de reacciones

$$Ra = \frac{q \times l}{2} = \frac{26486 \frac{\text{N}}{\text{m}} \times 1.7 \text{ m}}{2} = 22513.4 \text{ N}$$

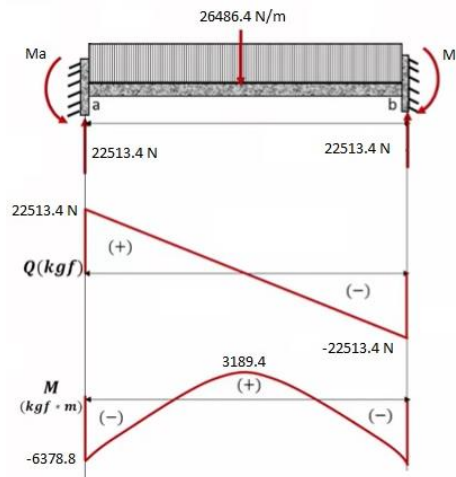
### Cálculos de momentos

$$Ma = \frac{q \times l^2}{12} = \frac{26486.4 \frac{\text{N}}{\text{m}} \times (1.7 \text{ m})^2}{12} = 6378.8 \text{ Nm}$$

### Cálculos de Momento máximo

$$Ma = \frac{q \times l^2}{24} = \frac{26486.4 \frac{\text{N}}{\text{m}} \times (1.7 \text{ m})^2}{24} = 3189.4 \text{ Nm}$$

Figura 4. 26 Diagrama de Fuerza cortante y Momento Flector



Fuente: Elaboración propia

**Segundo Caso:** Con la actuación del paracaídas

### Viga superior

Con respecto a la viga superior no existe fuerza a la cual esté sometida ya que el cable no ejerce ningún tipo de tensión sobre la viga superior esto debido a que la cabina se encontrará en caída libre.

### Aceleración de Frenado

Para analizar la viga inferior se tomó como si fuese una viga empotrada por ambos extremos al igual que para casos anteriores, también se tuvo en cuenta el peso de la cabina, el peso de la carga útil y todo esto multiplicado por un coeficiente  $\psi$  que es un factor adimensional que tiene que ver con la actuación del paracaídas.

$$\psi = 1 + \frac{a}{g}$$

La norma EN.81 nos brinda la siguiente fórmula que relaciona este parámetro con un coeficiente C1 igual 1.15 para ascensores de velocidades de 0.63m/s hasta 1m/s.

$$c_1 = \frac{9.8 + a}{9.8 - a}$$

Se despeja "a":

$$a = \frac{1.15 \times 9.81 - 9.81}{1.15 + 1}$$

$$a = 0.684 \frac{m}{s^2}$$

Mediante la siguiente fórmula de la aceleración de frenada (desaceleración) se puede despejar el tiempo y de esta manera obtener el tiempo que demorará en detenerse la cabina.

$$a = \frac{v_2 - v_1}{t}$$

Donde:

- V2: velocidad final será igual a 0.
- V1: valor en el cual se activa el paracaídas ver tabla 4.12.
- t: tiempo que demora la cabina en detenerse.

$$t = \frac{v_2 - v_1}{a}$$

$$t = \frac{0 - 1.4 \frac{m}{s}}{0.684 \frac{m}{s^2}} = 2s$$

**Tabla 4. 12 Velocidades a las que debe actuar el limitador de velocidad**

Velocidad nominal en m/s (Vn)	% aumento Vn actuación	Vn actuación
0-0,50	50%	0,75
0,60	50%	0,90
0,65	50%	0,97
0,70	50%	1,05
0,80	40%	1,12
1,00	40%	1,40
1,20	40%	1,68
1,25	40%	1,75
1,50	40%	2,10
1,60	35%	2,16
1,75	35%	2,35
2,00	35%	2,70
2,50	30%	3,75
3,00	30%	3,90
3,50	30%	4,55
4,00	30%	5,20
4,50	30%	5,85
5,00	30%	6,50
5,50	30%	7,50
6,00	30%	7,80

**Fuente: Noma EN.81 (Norma Europea UNE-EN 81-1, 2001)**

Se procedió a reemplazar los valores en la ecuación inicial para poder calcular el coeficiente de seguridad por la actuación del paracaídas.

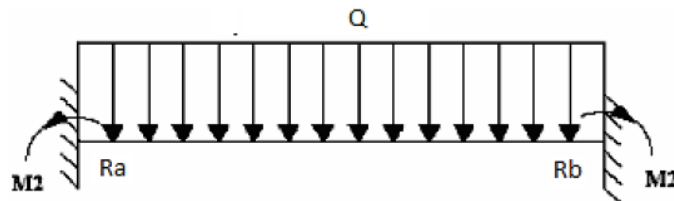
$$\psi = 1 + \frac{0.684 \frac{m}{s^2}}{9.81 \frac{m}{s^2}} = 1.07$$

Cálculo de la carga distribuida que actúa en la viga inferior

$$q = \frac{(pc + cu) \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times fs \times \psi}{l}$$

$$q = \frac{(550 \text{ kg} + 300\text{kg}) \times 9,81 \frac{m}{s^2} \times 7 \times 1.07}{1.7\text{m}} = 36738.45 \frac{N}{m}$$

**Figura 4. 27 Carga repartida en el Larguero Inferior**



**Fuente: Elaboración propia**

### Cálculo de reacciones

$$R_a = \frac{q \times l}{2} = \frac{36738.5 \frac{N}{m} \times 1.7m}{2} = 31227.7 N$$

### Cálculos de momentos

$$M_a = \frac{q \times l^2}{12} = \frac{36738.5 \frac{N}{m} \times (1.7m)^2}{12} = 8847.9 Nm$$

### Momento máximo

$$M_{max} = \frac{q \times l^2}{24} = \frac{36738.5 \frac{N}{m} \times (1.7m)^2}{24} = 4423.9 Nm$$

### Módulo Wz

$$w_x = \frac{M_a}{\sigma_{adm}} = \frac{8847.9 N \cdot m}{245000000 \frac{N}{m^2}} = 3.61 \times 10^{-5} m^3$$

Con este valor del módulo en el eje x de 36.1 cm<sup>3</sup> y acorde a la tabla 4.11 se selecciona el perfil UPN 100.

### Viga superior

Para este caso no es necesario analizar las vigas superiores, esto debido a que las fuerzas actuantes son mínimas a comparación del larguero inferior que está sometido a fuerzas más grandes.

**Tercer Caso:** Con el choque de los amortiguadores

### Viga superior

Debido a que la velocidad de descenso es menor a la que debe actuar el limitador de velocidad se considerará el valor de 1.4m/s tal como lo recomienda la tabla 4.12.

### Energía Cinética

$$E_c = \frac{m(v^2)}{2}$$
$$E_c = \frac{(550kg + 300kg) \times \left(1.4 \frac{m}{s}\right)^2}{2} = 833J$$



Para la energía cinética se tomará en cuenta como la energía potencial de una masa que cae desde la altura del edificio y luego se procederá a despejar la masa y ese valor se tomará como la fuerza de tracción que ejercen los cables en dirección opuesta a la caída libre de la cabina. Además, se considera una altura total de 9m (equivalentes a los tres pisos que existen en el pabellón de aulas FIME - UNAC) ya que se tomará como referencia la altura promedio de un solo piso equivalente a 3m.

$$E_c = E_p$$

$$E_p = m \times g \times h$$

$$m = \frac{E_p}{g \times h}$$

$$m = \frac{833J}{9.81 \frac{m}{s^2} \times 9m} = 9.44 \text{ kg}$$

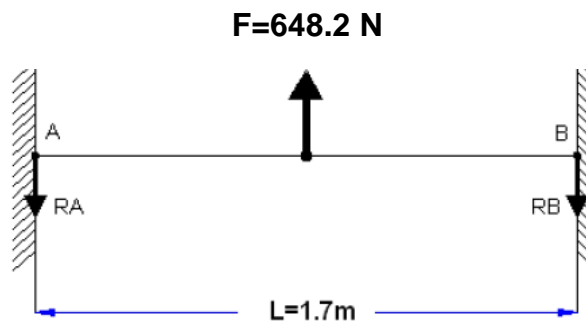
$$m = 9.44 \text{ kg} \times \frac{9.81N}{1kg} = 92.6N$$

Al igual que procedimientos anteriores se multiplicará por un factor de seguridad de 7.

$$F = 92.6N \times 7 = 648.2 N$$

El procedimiento de cálculo se hará igual que el primer caso, teniendo en consideración que la viga (larguero superior) se encuentra empotrado en ambos extremos, con una fuerza vertical hacia arriba producto de la tensión que produce los cables.

**Figura 4. 28 Esquema de la viga superior**



**Fuente: Elaboración propia**

### Reacciones en los extremos

$$R_a = \frac{F_{asc}}{2} = \frac{648.2N}{2} = 324.1 N$$

### Momento Flector

$$M_a = \frac{Fxl}{8} = \frac{648.2N \times 1.7m}{8} = 137.7 Nm$$

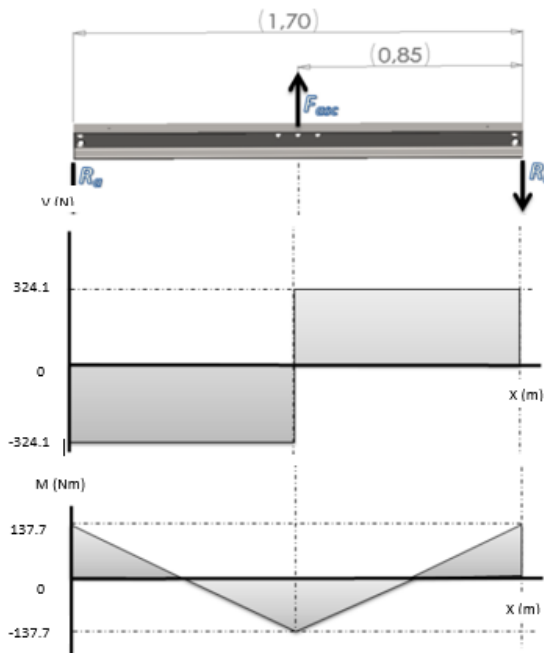
### Momento Máximo

$$Z = \frac{l}{2} = \frac{1.7m}{2} = 0.85m$$

$$M_{max} = \frac{F \times (3l - 4z)}{8} = \frac{648.2N \times (3 \times 1.7m - 4 \times 0.85m)}{8}$$

$$M_a = 137.7 Nm$$

Figura 4. 29 Diagrama de Fuerza cortante y Momento Flector



Fuente: Elaboración propia

### Viga inferior

Para este cálculo se tomará en cuenta el número de amortiguadores ya antes calculados igual a 4 y con una fuerza para cada uno de 8338.5 N.

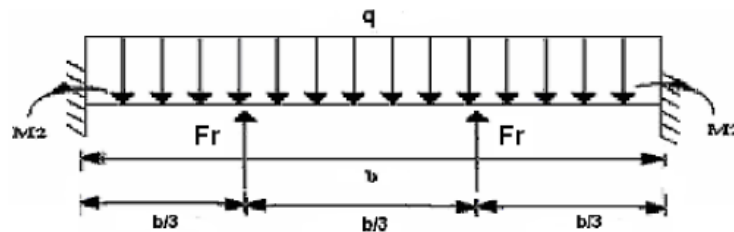
La carga repartida se encuentra aumentada por  $\psi$  que como se explicó en la sección de amortiguadores es de 1.07.

Tener en cuenta que las fuerzas de los amortiguadores y la carga distribuida actúan sobre la viga inferior. Como el bastidor es simétrico y las cargas también entonces los momentos internos en la viga superior serán iguales.

### Carga repartida que actúa en la viga inferior

Se optó por utilizar un bastidor con dos vigas superiores y dos vigas inferiores, para las vigas inferiores se tiene la siguiente distribución de cargas.

**Figura 4. 30 DCL de las vigas inferiores**



**Fuente: Elaboración propia**

$$q = \frac{(p_c + C_u) \times 9.81 \frac{m}{s^2} \times f_s \times \psi}{l}$$

$$q = \frac{(550kg + 300kg) \times 9.81 \frac{m}{s^2} \times 7 \times 1.07}{1.7m} = 36738.45 \frac{N}{m}$$

### Cálculo de reacciones

$$Ra = \frac{q \times l}{2} = \frac{36738.45 \frac{N}{m} \times 1.7m}{2} = 31227.7 N$$

### Cálculos de momentos

$$Ma = \frac{q \times l^2}{12} = \frac{36738.45 \frac{N}{m} \times (1.7m)^2}{12} = 8847.9 Nm$$

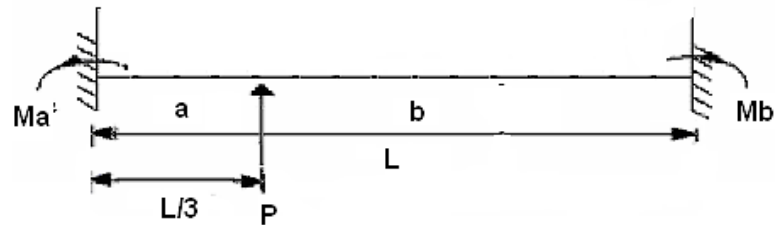
### Cálculos de momento máximo

$$M_{max} = \frac{q \times l^2}{24} = \frac{36738.45 \frac{N}{m} \times (1.7m)^2}{24} = 4423.9 Nm$$

Aplicando la acción de los resortes, pero sin carga distribuida

Se utilizará el método del libro Manual de resistencia de materiales de Pisarenko, cuya tabla de fórmulas para vigas hiperestáticas nos muestra lo siguiente en el capítulo 13, página 351.

**Figura 4. 31 Vigas hiperestáticas empotrada en ambos extremos**



**Fuente: Manual de resistencia de materiales (Pisarenko, y otros, 1979)**

Donde:

- a: 0.566m
- b: 1.133m
- L: 1.7m
- P: 8338.5 N

#### Cálculo de reacciones

$$Ra_1 = \frac{P \times b^2 \times (3a + b)}{L^3}$$

$$Ra_1 = \frac{8338.5 N \times (1.133m)^2 \times (3 \times 0.566m + 1.133m)}{(1.7m)^3} = 6167.9 N$$

$$Ra_2 = \frac{P \times a^2 \times (3b + a)}{L^3}$$

$$Ra_2 = \frac{8338.5 N \times (0.566m)^2 \times (3 \times 1.133m + 0.566m)}{(1.7m)^3} = 2155.8 N$$

#### Sumatoria de reacciones

$$R_t = Ra_1 + Ra_2 = 6167.9 N + 2155.8 N = 8323.7 N$$

### Cálculo de momentos

$$Ma_1 = P \times a \times \frac{b^2}{l^2}$$

$$Ma_1 = 8338.5 \text{ N} \times 0.566 \text{ m} \times \frac{(1.133 \text{ m})^2}{(1.7 \text{ m})^2} = 2096.4 \text{ Nm}$$

$$Ma_2 = P \times b \times \frac{a^2}{l^2}$$

$$Ma_2 = 8338.5 \text{ N} \times 1.133 \text{ m} \times \frac{(0.566 \text{ m})^2}{(1.7 \text{ m})^2} = 1047.3 \text{ Nm}$$

### Sumatoria de momentos

$$Mt = Ma_1 + Ma_2$$

$$Mt = 2096.4 \text{ Nm} + 1047.3 \text{ Nm} = 3143.7 \text{ Nm}$$

### Reacciones totales

De esta manera se procede a sumar las reacciones de los dos casos anteriores, se debe tener en cuenta las direcciones de las fuerzas ya que los sentidos son opuestos para ambos casos.

$$Rat = Ra + Rt = 31227.7 \text{ N} + (-8323.7 \text{ N}) = 22904 \text{ N}$$

### Momento máximo

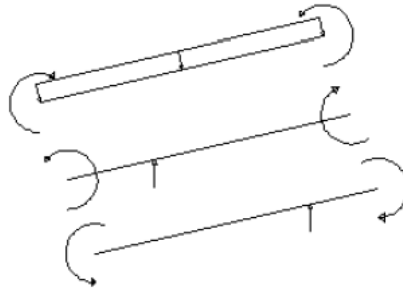
$$Mmax = 2p \frac{a^2 \times b^2}{l^3}$$

$$Mmax = 2 \times 8338.5 \text{ N} \frac{(0.566 \text{ m})^2 \times (1.133 \text{ m})^2}{(1.7 \text{ m})^3} = 1359.3 \text{ Nm}$$

### Momentos totales

Los momentos resultantes serán la suma de los momentos por medio del principio de superposición.

**Figura 4. 32 Sumatoria de momentos para la viga inferior**



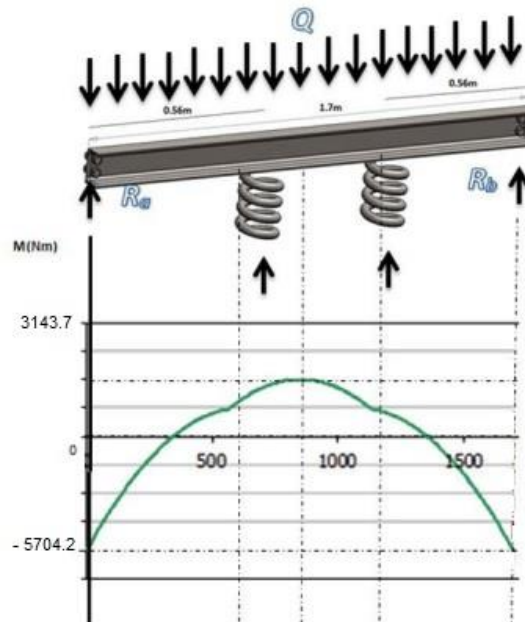
**Fuente: Elaboración propia**

**Momento transmitido al poste**

$$M_{at} = M_a + M_t$$

$$M_{at} = 8847.9 \text{ Nm} + (-3143.7 \text{ Nm}) = 5704.2 \text{ Nm}$$

**Figura 4. 33 Diagrama de momento flector**



**Fuente: Elaboración propia**

#### 4.6.9.4. Selección del material para las vigas del bastidor

En esta sección se tuvo que elegir el máximo esfuerzo de los tres casos anteriormente analizados que fueron a operación normal, con actuación del paracaídas y con el choque de los amortiguadores.

Acorde a los cálculos anteriores el máximo esfuerzo se dió en el primer caso a operación normal y se presentó para la viga superior con un momento de 12430 Nm.

Mediante la siguiente ecuación se calculó el módulo  $W_x$ :

$$\sigma_{crit} = \frac{M_{max}}{W_z} \leq \sigma_{adm}$$

Donde:

- $\sigma_{crit}$ : Límite crítico del material.
- $\sigma_{adm}$ : esfuerzo permisible del material.
- $M_{max}$ : Momento máximo.

Considerando que el esfuerzo permisible del acero ASTM A36 es 245 MPa, se procede a calcular el módulo  $W_x$ .

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

$$W_x = \frac{12430 \text{ Nm}}{245000000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}}$$

$$W_x = 5.07 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Con este valor de  $50.7 \text{ cm}^3$  y acorde a la tabla 4.13 se selecciona el perfil más adecuado, para este caso es el perfil UPN 120.

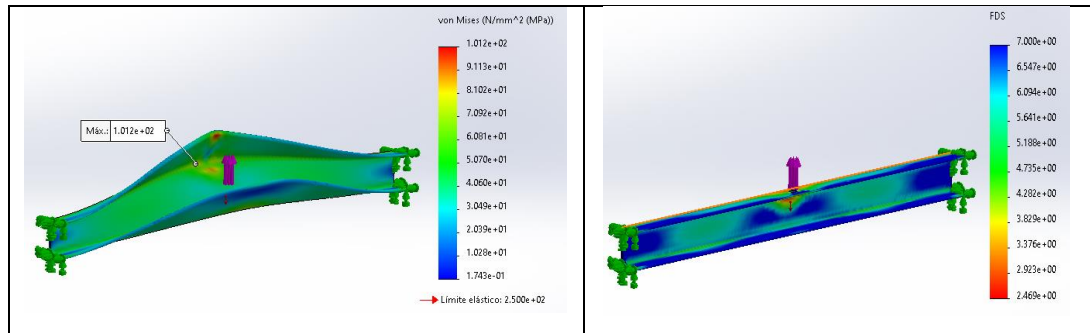
**Tabla 4. 13 Propiedades del perfil UPN 120**

DENOMINACIÓN	DIMENSIONES						PROPIEDADES					
	h	b	t	e	R	R1	ÁREA SECCIÓN cm <sup>2</sup>	PESOS kg/mts	INERCIA (cm <sup>4</sup> )		RESISTENCIA (cm <sup>3</sup> )	
	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>4</sup>			Eje x-x	Eje y-y	Eje x-x	Eje y-y
UPN 80	80	45	6.00	8.00	8.00	4.00	1.10	8.64	106.00	19.40	26.50	6.36
UPN 100	100	50	6.00	8.50	8.50	4.50	13.50	10.60	206.00	29.30	41.20	8.49
UPN 120	120	55	7.00	9.00	9.00	4.50	17.00	13.40	364.00	43.20	60.70	11.10
UPN 140	140	60	7.00	10.00	10.00	5.00	20.40	16.00	605.00	62.70	86.40	14.80
UPN 160	160	65	7.50	10.50	10.50	5.50	24.00	18.80	905.00	85.30	116.00	18.30
UPN 180	180	70	8.00	11.00	11.00	5.50	28.00	22.00	1350.00	114.00	150.00	22.40
UPN 200	200	75	8.50	11.50	11.50	6.00	32.20	25.30	1910.00	148.00	191.00	27.00
UPN 220	220	80	9.00	12.50	12.50	6.50	37.40	29.40	2690.00	197.00	245.00	33.60
UPN 240	240	85	9.50	13.00	13.00	6.50	42.30	33.20	3600.00	248.00	300.00	39.60
UPN 300	300	100	10.00	16.00	16.00	8.00	58.80	46.20	8030.00	495.00	535.00	67.80

**Fuente: DIPAC (DIPAC PRODUCTOS DE ACERO, 2020)**

Se comprueba el diseño de la viga superior del bastidor mediante la simulación en el programa SolidWorks 2020

Figura 4. 34 Simulación de la viga superior

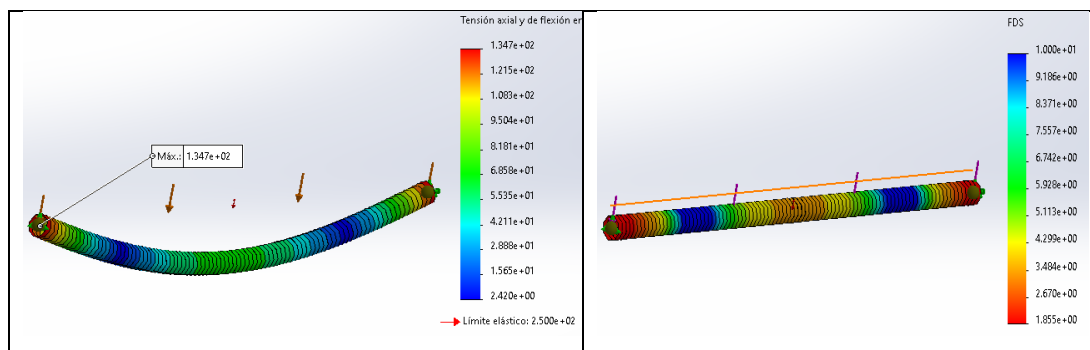


Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020

Acorde a la simulación podemos ver que la tensión máxima obtenida es de 101.2 MPa cuyo valor está por debajo de lo que puede resistir el acero ASTM A36 de 250 MPa, también se aprecia un factor de seguridad de 2.5, con esto se demuestra que la estructura no va a fallar.

Se comprueba el diseño de la viga inferior del bastidor mediante la simulación en el programa SolidWorks 2020

Figura 4. 35 Simulación de la viga inferior



Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020

Acorde a la simulación podemos ver que la tensión máxima obtenida es de 134.5MPa cuyo valor está por debajo de lo que puede resistir el acero ASTM A36 de 250 MPa, el factor de seguridad es de 1.9, con esto se demuestra que la estructura no va a fallar.



#### 4.6.9.5. Selección de material para las columnas del bastidor

Al igual que para las vigas se procedió a calcular el módulo  $M_x$  mediante la siguiente fórmula, teniendo en cuenta que el valor del  $M_{max}$  es 12430 Nm y el esfuerzo admisible es de 245 MPa.

$$W_x = \frac{M_{max}}{\sigma_a} = \frac{12430 \text{ Nm}}{245000000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 5.07 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Con este valor de  $50.7 \text{ cm}^3$  y teniendo en cuenta la tabla 4.14 se selecciona el perfil más adecuado para las columnas que es el perfil UPN 120.

**Tabla 4. 14 Propiedades del perfil UPN 120**

DENOMINACIÓN	DIMENSIONES						PROPIEDADES					
	h	b	t	e	R	R1	ÁREA SECCIÓN	PESOS	INERCIA (cm <sup>4</sup> )		RESISTENCIA (cm <sup>3</sup> )	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/mts	Eje x-x	Eje y-y	Eje x-x	Eje y-y
UPN 80	80	45	6.00	8.00	8.00	4.00	1.10	8.64	106.00	19.40	26.50	6.36
UPN 100	100	50	6.00	8.50	8.50	4.50	13.50	10.60	206.00	29.30	41.20	8.49
UPN 120	120	55	7.00	9.00	9.00	4.50	17.00	13.40	364.00	43.20	60.70	11.10
UPN 140	140	60	7.00	10.00	10.00	5.00	20.40	16.00	605.00	62.70	86.40	14.80
UPN 160	160	65	7.50	10.50	10.50	5.50	24.00	18.80	905.00	85.30	116.00	18.30
UPN 180	180	70	8.00	11.00	11.00	5.50	28.00	22.00	1350.00	114.00	150.00	22.40
UPN 200	200	75	8.50	11.50	11.50	6.00	32.20	25.30	1910.00	148.00	191.00	27.00
UPN 220	220	80	9.00	12.50	12.50	6.50	37.40	29.40	2690.00	197.00	245.00	33.60
UPN 240	240	85	9.50	13.00	13.00	6.50	42.30	33.20	3600.00	248.00	300.00	39.60
UPN 300	300	100	10.00	16.00	16.00	8.00	58.80	46.20	8030.00	495.00	535.00	67.80

Fuente: DIPAC (DIPAC PRODUCTOS DE ACERO, 2020)

Se comprobó calculando el factor de seguridad mediante la siguiente ecuación:

$$S_x = \frac{M_{max} \times C}{I}$$

Donde:

- $M_{max}$ : Momento máximo en Nm.
- $C$ : Distancia del eje muerto a la superficie más alejada del perfil en m (ver tabla 4.15).
- $I$ : Momento de inercia respecto al eje x en  $\text{m}^4$ .

$$S_x = \frac{12430 \text{ Nm} \times 0.055 \text{ m}}{3.64 \times 10^{-6} \text{ m}^4} = 187.8 \text{ MPa}$$

**Esfuerzo de tensión máxima**

$$\tau_{max} = \frac{S_x}{2} = \frac{187.8 \text{ MPa}}{2} = 93.9 \text{ MPa}$$

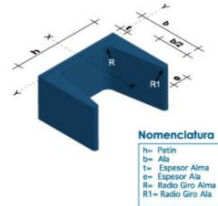
**Factor de seguridad**

$$\eta = \frac{245 \times 10^6 Pa}{\tau_{max}} = \frac{245 \times 10^6 Pa}{93.9 \times 10^6 Pa} = 2.61$$

**Tabla 4. 15 Propiedades y dimensiones del perfil UPN 120**

*I= Momento de Inercia W=Momento de resistencia R= Radio de Inercia, siempre referido al eje de flexión correspondiente.*

UPN	Dimensiones (mm)						Área cm <sup>2</sup>	Peso Kg/m	Momento respecto a los ejes			
	h	b	s	t	r1	r2			EJE X-X		EJE Y-Y	
									Ixcm <sup>4</sup>	Wx cm <sup>3</sup>	Iy cm <sup>4</sup>	Wy cm <sup>3</sup>
120	120	55	7	9	9	4.5	17	13.4	364	43.2	43.2	11.10

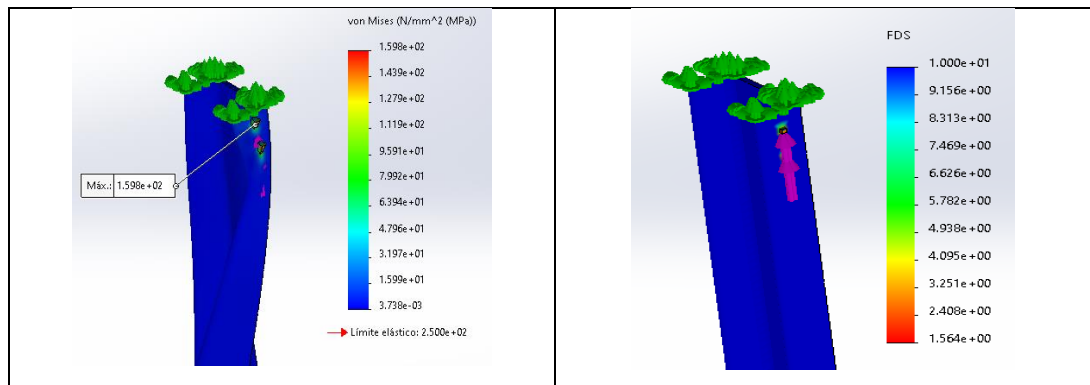


**Fuente: DIPAC (DIPAC PRODUCTOS DE ACERO, 2020)**

Por lo que garantizamos que el perfil UPN 120 se encuentra correctamente seleccionado.

**Se comprueba el diseño de las columnas del bastidor mediante la simulación en el programa SolidWorks 2020**

**Figura 4. 36 Simulación de las columnas**



**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Acorde a la simulación podemos ver que la tensión máxima obtenida es de 159.8MPa cuyo valor está por debajo de lo que puede resistir el acero

ASTM A36 de 250MPa, el factor de seguridad es 1.6, con esto se demuestra que la estructura no va a fallar.

#### 4.6.10. Desarrollo de juntas soldadas del bastidor para la cabina

En esta sección se utilizó el método del Libro de “Diseño de Máquinas” que utilizan los procedimientos recomendados por la American Welding Society (AWS).

#### Selección del tipo de electrodo

“Cuando se sueldan aceros de aleación, es necesario hacer coincidir la resistencia del electrodo con la resistencia de la placa” (Hall, y otros, 1971, p. 301).

El límite de tracción del acero ASTM A36 está en el rango de 400MPa a 550 MPa que se utilizó en los perfiles UPN del bastidor, y según la tabla 4.16 de soldadura para aceros ASTM A36 el electrodo 7018 es el adecuado por las siguientes características:

- Resistencia a la tracción de 480MPa (70000 lb/plg<sup>2</sup>).
- Se puede soldar en todas las posiciones.
- Con un arco medio y una penetración media de 8.

**Tabla 4. 16 Electrodo recomendados por Indura para soldar principales aceros CAP**

Norma	Grado	Requerimiento mín. metal de aporte (1)	Electrodo INDURA
NCh 203 of. 77	A37-24 ES A42-27 ES	SMAW - electrodo revestido A5.1 (2) E60XX, E70XX A5.5 (3) E70XX-X	SMAW - electrodo revestido INDURA 6010,6011, 7010, 7018,7024 INDURA 7010-A1, 7018-A1
ASTM A36 M-05	-		
ASTM A53 M-05	B		
ASTM A283 M-03	A,B,C		
NCh 215 of. 79	A37-21 ES A42-25 ES	SAW - arco sumergido A5.17 (4) F8XX-E00X, F8XX-EC00X F7XX-E00X, F7XX-EC00X A5.23 (5) F7XX-E00X-XX F7XX-EC00X-XX	SAW - arco sumergido EL12-H400 (F7A0-EL12) EM12K-H400 (F7A2-EM12K)
SAE J403H Nov. 2001	1005 1006 1008 1010 1015		

**Fuente: Manual de sistemas y materiales de soldadura (INDURA PERU S.A., 2020)**

Con esto se cumple la recomendación dada por el libro de “Diseño de Máquinas” de igualar la resistencia de la placa con la del electrodo.

#### Cálculo de la soldadura

Primero se especifica el tipo de carga al que estará sometido el filete de soldadura.

Para este caso se tiene que el peso que soportarán las juntas soldadas será igual a la suma del peso de la cabina más la carga útil.

- Peso de la cabina (sin considerar el bastidor): 356kg.
- Carga máxima: 300kg.

$$M = 356kg + 300kg = 656kg$$

$$P = 656kg \times 9.81 \frac{N}{kg} = 6435.36 N$$

Se procedió al cálculo del módulo de la sección de soldadura.

“Cuando ocurre flexión o torsión, el procedimiento seguido para analizar la soldadura consiste en considerar esta como una línea que no tiene sección transversal” (Hall, y otros, 1971).

#### Carga producida por la flexión

$$f = \frac{M}{z_w}$$

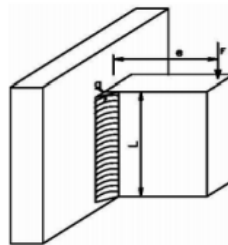
Donde:

- $f$ : Carga por pulgada de soldadura.
- $M$ : Momento de flexión (lb/pul).
- $z_w$ : Módulo de flexión de soldadura considerada como una línea dada en  $plg^2$ .

#### Momento flector

Como se puede apreciar en la figura 4.37, tiene un ejemplo de la fuerza que produce un momento sobre una placa.

**Figura 4. 37 Fuerza que produce momento flector sobre una placa**



**Fuente: Elaboración propia**

La longitud que tendrá cada barra será de 0.60m según el diseño. Por lo tanto, se procedió a calcular el momento mediante la siguiente ecuación:

$$M = F x e = 6435.36 \text{ N} \times 0.60 \text{ m} = 3861.22 \text{ Nm}$$

El módulo de la sección considerada como una línea según la tabla 4.17 tiene la siguiente ecuación:

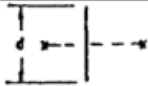
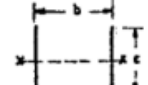
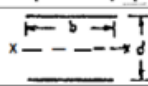
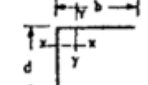
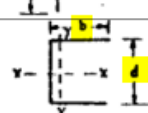
$$z_w = bd + \frac{d^2}{3}$$

Donde:

- $b$  Espesor de la plancha (1pulg).
- $d$  Altura de 0.12m (ver tabla 4.15 para perfil UPN 120).

$$z_w = 0.0254\text{m} \times 0.12\text{m} + \frac{(0.12\text{m})^2}{3} = 0.0078 \text{ m}^2$$

**Tabla 4. 17 Propiedades de una soldadura considerada como una línea**

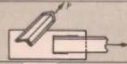
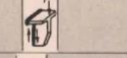
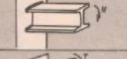

Bosquejo de la Junta Soldada	Flexión Alrededor del Eje x-x	Torsión
	$Zx = \frac{d^2}{6}$	$Jx = \frac{d^3}{12}$
	$Zx = \frac{d^2}{3}$	$Jx = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
	$Zx = bd$	$Jx = \frac{b^3 + 3bd^2}{6}$
	$Zx = \frac{4bd + d^2}{6}$	$Jx = \frac{(b + d)^4 - 6b^2d^2}{12(b + d)}$
	$Zx = bd + \frac{d^2}{3}$	$Jx = \frac{(2b + d)^3}{12} - \frac{b^2(b + d)^2}{(2b + d)}$

**Fuente: Diseño de Maquinas (Hall, y otros, 1971)**

Aplicando la ecuación debido a la carga por flexión (tabla 4.18):

$$f = \frac{M}{z_w} = \frac{3861.22 \text{ Nm}}{0.0078 \text{ m}^2} = 495028.21 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

**Tabla 4. 18 Tipo de carga para la soldadura**

Tipo de carga	Fórmulas de diseño patrones	Considerando la soldadura como una línea
	Esfuerzo psi	Fuerza lb/pol
Soldaduras primarias transmite toda la carga		
	tracción o compresión	$s = \frac{P}{A}$ $f = \frac{P}{L_w}$
	de corte vertical	$s = \frac{V}{A}$ $f = \frac{V}{L_w}$
	flexión	$s = \frac{M}{Z}$ $f = \frac{M}{Z_w}$
	torsión	$s = \frac{TC}{J}$ $f = \frac{TC}{L_w}$

**Fuente: Diseño de Maquinas (Hall, y otros, 1971)**

### Fuerza de corte media

Es la fuerza que soportará toda la longitud de la soldadura; por lo que corresponde a la siguiente fórmula para corte vertical (tabla 4.18):

$$f_m = \frac{V}{L_w}$$

Donde:

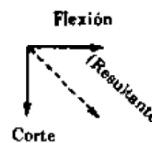
- $V$ : Carga vertical de corte.
- $L_w$ : Longitud de soldadura por ambos lados (0.12m + 0.12m).

$$f_m = \frac{6435.36 \text{ N}}{0.12 \text{ m} + 0.12 \text{ m}} = 26814 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

### Fuerza máxima

Es la suma vectorial de las fuerzas de corte de la carga debido a la flexión.

**Figura 4. 38 Resultante de la suma vectorial**



**Fuente: Elaboración propia**

La resultante esta dado por la siguiente ecuación:

$$f_{max} = \sqrt{f_m^2 + f^2} = \sqrt{\left(26814 \frac{\text{N}}{\text{m}}\right)^2 + \left(495028.21 \frac{\text{N}}{\text{m}}\right)^2} = 495753.9 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

“El diseño de un filete de soldadura sometido a una carga variable utiliza un valor de seguridad de resistencia a la fatiga de 8780 lb/pulg de soldadura empleado en el diseño de puentes según la recomendación de AWS” (Hall, y otros, 1971).

### Resistencia a la fatiga

La fatiga se deberá de tener muy en cuenta en el diseño de estructuras ya que soportarán cargas que se repiten en un determinado ciclo como es en el caso del estudio, tomando en cuenta estas consideraciones se decidió analizar el diseño de estas vigas rectangulares (planchas) del bastidor para una cantidad de 10000000 de ciclos.

### Coeficiente K

“Los valores que se dan para el coeficiente:  $K = 1$  para carga constante,  $K = -1$  para carga totalmente invertida (esto considerando que es un elevador y que su sentido varía de arriba hacia abajo y viceversa),  $K = 0$  para carga libre (la carga sólo es un sentido)” (Hall, y otros, 1971).

Resistencia de fatiga permisible para soldaduras de filete se da por la siguiente ecuación para un valor de  $k=-1$ :

$$f_{2000000} = \frac{5090}{1 - \frac{1}{2} k} = \frac{5090}{1 - \frac{1}{2} (-1)} = 3390.3 \frac{lb}{pul}$$

La resistencia a la fatiga se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$f_a = f_b \left( \frac{N_b}{N_a} \right)^c$$

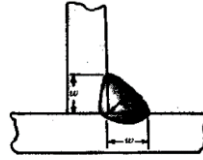
Donde:

- $f_a$  Resistencia a la fatiga para  $N_a$  ciclos (10000000).
- $f_b$  Resistencia a la fatiga para  $N_b$  ciclos (2000000).
- $c$  Constante que varía con el tipo de soldadura, 0.13 para soldaduras a tope.

$$f_{10000000} = 3390.3 \frac{lb}{pul} \left( \frac{2000000}{10000000} \right)^{0.13} = 2750.3 \frac{lb}{pul} \cong 482337 \frac{N}{m}$$

### Dimensión de la soldadura

**Figura 4. 39 Soldadura en filete con dimensiones iguales**



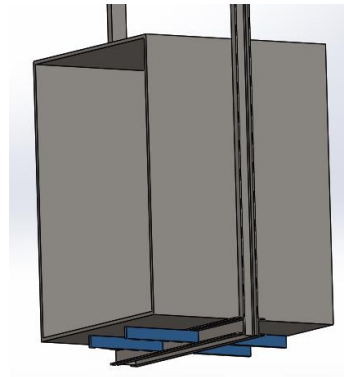
**Fuente: Diseño de Maquinas (Hall, y otros, 1971)**

Dimensiones de la soldadura (w).

$$w = \frac{f_{max}}{f_{ciclos}} = \frac{495753.9 \frac{N}{m}}{482337 \frac{N}{m}} = 1.02 \approx 1''$$

Se llegó a determinar que la soldadura tendrá una dimensión  $w=1''$  soldadura en filete con electrodo E7018 para un ciclo de  $10^7$ . En el cual se usará 4 planchas de  $0.084m \times 0.60m \times 1''$ .

**Figura 4. 40 Posición de las planchas soldadas al bastidor**



**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

### **Cálculo del esfuerzo permisible**

La carga paralela permisible por pulgada de soldadura se determina bajo la siguiente ecuación:

$$F_{all} = S_{all} \times A = S_{all} (0.707 w)$$

Donde:

- $S_{all}$ : esfuerzo cortante permisible (13600 psi).
- $A$ : área de la sección de la garganta a  $45^\circ$  de  $1''$  igual a  $0.707w$ .



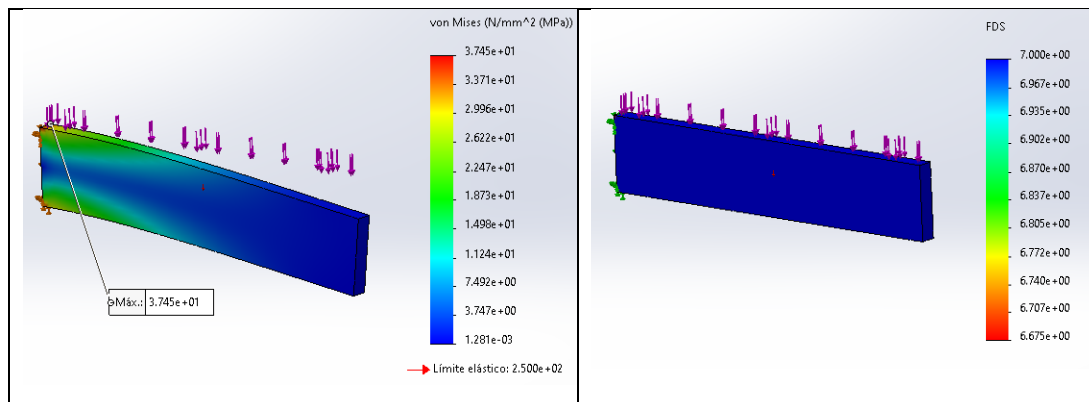
- W: longitud del lado (1 pulg).

$$F_{all} = 13600 \frac{lb}{plg^2} (0.707 \times 1 \text{ plg}) = \left(1686460.1 \frac{N}{m}\right) \cong 9615.2 \frac{lb}{plg}$$

Con este cálculo se garantiza que la unión soldada no cederá porque la fuerza máxima a aplicarse será de  $495753.9 \frac{N}{m}$  que es un valor mucho menor al esfuerzo permisible de  $1686460.1 \frac{N}{m}$ .

**Se comprueba el diseño de la soldadura para las planchas del bastidor mediante la simulación en el programa SolidWorks 2020**

**Figura 4. 41 Simulación de la junta soldada**



**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Con la simulación se demuestra que valor de tensiones máximo es de 37.45 MPa está por debajo a la tensión máxima del electrodo 7018 propuesto para el diseño que tiene un valor de 480MPa, además el factor de seguridad es de 6.7, por lo tanto, se comprueba mediante simulación que el diseño de las juntas es correcto.

#### 4.6.11. Diseño del bastidor para el contrapeso.

Anteriormente se proporcionó una ecuación acorde a lo que contempla la norma EN81 para calcular el peso del contrapeso de la siguiente manera:

$$P_{cp} = P_c + 0.5 C_u$$

Donde:

- Peso de cabina ( $P_c$ ): 550 kg.

- Carga útil (Cu): 300 kg.

$$P_{cp} = 550 \text{ Kg} + 0.5 (300 \text{ Kg}) = 700 \text{ Kg}$$

#### 4.6.11.1. Dimensiones del bastidor del contrapeso.

Se proponen las siguientes dimensiones para el diseño:

- Alto: 1.3 m.
- Ancho: 1.2 m.

#### 4.6.11.2. Cálculo del bastidor del contrapeso

Para este caso no fue necesario el uso de paracaídas por lo que se va a evaluar las cargas para el primer caso ya antes planteado, funcionamiento a operación normal. Por lo tanto, comprobaremos si el uso del perfil UPN 80 es el adecuado para la viga superior como inferior.

#### Funcionamiento normal

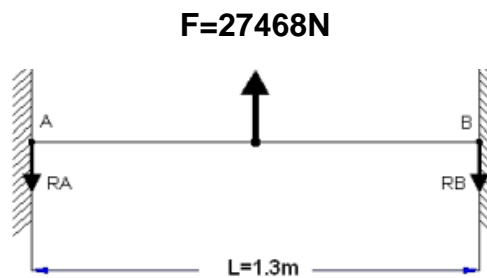
#### Cálculo de la fuerza de subida o ascenso (Fasc)

Será igual al peso del contrapeso multiplicado por un factor de seguridad igual a 4 por recomendación de la norma EN.81.

$$F_{asc} = P_{cp} \times f_s = 700 \text{ Kg} \times 4 = 2800 \text{ kg} \times \frac{9.81 \text{ N}}{1 \text{ Kg}} = 27468 \text{ N}$$

#### Viga superior

Figura 4. 42 DCL para la viga superior



Fuente: Elaboración propia

#### Cálculo de las reacciones

$$R_a = \frac{F_{asc}}{2} = \frac{27468 \text{ N}}{2} = 13734 \text{ N} = 3086.47 \text{ lb}$$

Dejamos calculado la fuerza en libras porque para el cálculo de los pernos del contrapeso lo vamos a necesitar.

### Cálculo del momento flector

$$M_a = \frac{F \times L}{8} = \frac{27468 \text{ N} \times 1.3 \text{ m}}{8} = 4463.6 \text{ Nm}$$

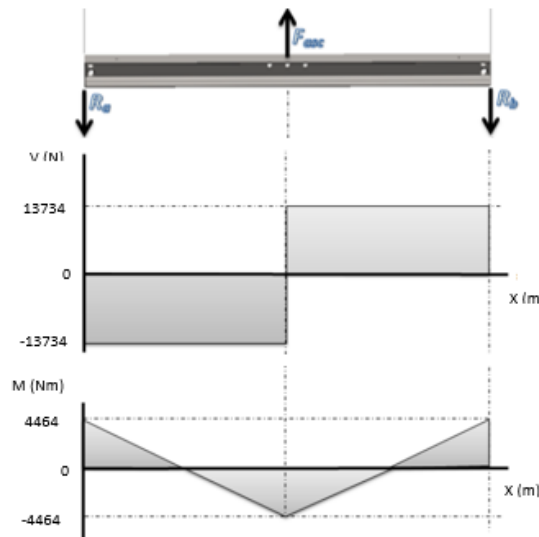
### Cálculo del momento máximo

$$z = \frac{L}{2} = \frac{1.3 \text{ m}}{2} = 0.65 \text{ m}$$

$$M_{max} = \frac{1}{8} \times F(3l - 4Z)$$

$$M_{max} = \frac{1}{8} \times 27468 \text{ N} (3 \times 1.3 \text{ m} - 4 \times 0.65 \text{ m}) = 4463.6 \text{ Nm}$$

**Figura 4. 43 Diagrama de Fuerza cortante y Momento flector**



**Fuente: Elaboración propia**

#### 4.6.11.3. Selección del material para el bastidor del contrapeso.

##### Valor del módulo $W_x$

$$w_x = \frac{M_{max}}{\sigma_{adm}} = \frac{4464 \text{ Nm}}{245000000 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}} = 1.82 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

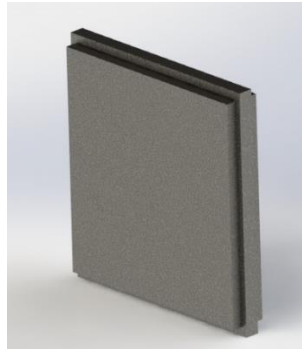
Con el valor de 18.2 cm<sup>3</sup> vamos a la tabla 4.19 y seleccionamos el Perfil UPN 80 ya que tiene un valor  $W_x$  de 26.50 cm<sup>3</sup> superior al calculado.

**Tabla 4. 19 Propiedades del perfil UPN 80**

DENOMINACIÓN	DIMENSIONES						PROPIEDADES					
	h	b	t	e	R	R1	AREA SECCIÓN	PESOS	INERCIA (cm <sup>4</sup> )		RESISTENCIA (cm <sup>2</sup> )	
	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>2</sup>	kg/mts	Eje x-x	Eje y-y	Eje x-x	Eje y-y
UPN 80	80	45	6.00	8.00	8.00	4.00	1.10	8.64	106.00	19.40	28.50	6.36
UPN 100	100	50	6.00	8.50	8.50	4.50	13.50	10.60	206.00	29.30	41.20	8.49
UPN 120	120	55	7.00	9.00	9.00	4.50	17.00	13.40	364.00	43.20	60.70	11.10
UPN 140	140	60	7.00	10.00	10.00	5.00	20.40	16.00	605.00	62.70	86.40	14.80
UPN 160	160	65	7.50	10.50	10.50	5.50	24.00	18.80	905.00	85.30	116.00	18.30
UPN 180	180	70	8.00	11.00	11.00	5.50	28.00	22.00	1350.00	114.00	150.00	22.40
UPN 200	200	75	8.50	11.50	11.50	6.00	32.20	25.30	1910.00	148.00	191.00	27.00
UPN 220	220	80	9.00	12.50	12.50	6.50	37.40	29.40	2690.00	197.00	245.00	33.60
UPN 240	240	85	9.50	13.00	13.00	6.50	42.30	33.20	3600.00	248.00	300.00	39.60
UPN 300	300	100	10.00	16.00	16.00	8.00	58.80	46.20	8030.00	495.00	535.00	67.80

Fuente: DIPAC (DIPAC PRODUCTOS DE ACERO, 2020)

**Figura 4. 44 Bastidor del contrapeso**



Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020

#### 4.6.11.4. Peso a transportar por el contrapeso

Cálculo del peso de la estructura del contrapeso

- Peso de UPN 80: 8.64 Kg/m (tabla 4.19).
- Longitud utilizada: 5m.

$$P_{est} = P_{perfil} \times longitud = 8.64 \frac{Kg}{m} \times 5 m = 43.2 Kg$$

#### Cálculo de la masa a transportar

$$M_{tr} = P_{cp} - P_{est} = 700 Kg - 43.2 Kg = 656.8 Kg$$

Se decide utilizar un bloque de concreto para la masa del contrapeso debido a que este material es más económico que el acero para este caso.

#### 4.6.11.5. Cálculo del bloque de concreto

“El concreto convencional, empleado normalmente en pavimentos, edificios y en otras estructuras tiene un peso unitario dentro del rango de

2240 y 2400 Kg por metro cúbico (Kg/m<sup>3</sup>)” (ASTM INTERNACIONAL C138, 2014)

Vamos a considerar las siguientes dimensiones del bloque:

- Alto: 1.20 m
- Ancho: 1.14 m
- Espesor: 0.20 m

#### **Cálculo el volumen**

$$Vol = \text{Área} \times \text{espesor} = 1.20 \text{ m} \times 1.14 \text{ m} \times 0.20 \text{ m} = 0.274 \text{ m}^3$$

#### **Cálculo del peso del bloque**

$$Peso = Vol \times \text{densidad} = 0.274 \text{ m}^3 \times 2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 657 \text{ Kg}$$

Se demuestra que el bloque de concreto de la dimensión 1.20m x 1.14m x 0.20m y de masa 657kg será el adecuado para el diseño.

#### 4.6.12. Cálculo de pernos.

“Para cargas variables el perno debe diseñarse para fatiga” (Hall, y otros, 1971, p. 157). Tomaremos esta recomendación para el diseño de pernos.

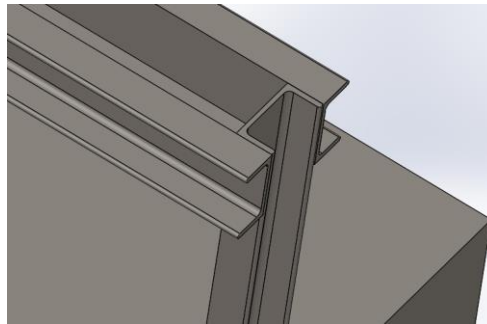
##### 4.6.12.1. Cálculo de los pernos para el bastidor de cabina

Para el cálculo de pernos se evaluó por fatiga esto debido a las cargas variables que están presentes en el sistema.

Los cálculos se realizaron acorde al procedimiento desarrollado por Shigley en su libro “Diseño en Ingeniería Mecánica”, por lo que las unidades están en el sistema inglés y se tuvo que realizar las conversiones respectivas.

Como datos se consideró importante el calcular el espesor del perfil usado en el diseño del bastidor lo cual se extrajo de tablas y se tiene lo siguiente: Longitud de agarre fue de 16mm (0.63pulg), ya que el perfil UPN 120 tiene como espesor de alma igual a 7mm y 9mm como espesor de ala (ver tabla 4.15) por lo que se propone una longitud de perno de 1” 1/2 de largo.

**Figura 4. 45 Unión de vigas y columna para el bastidor de la cabina**



**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

La fuerza de cizallamiento que se consideró para el diseño de los pernos, fue la más crítica calculada en el apartado del cálculo para las vigas del bastidor de la cabina, exactamente para la viga inferior y para el caso de la actuación del paracaídas que tuvo un valor de 31227.7 N (7016.7 lb).

Para inicio del cálculo se optó por un diámetro de perno de  $\frac{3}{4}$ " (19 mm) de acero AISI 1020 que según la tabla 4.20 tiene un esfuerzo de fluencia 205 MPa (29700 Psi), esfuerzo máximo 380Mpa (55100 Psi), módulo de elasticidad 205GPa (29700Ksi).

Siendo el factor de seguridad para este diseño igual a 3.

**Tabla 4. 20 Características del acero AISI 1020**

<b>ACERO ASI-SAE 1020 (UNS G10200)</b>	
<b>1. Descripción:</b>	acero de mayor fortaleza que el 1018 y menos fácil de conformar. Responde bien al trabajo en frío y al tratamiento térmico de cementación. La soldabilidad es adecuada. Por su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para elementos de maquinaria.
<b>2. Normas involucradas:</b>	ASTM A108
<b>3. Propiedades mecánicas:</b>	Dureza 111 HB Esfuerzo de fluencia 205 MPa (29700 PSI) Esfuerzo máximo 380 MPa (55100 PSI) Elongación 25% Reducción de área 50% Módulo de elasticidad 205 GPa (29700 KSI) Maquinabilidad 72% (AISI 1212 = 100%)

**Fuente: Acero Grado Maquinaria (ACERO GRADO MAQUINARIA, 2020)**

### Cálculo de la constante de rigidez del perno

Shigley en su libro “Diseño en Ingeniería Mecánica”, proporciona la siguiente ecuación para calcular la constante de rigidez del perno:

$$kb = \frac{A \cdot E}{L}$$

Donde:

- A: Área del diámetro nominal (3/4pulg).
- E: Módulo de elasticidad (29700Kpsi).
- L: Agarre o espesor total de las piezas a sujetarse 16mm (0.63pulg).

$$kb = \frac{A \times E}{l} = \frac{\pi \times d^2 \times E}{4 \times l}$$
$$kb = \frac{\pi \times (0.75 \text{ plg})^2 \times 29700000 \text{ psi}}{4 \times 0.63 \text{ plg}}$$
$$kb = 3.647 \times 10^9 \frac{N}{m} \cong \left( 2.083 \times 10^7 \frac{lb}{plg} \right)$$

### Cálculo de la rigidez de los miembros de la junta atornillada

Mediante la siguiente ecuación se calculó la rigidez:

$$km = \frac{\pi \times E \times d}{2 \times Ln \left[ 5 \times \left( \frac{l + 0.5 \times d}{l + 2.5 \times d} \right) \right]}$$

Donde:

- E: Módulo de elasticidad (29700Kpsi).
- l: Agarre o espesor total de las piezas a sujetarse 16mm (0.63pulg).
- d: Diámetro del perno (0.75pulg).

$$km = \frac{\pi \times 29700000 \text{ psi} \times 0.75 \text{ plg}}{2 \times Ln \left[ 5 \times \left( \frac{0.63 \text{ plg} + 0.5 \times 0.75 \text{ plg}}{0.63 \text{ plg} + 2.5 \times 0.75 \text{ plg}} \right) \right]} = 8.801 \times 10^9 \frac{N}{m}$$
$$\approx \left( 5.026 \times 10^7 \frac{lb}{plg} \right)$$

### Cálculo de la fuerza de precarga (tensión inicial del perno)

Mediante la siguiente ecuación se calculó el esfuerzo medio y alternante del perno.

$$f_i = At \times Sut - \frac{CnP}{2} \times \left( \frac{Sut}{Se} + 1 \right)$$

Donde:

- $At$ : Área de esfuerzo de tensión en pulgadas.
- $C$ : Constante de rigidez.
- $Sut$ : Resistencia en fluencia.
- $n$ : Factor de seguridad igual a 3.
- $P$ : Carga exterior igual a 7016.7 lb.
- $Se$ : Límite de fatiga axial.

### Cálculo de la constante “C”

Por medio de la siguiente ecuación se relaciona la rigidez de los pernos con la junta atornillada.

$$c = \frac{kb}{kb + km} = \frac{2.083 \times 10^7 \frac{lb}{plg}}{2.083 \times 10^7 \frac{lb}{plg} + 5.026 \times 10^7 \frac{lb}{plg}} = 0.295$$

Según la tabla 4.21 se obtiene el valor del área de esfuerzo de tensión para un perno de  $\frac{3}{4}$ ", 0.00021548m<sup>2</sup> ( $At=0.334$  plg<sup>2</sup>).

**Tabla 4. 21 Diámetros y área de roscas unificadas de tornillo UNC y UNF**

Designación de tamaño	Diámetro mayor nominal	Serie gruesa-UNC		Serie fina-UNF			
		Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , pulg <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_s$ , pulg <sup>2</sup>	Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , pulg <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_s$ , pulg <sup>2</sup>
0	0.0600				80	0.001 80	0.001 51
1	0.0750	64	0.002 63	0.002 18	72	0.002 78	0.002 37
2	0.0860	56	0.003 70	0.003 10	64	0.003 94	0.003 39
3	0.0990	48	0.004 87	0.004 06	56	0.005 23	0.004 51
4	0.1120	40	0.006 04	0.004 96	48	0.006 61	0.005 66
5	0.1250	40	0.007 96	0.006 72	44	0.008 80	0.007 16
6	0.1380	32	0.009 09	0.007 45	40	0.010 15	0.008 74
8	0.1640	32	0.014 0	0.011 96	36	0.014 74	0.012 85
10	0.1900	24	0.017 5	0.014 50	32	0.020 0	0.017 5
12	0.2160	24	0.024 2	0.020 6	28	0.025 8	0.022 6
$\frac{1}{8}$	0.2500	20	0.031 8	0.026 9	28	0.036 4	0.032 6
$\frac{3}{16}$	0.3125	18	0.052 4	0.045 4	24	0.058 0	0.052 4
$\frac{1}{4}$	0.3750	16	0.077 5	0.067 8	24	0.087 8	0.080 9
$\frac{5}{16}$	0.4375	14	0.106 3	0.093 3	20	0.118 7	0.109 0
$\frac{3}{8}$	0.5000	13	0.141 9	0.125 7	20	0.159 9	0.148 6
$\frac{7}{16}$	0.5625	12	0.182	0.162	18	0.203	0.189
$\frac{1}{2}$	0.6250	11	0.226	0.202	18	0.256	0.240
$\frac{9}{16}$	0.7500	10	0.334	0.302	16	0.373	0.351
$\frac{5}{8}$	0.8750	9	0.462	0.419	14	0.509	0.480
1	1.0000	8	0.606	0.551	12	0.663	0.625
$1\frac{1}{8}$	1.2500	7	0.969	0.890	12	1.073	1.024
$1\frac{1}{2}$	1.5000	6	1.405	1.294	12	1.581	1.521









\* Esta tabla se compiló de la norma ANSI B1.1-1974. El diámetro menor se determinó mediante la ecuación:  $d_s = d - 1.299103p$  y el diámetro de paso a partir de  $d_s = d - 0.649519p$ . Para calcular el área de esfuerzo de tensión se usaron la media del diámetro de paso y el diámetro menor.

Fuente: DISEÑO DE INGENIERIA MECÁNICA (Shigley, y otros, 2012)



Acorde con la tabla 4.22 se obtiene el valor de resistencia de fluencia (Sut) es de 130Kpsi para acero de grado 8.

**Tabla 4. 22 Especificaciones SAE para pernos de acero**

Grado SAE num.	Intervalo de tamaños, inclusive, pulg	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
1	$\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo o medio carbono	
2	$\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	55 33	74 60	57 36	Acero de bajo o medio carbono	
4	$\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero de medio carbono, estirado en frío	
5	$\frac{1}{4}$ a 1 $1\frac{1}{2}$ a $1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero de medio carbono, T y R	
5.2	$\frac{1}{4}$ a 1	85	120	92	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
7	$\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Acero de aleación de medio carbono, T y R	
<b>8</b>	$\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	120	150	<b>130</b>	Acero de aleación de medio carbono T y R	
8.2	$\frac{1}{4}$ a 1	120	150	130	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	

\* Las resistencias mínimas son resistencias que exceden 99 por ciento de los sujetadores.

**Fuente: DISEÑO DE INGENIERIA MECÁNICA (Shigley, y otros, 2012)**

### Cálculo del límite de fatiga axial

“Esta ecuación da como resultado los límites de fatiga, aproximadamente en 50% de la resistencia última para casos de baja resistencia, pero menores que este valor, para aceros de alta resistencia” (Shigley, y otros, 2012).

$$Se' = 19.2 + 0.314 \times Suc$$

$$Se' = 19.2 + 0.314 \times 130 \text{ Kpsi} = 413.823 \text{ Mpa} \approx (60.02 \text{ Kpsi})$$

Seguidamente se realizó la corrección por concentración de esfuerzo, de la tabla 4.23 se seleccionó el kf igual a 3 para roscas laminadas.

$$ke = \frac{1}{kf} = \frac{1}{3} = 0.333$$

**Tabla 4. 23 Factores de concentración del esfuerzo de fatiga Kf de elementos roscados**

Grado SAE	Grado métrico	Roscas laminadas	Roscas cortadas	Filete
0 a 2	3.6 a 5.8	2.2	2.8	2.1
4 a 8	6.6 a 10.9	<b>3.0</b>	3.8	2.3

**Fuente: DISEÑO DE INGENIERIA MECÁNICA (Shigley, y otros, 2012)**

Con ayuda de la ecuación anterior se encontró el límite de fatiga para un tornillo con carga axial.

$$Se = Se' \times ke$$

$$Se = 60.02 Kpsi \times 0.333 = 137.94 Mpa (20.007 Kpsi)$$

De esta manera se aplicó la fuerza de precarga y se obtuvo la ecuación de la fuerza de precarga (tensión inicial del perno), donde “N” es el número de pernos.

$$f_i = At \times Sut - \frac{CnP}{2 \times N} \times \left( \frac{Sut}{Se} + 1 \right)$$

Se consideró la utilización de 4 pernos, por lo que N es igual a 4.

$$f_i = 0.334 plg^2 \times 130000 \frac{lb}{plg^2} - \frac{0.295 \times 3 \times 7016.7 lb}{2 \times 4} \times \left( \frac{130 Ksi}{20.007 Ksi} + 1 \right)$$

$$f_i = 259.243 MPa (37.600 Ksi)$$

Seguidamente reemplazando valores para N=1,2,3,4,5 se obtuvo la siguiente tabla:

**Tabla 4. 24 Fuerza de precarga en relación al número de pernos**

<b>N</b>	1	2	3	4	5
<b>Fi (Ksi)</b>	8.8	26.13	35.66	37.60	38.76

**Fuente: Elaboración propia**

Teniendo en cuenta el siguiente criterio para la puesta en marcha del ascensor. Tanto para la vibración y el balanceo que producen pequeñas deformaciones y causan aplanamiento en los puntos salientes, también el polvo y la pintura reducen la precarga original. Entonces teniendo en cuenta estos criterios, el empleo de una precarga elevada es una de asegurar el diseño teniendo en cuenta estas posibles causas. Para tal motivo se sugirió que la precarga se encuentre entre el siguiente intervalo:

$$0.6 Fp \leq Fi \leq 0.9 Fp$$

De la tabla 4.22 se extrajo el valor de  $S_p = 120\text{Kpsi}$  para acero de grado 8 por lo tanto la carga de prueba teniendo en cuenta la ecuación anterior fue:

$$F_p = A_t \times S_p$$

$$F_p = 0.334 \text{ plg}^2 \times 120 \text{ Ksi} = 40.08\text{Ksi}$$

Con esta ecuación se obtuvo los límites superior e inferior de  $F_i$  (Fuerza de precarga).

$$0.6 F_p \leq F_i \leq 0.9 F_p$$

$$0.6 \times (40.08 \text{ Ksi}) \leq F_i \leq 0.9 \times (40.08 \text{ Ksi})$$

$$24.05 \text{ Ksi} \leq F_i \leq 36.07 \text{ Ksi}$$

$$f_i = 37.600 \text{ Ksi}$$

Con este resultado y con los valores de la tabla 4.24 se puede ver que es factible usar 2, 3 y 4 pernos por lo que se decidió usar por temas de seguridad 4 pernos de  $\frac{3}{4}$ " de acero AISI 1020 grado 8, con la cual se satisface la condición de la fuerza de precarga; los mismos que dispondrán de 2 pernos a cada extremo de las vigas para la sujeción con las columnas, Seguidamente, se comprobó la posibilidad de la falla estática mediante la siguiente ecuación, con la cual determinaremos el factor de seguridad.

$$f_i = A_t \times S_y - C \times n \times P$$

$$n = \frac{A_t \times S_y - f_i}{C \times p}$$

Acorde con la tabla 4.22 se obtuvo un  $S_y = 130\text{Kpsi}$  (resistencia a la fluencia)

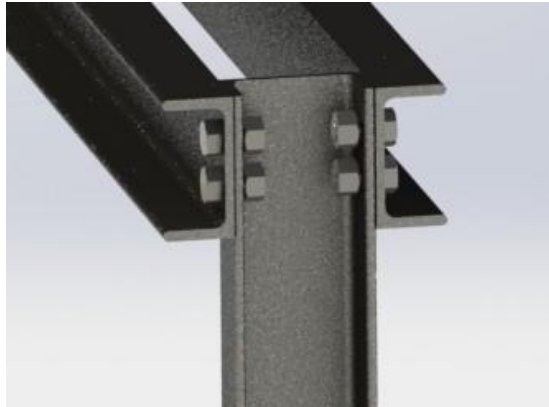
Donde:

- $A_t$ : Área de un perno a la tensión.
- $S_y$ : Resistencia a la fluencia.
- $f_i$ : Fuerza de precarga.
- $C$ : Valor constante de relación de rigidez.
- $P$ : Carga/Fuerza.

$$n = \frac{0.334 plg^2 x 130 Ksi - 37.600 Ksi}{0.295 x 7.016 Ksi} = 2.81$$

Con esto se demostró que 4 pernos son los correctos para sujetar las vigas a las columnas.

**Figura 4. 46 Viga sujeta a la columna mediante pernos**

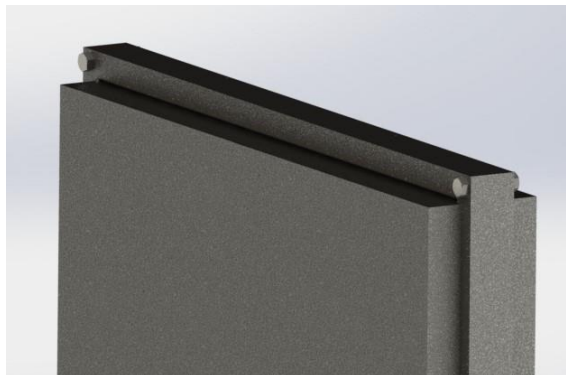


**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

#### 4.6.12.2. Cálculo de pernos para bastidor de contrapeso

Para efectos de diseño se procedió a desarrollar los cálculos con el método anteriormente usado y de esta manera se demostró que 2 pernos de  $\frac{3}{4}$ " x  $1 \frac{1}{2}$ " de acero AISI 1020 grado 8 en cada extremo es suficiente para soportar el bastidor del contrapeso, por lo que se utilizó los valores antes calculados excepto el de la fuerza que deberán soportar.

**Figura 4. 47 Pernos para la unión de la viga y columna del contrapeso**



**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

### Cálculo de la fuerza de precarga

$$f_i = At \times Sut - \frac{CnP}{2 \times N} \times \left( \frac{Sut}{Se} + 1 \right)$$

Donde

- P: Peso que para la sección del cálculo del bastidor del contrapeso fue de 3086.47 lb.
- Número de pernos N = 2.
- Factor de seguridad n = 3.

$$f_i = 0.334 \text{ plg}^2 \times 130 \text{ Ksi} - \frac{0.295 \times 3 \times 3.08647 \text{ ksi}}{2 \times 2} \times \left( \frac{130 \text{ Ksi}}{20.007 \text{ Ksi}} + 1 \right)$$
$$f_i = 38.299 \text{ Ksi}$$

### Cálculo del intervalo de precarga

En el apartado anterior se calculó el valor del Fp de 40.08ksi el mismo que será considerado para este cálculo.

$$0.6 Fp \leq Fi \leq 0.9 Fp$$
$$0.6 \times (40.08 \text{ Ksi}) \leq Fi \leq 0.9 \times (40.08 \text{ Ksi})$$
$$24.0 \text{ Ksi} \leq Fi \leq 36.07 \text{ Ksi}$$
$$fi = 38.299 \text{ Ksi}$$

Como se aprecia el utilizar 2 pernos de ¾" de acero AISI 1020 grado 8, satisface la condición de la fuerza de precarga.

### Comprobación de falla estática mediante el factor de seguridad

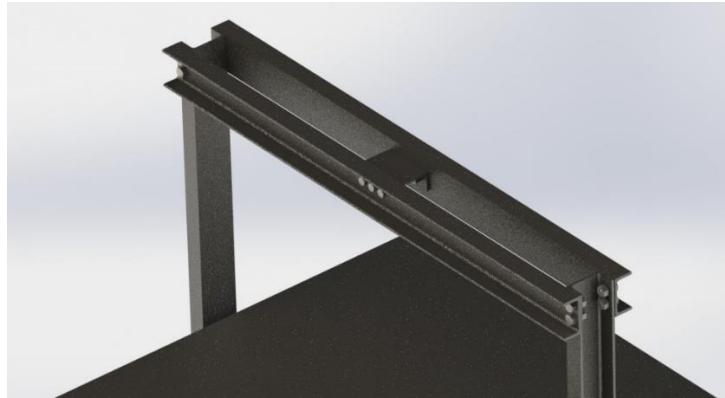
$$fi = At \times Sy - C \times n \times P$$
$$n = \frac{At \times Sy - fi}{C \times p} = \frac{0.334 \text{ plg}^2 \times 130000 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2} - 38299 \text{ lb}}{0.295 \times 3086 \text{ lb}} = 5.63$$

Con un valor para el factor de seguridad de 5.63 se comprobó que el perno no va a fallar y afianzando los cálculos a las consideraciones de diseño como lo es el factor de seguridad, se comprueba que la utilización de dos pernos de ¾" x 1 ½" de acero AISI 1020 grado 8 en cada extremo es suficiente para soportar el bastidor del contrapeso.

#### 4.6.12.3. Cálculo de pernos de anclaje

Para el diseño de estos pernos se utilizó la misma metodología ya antes aplicada. Cabe mencionar que estos pernos soportarán todo el peso de la cabina y el bastidor de la cabina sumado la carga útil para cual fue diseñada.

**Figura 4. 48 Anclaje del bastidor de la cabina**



**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Para este diseño se planteó el utilizar pernos de ¾” de acero AISI 1020 grado 8. Por lo que se consideró la constante rigidez del perno ( $K_b$ ) y de los miembros ( $K_m$ ) será la misma que en el apartado anterior. La fuerza que se utilizó fue de 58492N (13145lb) la cual se extrajo del apartado de cálculo de la viga superior para el caso del funcionamiento normal, siendo esta la más crítica.

#### **Cálculo de la fuerza de precarga (tensión inicial del perno)**

$$f_i = A_t \times S_{ut} - \frac{C_n P}{2} \times \left( \frac{S_{ut}}{S_e} + 1 \right)$$

#### **Cálculo de la constante “c”**

$$c = \frac{k_b}{k_b + k_m}$$
$$c = \frac{2.083 \times 10^7 \frac{lb}{plg}}{2.083 \times 10^7 \frac{lb}{plg} + 5.026 \times 10^7 \frac{lb}{plg}} = 0.295$$

Acorde a la tabla 4.21 se obtiene el valor del área de esfuerzo de tensión para un perno de 3/4" igual a 0.00021548m<sup>2</sup> (At=0.334 plg<sup>2</sup>).

De la tabla 4.22 se obtiene el valor de resistencia de fluencia (Sut) de 130Kpsi para acero de grado 8, igual que para el apartado anterior.

### Cálculo del límite de fatiga axial

$$Se' = 19.2 + 0.314 \times Suc$$

$$Se' = 19.2 + 0.314 \times 130 \text{ Kpsi} = 413.823 \text{ Mpa} \approx (60.02 \text{ Kpsi})$$

### Se realiza la corrección por concentración

$$ke = \frac{1}{kf} = 0.333$$

### Se calcula el límite de fatiga axial

$$Se' = Se' \times ke$$

$$Se = 60 \text{ Kpsi} \times 0.333 = 20.007 \text{ Kpsi}$$

De esta manera aplicando la fuerza de precarga, se tiene:

$$f_i = At \times Sut - \frac{CnP}{2} \times \left( \frac{Sut}{Se} + 1 \right)$$

Donde:

- Número de pernos: 6

$$f_i = 0.334 \text{ plg}^2 \times 130000 \frac{\text{lb}}{\text{plg}^2} - \frac{0.295 \times 3 \times 13145.06 \text{ lb}}{2 \times 6} \times \left( \frac{130 \text{ Ksi}}{20.007 \text{ Ksi}} + 1 \right)$$

$$f_i = 36.151 \text{ Kip}$$

Sustituyendo los valores de N se obtiene lo siguiente:

**Tabla 4. 25 Fuerza de precarga en relación al número de pernos**

N	2	3	4	5	6
Fi (Kip)	11.076	21.857	27.248	30.48	36.151

**Fuente: Elaboración propia**

Acorde con la tabla 4.22 se obtuvo un Sp de 120Kpsi para acero de grado 8 por lo que la carga de prueba se halla por medio de la siguiente ecuación:

$$Fp = At \times Sp$$

$$Fp = 0.334 plg^2 \times 120 Ksi = 40.08Ksi$$

Con la ecuación detallada líneas arriba se obtiene los límites superior e inferior de Fi (Fuerza de precarga).

$$0.6 Fp \leq Fi \leq 0.9 Fp$$

$$0.6 \times (40.08 Ksi) \leq Fi \leq 0.9 \times (40.08 Ksi)$$

$$24.05 Ksi \leq Fi \leq 36.07 Ksi$$

$$fi = 36.151 Kip$$

Se puede ver que se podría utilizar 4, 5 y 6 pernos, pero por facilidad de construcción se decide utilizar 6 pernos de  $\frac{3}{4}$ " de acero AISI 1020 grado 8, el cual satisface la condición de la fuerza de precarga, los mismos que se dispondrán 3 en cada extremo de la placa para la sujeción de las vigas superiores, seguidamente se procedió a comprobar ante la posibilidad de falla estática utilizando la siguiente ecuación para calcular el factor de seguridad:

$$fi = At \times Sy - C \times n \times P$$

$$n = \frac{At \times Sy - fi}{C \times p}$$

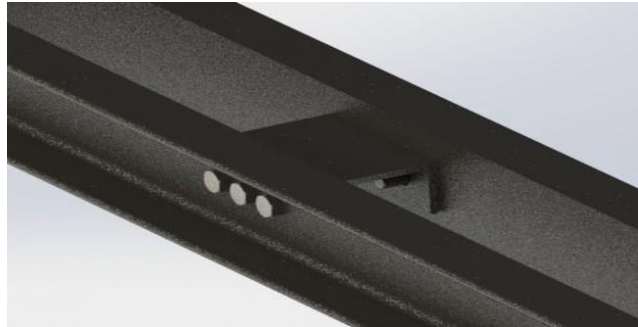
Donde:

$$n = \frac{0.334 plg^2 \times 130 Ksi - 36.151 Ksi}{0.295 \times 13.145 Ksi} = 1.87$$

Por lo tanto, queda comprobado que la utilización de 6 pernos de  $\frac{3}{4}$ " x  $\frac{1}{2}$ " grado 8, para sujetar la plancha de izaje a las vigas es lo correcto y no fallarán ni por fatiga ni por carga estática.



**Figura 4. 49 Pernos de anclaje de los cables de elevación**



**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

#### 4.6.12.4. Cálculo de los pernos de anclaje del motor

Tomando en cuenta lo que se mencionó en la sección de dimensionamiento del motor, se ha seleccionado el motor ge300-320.135 GREENSTAR de la empresa PERMAGSA, en su catálogo respecto a la colocación del motor menciona lo siguiente:

Fijación: “La fijación del motor a la estructura del ascensor se realiza mediante cuatro tornillos M16 de grado 8.8. Para ello la placa base lleva cuatro agujeros pasantes”.

**Figura 4. 50 Motor del ascensor**



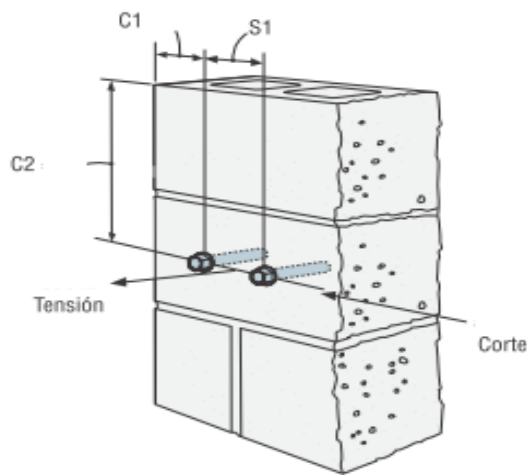
**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

#### 4.6.12.5. Cálculo de los tornillos de sujeción para las guías al concreto

Para el cálculo de los tornillos de sujeción se utilizó el método de “Diseño por tensiones permisibles (ASD)” el cual se extrajo del catálogo de la empresa SIMPSON Strong-Tie.

Se va demostrar que el usar dos pernos autorroscables de 3/8" por cada 3 metros de la longitud de la guía son suficientes para el correcto anclaje. Por lo que se tiene lo siguiente, para la distancia C2 se tomará la máxima que será de 1.5m dado que como se mencionó anteriormente se sujetarán las guías cada 3m. Para C1 se asumió una distancia de 0.5m tomando en cuenta el pozo para el ascensor y la distancia S1 se tomó a 65 mm que es la apertura que hay en las guías.

**Figura 4. 51 Esquema de la distribución de los anclajes**



**Fuente: Simpson Strong – TieAchor Systems (Simpson, 2020)**

- Distancia al extremo  $C1 = 0.5 \text{ m.}$
- Distancia al borde  $C2 = 1.5 \text{ mm.}$
- Separación  $S = 65 \text{ mm.}$

Se tomó en cuenta los valores antes cálculos en la sección de cálculo de las guías para la cabina, las cuales fueron:

- $Fz = 492.1 \text{ N.}$
- $Fy = 559.2 \text{ N.}$

Acorde a la tabla 4.26 se obtuvo los valores de corte admisible y tensión admisible, las cuales son las siguientes:

- Carga tensión admisible  $\sigma_{adm}$ :  $645 \text{ N.}$

- Carga de corte admisible: 1112 N.
- Profundidad: 44mm.

**Tabla 4. 26 Cargas de tensión y corte en bloques de concreto hueco de peso normal, medio y ligero, de 8 pulgadas**

Tamaño pulg. (mm)	Diám. de broca pulg.	Prof. de empotramiento pulg. (mm)	Dist. al borde mín. pulg. (mm)	Dist. al extremo mín. pulg. (mm)	Cargas de bloques de concreto huecos de 8 pulg. basadas en la resistencia al bloque de concreto			
					Carga de tensión		Carga de corte	
					Última libras (kn)	Admisible libras (kn)	Última libras (kn)	Admisible libras (kn)
Anclaje instalado en la cara del bloque (consulte la Figura 2).								
3/8 (9.5)	3/8	1 1/4 (44)	4 (102)	4% (117)	720 (3.2)	145 (0.6)	1,240 (5.5)	250 (1.1)
1/2 (12.7)	1/2	1 1/4 (44)	4 (102)	4% (117)	760 (3.4)	150 (0.7)	1,240 (5.5)	250 (1.1)
5/8 (15.9)	5/8	1 1/4 (44)	4 (102)	4% (117)	800 (3.6)	160 (0.7)	1,240 (5.5)	250 (1.1)
3/4 (19.1)	3/4	1 1/4 (44)	4 (102)	4% (117)	880 (3.9)	175 (0.8)	1,240 (5.5)	250 (1.1)

Fuente: Simpson Strong – TieAchor Systems (Simpson, 2020)

### Cálculo de la tensión admisible

Acorde con la tabla 4.27 el coeficiente de ajuste de carga es igual a 1 por lo que el valor de tensión admisible se mantuvo.

**Tabla 4. 27 Carga de tensión en función a la distancia del borde (fc)**

Dist. al borde Cact (pulg.)	Diámetro	3/8		1/2			5/8			3/4		
		E	Cer	2 1/4	3% 3 1/4	4	5%	2 1/4	4% 4 1/4	5%	2 1/4	4% 4 1/4
		3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6
	Cmin	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4
	femin	0.83	0.73	0.67	0.57	0.73	0.67	0.57	0.59	0.67	0.48	0.58
1 1/4		0.83	0.73	0.67	0.57	0.73	0.67	0.57	0.59	0.67	0.48	0.58
2		0.86	0.78	0.71	0.62	0.76	0.70	0.60	0.62	0.69	0.51	0.60
2 1/4		0.90	0.84	0.74	0.67	0.79	0.72	0.64	0.65	0.71	0.54	0.63
2 1/2		0.93	0.89	0.78	0.71	0.82	0.75	0.67	0.68	0.73	0.57	0.65
2 3/4		0.97	0.95	0.82	0.76	0.85	0.77	0.70	0.72	0.75	0.60	0.68
3		1.00	1.00	0.85	0.81	0.88	0.80	0.74	0.75	0.77	0.63	0.70
3 1/4				0.89	0.86	0.91	0.82	0.77	0.78	0.79	0.66	0.73
3 1/2				0.93	0.90	0.94	0.85	0.80	0.81	0.81	0.69	0.75
3 3/4				0.96	0.95	0.97	0.87	0.83	0.84	0.83	0.72	0.78
4				1.00	1.00	1.00	0.90	0.87	0.87	0.84	0.76	0.80
4 1/4							0.92	0.90	0.91	0.86	0.79	0.83
4 1/2							0.95	0.93	0.94	0.88	0.82	0.85
4 3/4							0.97	0.97	0.97	0.90	0.85	0.88
5							1.00	1.00	1.00	0.92	0.88	0.90
5 1/4										0.94	0.91	0.93
5 1/2										0.96	0.94	0.95
5 3/4										0.98	0.97	0.98
6										1.00	1.00	1.00

Fuente: Simpson Strong – TieAchor Systems (Simpson, 2020)

Acorde a lo que se consideró para los anclajes vamos a tener 2 grupos, con esto el valor de tensión admisible combinado fue de la siguiente manera:

$$2 \text{ anclajes} \times 645 \frac{N}{\text{anclaje}} = 1290 N$$

Con este valor se puede deducir que la tensión para cada par de anclajes será de 492.1N el cual resultó menor a la tensión admisible del conjunto de anclajes. Dividiendo estos dos resultados se obtuvo un valor de 2.6 para el factor de seguridad.

### Determinación del corte admisible

Se supo que la carga admisible es de 1112N.

Acorde con la tabla 4.28 el coeficiente de ajuste es de 1 por lo que no va afectar al valor de la carga de corte admisible.

**Tabla 4. 28 Carga de corte en función a la distancia del borde**

Dist. al borde (pulg.)	Diámetro	3/8		1/2			5/8			3/4		
		2 3/4	3 3/4	2 3/4	3 3/4	5 3/4	2 3/4	4 3/4	5 3/4	2 3/4	4 3/4	5 3/4
E												
Cor		4 1/2	4 1/2	6	6	6	7 1/2	7 1/2	7 1/2	9	9	9
Cmin		1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4
Factor		0.25	0.24	0.25	0.20	0.17	0.19	0.16	0.19	0.19	0.14	0.13
1 3/4		0.25	0.24	0.25	0.20	0.17	0.19	0.16	0.19	0.19	0.14	0.13
2		0.32	0.31	0.29	0.25	0.22	0.23	0.20	0.23	0.22	0.17	0.16
2 1/2		0.45	0.45	0.38	0.34	0.32	0.30	0.27	0.30	0.27	0.23	0.22
3		0.59	0.59	0.47	0.44	0.41	0.37	0.34	0.37	0.33	0.29	0.28
3 1/2		0.73	0.72	0.56	0.53	0.51	0.44	0.42	0.44	0.39	0.35	0.34
4		0.86	0.86	0.66	0.62	0.61	0.51	0.49	0.51	0.44	0.41	0.40
4 1/2		1.00	1.00	0.74	0.72	0.71	0.58	0.56	0.58	0.50	0.47	0.46
5				0.82	0.81	0.80	0.65	0.63	0.65	0.55	0.53	0.52
5 1/2				0.91	0.91	0.90	0.72	0.71	0.72	0.61	0.58	0.58
6				1.00	1.00	1.00	0.79	0.78	0.79	0.66	0.64	0.64
6 1/2							0.86	0.85	0.86	0.72	0.70	0.70
7							0.93	0.93	0.93	0.78	0.76	0.76
7 1/2							1.00	1.00	1.00	0.83	0.82	0.82
8										0.89	0.88	0.88
8 1/2										0.94	0.94	0.94
9										1.00	1.00	1.00

**Fuente: Simpson Strong – TieAchor Systems (Simpson, 2020)**

Tal cual como se consideró para el caso anterior, se considerará 2 pares de anclajes por lo que el valor de corte admisible combinado es:

$$2 \text{ anclajes} \times 1112 \frac{N}{\text{anclaje}} = 2224 N$$

Como se conoce que la tensión es de 559.2N el cual es un valor que está por debajo de lo calculado que fue de 2224N, nos da un factor de seguridad de 3.9 por cada conjunto de anclaje.

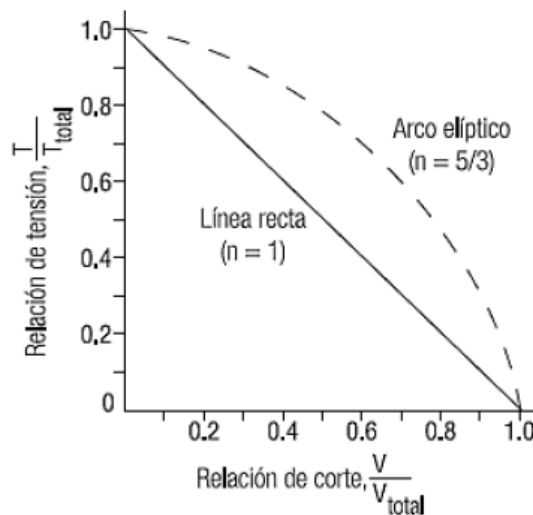
### Comprobación del esfuerzo combinado entre la tensión y el corte

El esfuerzo combinado viene dado por la siguiente expresión:

$$\left(\frac{\text{Corte de diseño}}{\text{Corte admisible}}\right)^n + \left(\frac{\text{Tensión de diseño}}{\text{Tensión admisible}}\right)^n \leq 1$$

Como se conoce que cuando se utilizan bloques de concreto hueco rellenos con mortero, que es resultado de la mezcla de cemento, agua y agregados finos, siendo su principal función la adherencia entre el concreto y el acero logrando resistencias sobre los 400 kg/cm<sup>2</sup>. Se utilizó el método de la línea recta para el cálculo de esfuerzos combinados. En este caso se usó el valor de  $n = 5/3$ .

**Figura 4. 52 Método de la línea recta, con  $n = 5/3$**

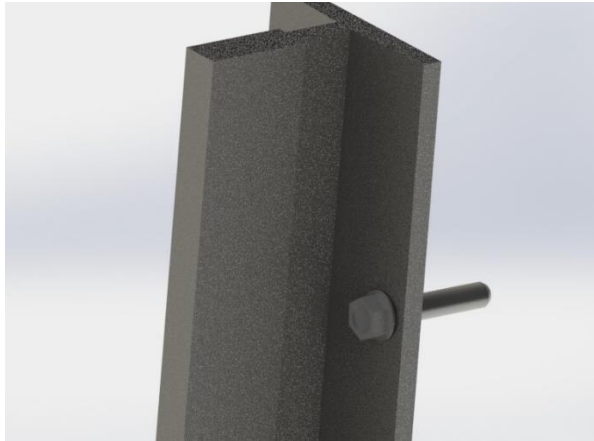


**Fuente: Simpson Strong – TieAchor Systems (Simpson, 2020)**

$$\left(\frac{559.2 \text{ N}}{1112 \text{ N}}\right)^{\frac{5}{3}} + \left(\frac{492.1 \text{ N}}{645}\right)^{\frac{5}{3}} = (0.5029)^{\frac{5}{3}} + (0.7629)^{\frac{5}{3}} = 0.955 \leq 1$$

Con este resultado se comprobó que los tornillos autorroscantes de 3/8" x 4 1/2" de grado 8.8 por cada 3m de longitud de las guías serán los adecuados para el diseño.

**Figura 4. 53 Tornillo de sujeción para las guías**

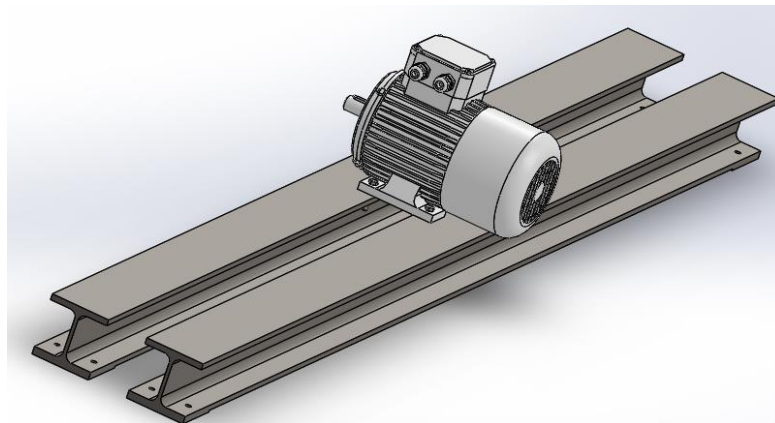


**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

#### 4.6.12.6. Pernos para la estructura del motor

Como se puede apreciar en la figura el momento que genera el motor a la estructura es trasladado a los pernos de anclaje, teniendo en cuenta este criterio se seleccionará los pernos más apropiados para el anclaje.

**Figura 4. 54 Estructura soporte del motor**

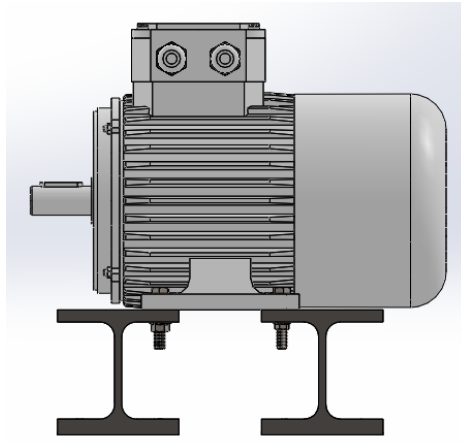


**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

El motor al momento de vencer la inercia de la cabina y del contrapeso debe generar un momento máximo cuyo valor es de  $899.62 \text{ Nm}$ , este valor es el obtenido en la sección de cálculo para el motor.

Se desarrolló un diagrama de cuerpo libre para poder comprender las fuerzas que interactúan en el perfil para el anclaje del motor.

**Figura 4. 55 Perfil de la estructura soporte del motor**

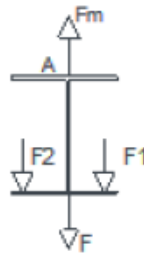


**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

### **Momento flector**

Mediante el diagrama de cuerpo libre se pudo ver que la fuerza  $F_m$  es producida por el motor:

**Figura 4. 56 DCL del perfil para el soporte del motor**



**Fuente: Elaboración propia**

Esta fuerza se calculó de la siguiente manera:

$$M = f \times d$$

Donde:

$M$ : Momento máximo (Nm).

$f$ : Fuerza (N).

$d$ : Distancia entre perfiles (m).

$$f = \frac{M}{d} = \frac{899.62 \text{ Nm}}{0.16 \text{ m}} = 5622.6 \text{ N}$$

Esta es repartida en los dos perfiles HEB que conforman la estructura de soporte del motor por lo tanto la fuerza se divide entre dos:

$$f = \frac{5622.6 \text{ N}}{2} = 2811.3 \text{ N}$$

### Sumatoria de fuerzas

Peso del perfil HEB 100

De la tabla 4.29 el peso del perfil es de 20.40 Kg/m, y para el diseño la distancia desde los anclajes del motor hasta el extremo del perfil es de 0.83m, con lo que se tiene:

$$Pv = 20.40 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 0.83 \text{ m} = 16.9 \text{ Kg}$$

Donde:

Pv: Peso de la viga.

Pm: Peso del motor (200kg).

G: Gravedad (9.81m/s<sup>2</sup>).

Teniendo en cuenta que son dos vigas para el diseño el peso del motor será 100kg para cada viga.

$$F = Pm + Pv \times g = (200\text{kg} + 16.9 \text{ kg}) \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 2127.8 \text{ N}$$

**Tabla 4. 29 Propiedades del perfil HEB 100**

DENOMINACIÓN	DIMENSIONES					PROPIEDADES					
	h	b	t	e	R	ÁREA SECCIÓN	PESOS	INERCIA (cm <sup>4</sup> )		RESISTENCIA (cm <sup>3</sup> )	
	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>		kg/mts	Eje x-x	Eje y-y	Eje x-x
HEB 100	100	100	6.00	10.00	12	26.00	20.40	450	167	89	33.50
HEB 140	140	140	7.00	12.00	12	43.00	33.70	1510	550	216	78.50
HEB 160	160	160	8.00	13.00	15	54.30	42.60	2490	889	311	111.00
HEB 200	200	200	9.00	15.00	18	78.10	61.30	5700	2000	570	200.00
HEB 240	240	240	10.00	17.00	21	106.00	83.20	11260	3920	938	327.00
HEB 300	300	300	11.00	19.00	27	149.00	117.00	25170	8560	1680	571.00

**Fuente: Perfiles HEB (HEB, 2020)**

Como se pudo ver en el diagrama de cuerpo libre para el perfil HEB 100 la fuerza Fm equivalía a la fuerza que produce el motor al momento de tirar el cable, las fuerzas F1 y F2 son la reacción y finalmente la fuerza F



es el peso del motor más el peso de la propia viga. Para calcular esta fuerza se usará la estática mediante la siguiente fórmula:

$$Fm = 2811.3 N$$

Se asumió que  $F1 = F2$  y se sabe que  $\Sigma fy = 0$

$$\Sigma fy = Fm - F2 - F1 - F$$

$$F2 = \frac{Fm - F}{2} = \frac{2811.3 N - 2127.8 N}{2} = 341.75 N$$

Según la tabla 4.26 para los anclajes de tornillos autorroscantes de 3/8" x 4 1/2" tienen por tensión admisible 645N, este valor fue comprobado en la sección anterior por lo que se decide usar 4 tornillos autorroscantes por viga lo que da un total de 8, con esto se asegura que los tornillos no van a fallar.

#### 4.6.13. Cálculo de cables de tracción

Miravete, y otros (1998, p. 187) en su libro nos menciona los siguiente:

Carga de rotura de acuerdo con el esfuerzo a transmitir con un coeficiente de seguridad mínimo de 8.

La relación entre el diámetro primitivo de la polea de tracción, del limitador de velocidad (y la tensora) y del cable debe ser como mínimo 40.

“La configuración Seale es la más utilizada en general, en una instalación de ascensor hay una tendencia a la abrasión en servicio, los alambres más exteriores de esta configuración son muy gruesos, con gran resistencia a la rotura por abrasión, siendo pues lo más idóneos”

#### **Análisis de las fuerzas que actúan sobre el cable**

Primero se analizó el peso del cable, para esto se sabe que el tipo de cable es Seale, de tablas se obtuvo la densidad del cable para un diámetro de 8mm.

- Densidad del cable Seale (ver tabla 4.30) 0,240 Kg/m.

**Tabla 4. 30 Datos técnicos del cable tipo Seale 6 x 19 (9+9+1) +1 textil)**

Diámetro cable (mm)	Peso (kg/100 m)	Carga rotura 1600 MPa (kN)	Carga rotura 1800 MPa (kN)	Carga rotura 2000 MPa (kN)
6	14	22	24	26
7	17	26	29	32
8	24	36	41	44
9.5	32	48	55	59
10.5	41	62	70	76
11	46	70	79	85
12.5	57	86	97	105
13.5	69	107	117	127
15	82	124	140	151
16	97	146	164	177

**Fuente: Elevadores: Principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)**

- Peso de la cabina cargada 850 Kg (8338.5 N).
- Peso del contrapeso 700 Kg (6867 N).

$$P_c = 0,24 \frac{kg}{m} \times 30 m = 7.2 Kg$$

“La influencia del peso del cable sólo se tiene en cuenta para alturas elevadas (mayores de 30 m)” (HERRERA, 2013)

Para la presente investigación se consideró una altura de 3m por piso lo que nos da un total de 9m de altura en los tres pisos del pabellón de aulas de la FIME – UNAC. Con esto se desprecia el peso del cable.

Herrera también trabajó con la siguiente fórmula para calcular la fuerza de fricción entre la polea y el cable.

$$f \text{ fricción} = [0.5 \times Q + G + G] \times 0.1$$

Donde:

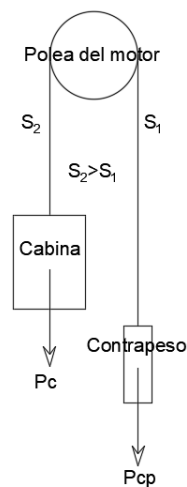
- Q peso de la carga (300 Kg).
- G peso propio de la cabina (550 Kg).

$$f \text{ fricción} = [0.5 \times 300 Kg + 550 Kg + 550 Kg] \times 0.1 = 125 Kg (1226.25N)$$

“Un cable de alambre puede fallar si la carga estática excede la resistencia última del cable, la carga estática está compuesta de: carga útil, carga originado por frenados o arranques, carga de choque y fricción entre poleas” (HERRERA, 2013). Entonces, se debe tener en cuenta las fuerzas de inercia del contrapeso y de la cabina cargada y vacía.

**Caso 1:** Se hace el análisis para la cabina cargada y en el sentido de ascendente.

**Figura 4. 57 Funcionamiento del mecanismo con cabina cargada**



**Fuente: Elaboración propia**

La condición en esta parte fue que la tensión del cable que sujeta la cabina sea mayor a la del lado que sujeta el contrapeso, por lo que el motor deberá imprimir potencia para que la cabina tenga su movimiento en sentido ascendente. En este caso se tiene:

- Peso de la cabina cargada: 850 Kg (8338.5 N).
- Fuerza de fricción de elementos móviles: 125 Kg (126.25 N).
- Peso del contrapeso: 700 Kg (6867 N).

**Inercia de la cabina cargada**

$$J'_c = m \times a$$

Donde:

- m: Masa 850 Kg
- a: Aceleración lineal  $0.5\text{m/s}^2$  (ver la sección de selección del motor).

$$J'_c = 850 \text{ Kg} \times 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 425\text{N}$$

### Inercia del contrapeso

$$J_{cp} = m \times a$$

Donde:

- m: Masa del contrapeso 700 Kg.
- a: Aceleración lineal de  $0.5\text{m/s}^2$  la misma que para la cabina.

$$J_{cp} = 700 \text{ Kg} \times 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 350\text{N}$$

### Tensión del cable

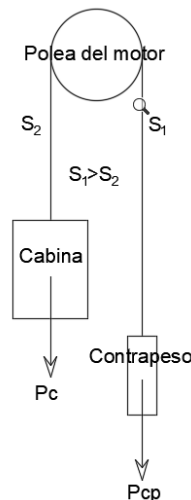
Como es un mismo cable que sostiene al contrapeso como la cabina, entonces las fuerzas se sumaran para hallar la carga que soportará el cable.

$$S = pc + Ff + pc_p + J'_c + J_{cp}$$

$$S = 8338.5 \text{ N} + 126.25 \text{ N} + 6867 \text{ N} + 425\text{N} + 350\text{N} = 16106.8 \text{ N}$$

**Caso 2:** Se hace el análisis para la cabina vacía y en el sentido de ascendente.

**Figura 4. 58 Funcionamiento del mecanismo con la cabina vacía**



**Fuente: Elaboración propia**

Para este caso, cuando la cabina no cuenta con carga y por lo tanto el peso del contrapeso es mayor al peso de la cabina en tal caso se tiene:

- Peso del contrapeso 700 Kg (8526 N).
- Inercia del contrapeso  $J_{cp}$  350 N.
- Fuerza de fricción 125 Kg (126.25 N).
- Peso de la cabina vacía 550 Kg (5395.5 N).

### Inercia de la cabina vacía

$$J'_c = m \times a = 550 \text{ Kg} \times 0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 275 \text{ N}$$

### Fuerza de detención en la polea

La energía cinética de la cabina vacía durante la elevación será la misma que la del contrapeso durante el descenso, por lo tanto:

$$E_c = \frac{m \times v^2}{2} = \frac{700 \text{ Kg} \times \left(1 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} = 350 \text{ J}$$

Herrera nos menciona en su investigación la siguiente fórmula para calcular la distancia de frenado de la cabina:

$$S_2 = \frac{1}{2} \times \frac{v^2}{a_f}$$

Donde:

- $V$  Velocidad nominal del ascensor (1 m/s).
- $a_f$  Aceleración de frenada igual a la aceleración positiva (0.5 m/s<sup>2</sup>).

$$S_2 = \frac{1}{2} \times \frac{\left(1 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{0.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 1 \text{ m}$$

Para detener la cabina en ese espacio de longitud es necesario que la polea ejerza una fuerza y la cual se encuentra por medio de la siguiente ecuación:

$$F_p = \frac{E_c}{s_2} = \frac{350 \text{ J}}{1 \text{ m}} = 350 \text{ N}$$

### Tensión del cable

$$S = pcp + pcv + Ff + J'_c + J_{cp} + fp$$

$$S = 8526 \text{ N} + 5395.5 \text{ N} + 126.25 \text{ N} + 275 \text{ N} + 350 \text{ N} + 350 \text{ N}$$

$$S = 15022.8 \text{ N}$$

La tensión máxima que soportará el cable en el caso 1 cuando la cabina se encontró a su carga máxima y tiene un movimiento ascendente. Es este caso la carga estática es 16106.8N. Como ya se vio en la sección de dimensionamiento del motor el dispositivo seleccionado cuenta con una polea de  $\varnothing 320 \text{ mm}$  con 5 canales para un alambra de  $\varnothing 8 \text{ mm}$ . En tal caso se deberá dividir esta fuerza para el número de cables para saber la tensión que soportará cada cable.

$$tc = \frac{S1}{5} = \frac{16106.8 \text{ N}}{5} = 3221.4 \text{ N}$$

Con estos valores seleccionamos de la tabla 4.30 el cable de acero tipo Seale 6 x 19 (9+9+1) +1 textil de 8mm de diámetro cuya carga a la rotura es de 36000 N.

#### **Factor de seguridad**

$$n = \frac{\text{carga ruptura}}{\text{tensión por cable}} = \frac{36000 \text{ N}}{3221.4 \text{ N}} = 11.2$$

Con este resultado se cumplió lo que menciona Miravete en que el factor de seguridad debe ser mayor a 8 para el cable de tracción.

#### **Comprobación del diámetro de la polea del motor**

Se debe tener en cuenta la relación entre el diámetro de polea (D) y diámetro del cable (d) que nos indicó Miravete:

$$\frac{D}{d} = 40$$

$$D = 40 \times d$$

$$D = 40 \times 8 \text{ mm} = 320 \text{ mm}$$

Con lo que se comprueba que la polea que provee el motor Ge300-320-135 de la fábrica Permagsa es adecuada para este tipo de cable.

#### 4.6.14. Cálculo del motor de tracción

Para el desarrollo del cálculo del motor de tracción se tomó como referencia a la tesis de Herrera la cual hace mención y se tiene en cuenta lo siguiente:

En el periodo de arranque el momento volante  $(GD^2)_{eq}$ , será la siguiente:

$$(GD^2)_{eq} = \frac{3600 \times Q \times v^2}{\pi^2 \times n^2 \times \eta} + \delta \times (GD^2)$$

En el periodo de frenaje el momento volante  $GD^2_{eq}$  está dado de la siguiente manera:

$$GD^2_{eq} = \frac{3600 \times Q \times v^2 \times \eta}{\pi^2 \times n^2} + \delta \times (GD^2)$$

De esta manera, la carga total será igual a "Q":

$$Q = pc - pcp = 8338.5 \text{ N} - 6867 \text{ N} = 1471.5 \text{ N}$$

Donde:

- pc            Peso de la cabina 550kg incluyendo la carga útil de 300kg (850kg = 8338.5 N).
- pcp          Peso del contrapeso 700 kg (6867 N).
- v            Velocidad del ascensor en m/s.
- n            Velocidad nominal del motor 60 rpm.
- $\eta$           Eficiencia.
- G            Peso de la polea en N.
- D            Diámetro de la polea en m.

#### **Selección del motor eléctrico y el freno**

La selección del motor eléctrico realizó teniendo en cuenta las características fundamentales de los motores:

- Potencia nominal  $N_n$ .
- Tiempo relativo de la conexión, DC %.
- Calentamiento del motor.
- Par de arranque.

Y los pasos a seguir fueron los siguientes:

### Potencia estable necesaria

Mediante la siguiente ecuación se determinará la potencia necesaria que necesita el equipo durante su periodo estable:

$$Ne = \frac{0.5 \times Q \times v}{1020 \times \eta}$$

Donde

- Q: carga total de 1471.5N.
- V: velocidad nominal de 1m/s.
- $\eta$ : eficiencia de 80%.

$$Ne = \frac{(1471.5 \text{ N} \times 0.5) \times (1 \frac{\text{m}}{\text{s}})}{1020 \times 0.8} = 0.9 \text{ KW}$$

Se tuvo en cuenta la fricción en las guías es por eso que se incrementó la potencia en un 5 -10% del peso de la cabina vacía y el peso del contrapeso, tal como se aprecia en la siguiente ecuación:

$$(pc + pcp) \times 0.1 = [8338.5 \text{ N} + 6867 \text{ N}] \times 0.1 \\ = 1520.55 \text{ N}$$

$$Ne = \frac{(1471.5 \text{ N} + 1226.3 \text{ N}) \times (1 \frac{\text{m}}{\text{s}})}{1020 \times 0.8}$$

$$Ne = 3.3 \text{ KW}$$

### Selección del motor

La selección del motor se hace tomando en cuenta la relación de  $N_n < N_e$  y con valores que nos ofrecen los catálogos de los proveedores que venden estos productos.

Se tomó en cuenta el catálogo de motores para ascensores de la empresa PERMAGSA con el motor de modelo Ge300-320-135 como se muestra en la tabla 4.31 cuya potencia nominal mecánica es de 3.8 KW.



**Tabla 4. 31 Características del motor PERMAGSA modelo GC300-320**

INSTALLATION DATA		
Pasajeros	8	
Carga(kg)	630	
Tiro	1	2
Polea (mm)	320	320
Velocidad (m/s)	1	1
Diámetro cable (mm)	8	8
N° cables	5	5
Peso cable (kg)	0,231	0,231
Altura sin cadena comp. (m)	27	27
Peso total cable (kg)	31,2	18,7
Par frenada (Nm)	542,8	261,6
Eficiencia hueco (%)	80	77
Eficiencia polea desvío (%)	100	96
N° poleas desvío	0	2
Par nom. inst. (Nm)	617,4	334,0
Pot. Mecánica (kW)	3,86	4,18
Modelo	ge300-320-135	ge150-320-200
DATOS MECÁNICOS		
Par nom. motor (Nm)	600,0	350,0
Par máximo motor(Nm)	1.120,0	580,0
Ciclo carga (%)	30	40
Arranques/hora	180	180
Carga estática (kg)	4.000	2.000
Velocidad nominal (rpm)	60	119
Velocidad máxima (rpm)	135	200
Peso máquina (Kg)	200	145
DATOS ELÉCTRICOS		
Consumo nominal (A)	15,4	11,5
Consumo Máximo (A)	28,0	20,0
Voltaje (V)	350,0	340,0
Potencia Nominal (kW)	6,8	4,9
Hercios (Hz)	6,0	11,9
Voltage freno (Vdc)	210	210
Polos	12	12

Fuente: Catálogo PERMAGSA (PERMAGSA S.A., 2020)

### Cálculo del tiempo de arranque del mecanismo cuando eleva la carga nominal del mismo

Este valor debe estar dentro del intervalo recomendado por la siguiente ecuación:

$$ta = tf = 1 \div 2 s$$

“Las aceleraciones utilizadas n los ascensores oscilan entre 0.5m/s<sup>2</sup>, para los ascensores lentos, y 1.5m/s<sup>2</sup> para los ascensores rápidos. No se aconsejan aceleraciones mayores porque resultan molestas para los usuarios” (Miravete, y otros, 1998, p. 65). Para la presente investigación se va trabajó con una aceleración igual a 0.5m/s<sup>2</sup>.

### Tiempo de arranque

“ta” tiempo del arranque del motor tomando las magnitudes Me y (GD<sup>2</sup>)<sub>eq</sub> como constantes, la ecuación presentada líneas arriba nos permite encontrar este tiempo.

$$ta = \frac{GD^2_{eq} \times n \times \pi}{120 g \times (Ma - Me)}$$

Donde:

- $GD^2_{eq}$  Momento volante equivalente.
- $M_a$  Momento de arranque 1120Nm (ver tabla 4.31).
- $M_e$  Momento necesario en el periodo estable.

### Peso de la polea

- Longitud ( $l_p$ ): 0.135 m.
- Densidad del hierro fundido: 7874 kg/m<sup>3</sup>.
- Diámetro de la polea ( $D = 2r$ ): 320mm.

$$Vol = \pi \times r^2 \times l_p$$

$$Vol = \pi \times (0.160 \text{ m})^2 \times 0.135 = 0.01085 \text{ m}^3$$

$$masa = Vol \times \rho$$

$$masa = 0.01085 \text{ m}^3 \times 7874 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 85.49 \text{ kg} (838.7N)$$

Al reemplazar los valores en la ecuación del momento volante, se obtuvo lo siguiente:

$$Q = 1471.5N + 1226.3N = 2697.8N$$

$$GD^2_{eq} = \frac{3600 \times 2697.8 \text{ N} \times \left(1 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{\pi^2 \times \left(60 \frac{\text{rev}}{\text{min}}\right)^2 \times 0.8} + 1.2 \times [(838.7 \text{ N} \times (0.320 \text{ m})^2)]$$

$$GD^2_{eq} = 444.74 \text{ Nm}^2$$

### Momento necesario en el periodo estable

$$M_e = 9750 \frac{\text{Ne}}{\text{n}} = 9750 \frac{3.8 \text{ KW}}{60 \text{ rpm}} = 617.5 \text{ Nm}$$

### Momento de arranque

$M_{\text{max}}$ : Momento máximo 1120 Nm, dato del catálogo PERMAGSA.

$$M_a = \frac{M_{\text{max}} + 1.1 M_e}{2}$$

$$M_a = \frac{1120 \text{ Nm} + 1.1 \times 617.5 \text{ Nm}}{2} = 899.62 \text{ Nm}$$

Se calculó el tiempo de arranque mediante la siguiente ecuación:

$$ta = \frac{GD^2eq \times n \times \pi}{120 \text{ g} \times (Ma - Me)}$$

$$ta1 = \frac{444.74 \text{ Nm}^2 \times 60 \text{ rpm} \times \pi}{120 \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (899.625 \text{ Nm} - 617.5 \text{ Nm})}$$

$$ta = 0.3 \text{ s} \approx 0.5 \text{ s} \cong 1 \text{ s}$$

Se evaluó el tiempo de arranque en dos condiciones a 75% y 50% de la carga.

### CASO 1

$$0.75 Q = 0.75 \times 2697.8 \text{ N} = 2023.35 \text{ N}$$

$$GD^2eq = \frac{3600 \times 2023.35 \text{ N} \times \left(1 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{\pi^2 \times \left(60 \frac{\text{rev}}{\text{min}}\right)^2 \times 0.8} + 1.2 \times [(838.7 \text{ N} \times (0.320 \text{ m})^2)]$$

$$GD^2eq = 359.3 \text{ Nm}^2$$

$$Me_2 = 0.75 Me$$

$$Me_2 = 0.75 \times (617.5 \text{ Nm}) = 463.1 \text{ Nm}$$

$$Ma_2 = \frac{M_{\max} + 1.1 Me_2}{2} = \frac{1120 \text{ Nm} + 1.1 \times 463.1 \text{ Nm}}{2} = 814.71 \text{ Nm}$$

$$Ta = \frac{GD^2eq \times n \times \pi}{120 \text{ g} \times (Ma - Me_2)}$$

$$ta2 = \frac{359.3 \text{ Nm}^2 \times 60 \text{ rpm} \times \pi}{120 \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (814.71 \text{ Nm} - 463.1 \text{ Nm})} = 0.16 \text{ s}$$

### CASO 2

$$0.5 Q = 0.5 \times 2697.8 \text{ N} = 1348.9 \text{ N}$$

$$GD^2eq = \frac{3600 \times 1348.9 \text{ N} \times \left(1 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{\pi^2 \times \left(60 \frac{\text{rev}}{\text{min}}\right)^2 \times 0.8} + 1.2 \times [(838.7 \text{ N} \times (0.320 \text{ m})^2)]$$

$$GD^2eq = 273.89 \text{ Nm}^2$$

$$Me_3 = 0.5 \times Me$$

$$Me_3 = 0.5 \times (617.5 \text{ Nm}) = 308.75 \text{ Nm}$$

$$Ma_2 = \frac{M_{\max} + 1.1 Me_2}{2} = \frac{1120 \text{ Nm} + 1.1 \times 308.75 \text{ Nm}}{2} = 729.81 \text{ Nm}$$

$$Ta = \frac{GD^2_{eq} \times n \times \pi}{120 \text{ g} \times (Ma - Me)}$$

$$ta3 = \frac{273.89 \text{ Nm}^2 \times 60 \text{ rpm} \times \pi}{120 \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (729.81 \text{ Nm} - 308.75 \text{ Nm})} = 0.1 \text{ s}$$

### Comprobación de calentamiento

#### Momento térmico equivalente

El momento térmico equivalente se calculó mediante la siguiente ecuación.

$$M_{eq} = \sqrt{\frac{\sum M_i^2 t_i}{120}}$$

Me: 617.5 Nm.

ta1: 1s.

Me2: 463.1 Nm.

ta2: 0.16s.

Me3: 308.75 Nm.

ta3: 0.1 s.

$M_{eq}$

$$= \sqrt{\frac{[(617.5 \text{ Nm})^2 \times 1 \text{ s}] + [(463.1 \text{ Nm})^2 \times 0.16 \text{ s}] + [(308.75 \text{ Nm})^2 \times 0.1 \text{ s}]}{120}}$$

$$M_{eq} = 59.53 \text{ Nm}$$

#### Potencia térmicamente equivalente

Donde:

- Meq: Momento equivalente.
- N: Frecuencia.

$$Neq = \frac{M_{eq} \times n}{9750}$$

$$Neq = \frac{59.53 \text{ Nm} \times 60}{9750}$$

$$Neq = 0.366 \text{ KW}$$

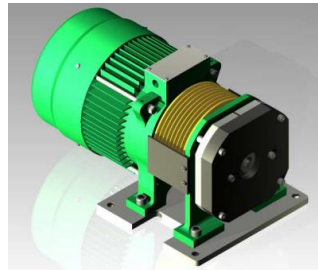
Para que no caliente el motor se debe cumplir la condición,  $Neq \leq N_n$ .

$$0.366 \text{ KW} \leq 3.8 \text{ KW}$$

Por lo tanto, se comprueba que el motor no sufrirá un sobrecalentamiento.

El motor seleccionado cumple con la condición del tiempo de arranque en el intervalo planteado, además, no se recalienta con lo cual se determinó que el motor Ge300-320-135 del proveedor PERMAGSA es el adecuado para el sistema de elevación.

**Figura 4. 59 Motor PERMAGSA Ge 300-320-135**



**Fuente: Guía del Usuario (PERMAGSA S.A., 2020)**

### **Freno**

La norma EN.81-1 nos menciona lo siguiente: el par de frenada debe ser capaz de frenar de forma segura el ascensor con una carga equivalente al 125% de la carga nominal y bloquearlo después de su parada. (Norma Europea UNE-EN 81-1, 2001)

“Un sistema de freno para un motor de ascensor funciona cuando las zapatas son presionadas ante el tambor por medio de unos resortes, las zapatas son separadas del tambor cuando se pone en tensión el electroimán que las acciona” (Miravete, y otros, 1998). Por lo que se deduce que en posición de reposo y cuando no hay tensión, el grupo tractor está frenado.

### **Par de frenada**

La norma EN.81-1 nos menciona que el par de frenada debe de ser lo suficiente para detener el ascensor.

El par está compuesto de dos partes: “la componente estática necesaria para bloquear el sistema después de la detención y la componente dinámica para absorber la energía cinética de todas las partes móviles del sistema” (Miravete, y otros, 1998), Para condiciones normales es suficiente con el par de frenada que produce el freno electromagnético siendo para este caso casi

igual al par estático, pero se analizó para el caso más crítico en el que se produjera un corte de energía eléctrica y cuando la cabina alcanza el piso inferior con una carga equivalente al 125% de la carga y deberá detener la cabina de forma fiable por lo tanto se debe tomar en cuenta los estudios estáticos y dinámicos.

### Par estático

A continuación, se procederá a calcular el par estático mediante la siguiente ecuación:

$$M_{est} = \frac{(1.25 Q_u + Q_b - Q_c) x g x D_t}{2 x i_g}$$

Donde:

- $Q_u$  Carga útil (300 kg).
- $Q_b$  Peso de cabina (550 kg).
- $Q_c$  Peso del contrapeso (700 kg).
- $D_t$  Diámetro de la polea de arrastre (0.320 m).
- $i_g$  Relación de transmisión que corresponde al cociente entre el rpm del motor y la de la corona que es igual a 1, esto porque no posee reductor.

$$M_{est} = \frac{(1.25 (300kg) + 550kg - 700kg) x 9.81 \frac{m}{s^2} x 0.320m}{2 x 1}$$

$$M_{est} = 353.16 Nm$$

### Par dinámico

Los cálculos lo realizamos mediante la siguiente ecuación:

$$M_{din} = I x \varepsilon$$

Donde:

$$\Sigma I = I_1 + I_2 + I_3$$

- $I_1$  Momento de inercia del eje y del freno.
- $I_2$  Momento de inercia de la polea.

- I3 Momento de inercia de todas las partes del sistema que se mueven linealmente.

$$I3 = \frac{(1.25 Qu + Qb + Qc) x Dt^2}{4 x ig^2}$$

El valor de I1 viene a ser la suma de las inercias del eje y del freno:

### Cálculo de la Inercia del eje

Peso del eje del motor

Densidad de A36: 7850 kg/m<sup>3</sup>.

Diámetro: 0.057 m.

$$A = \pi(0.0285m)^2 = 0.002552 m^2$$

$$Vol = \pi x 0.002552 m^2 x 0.5 m = 0.001276 m^3$$

$$masa = Vol x p = 0.001276 m^3 x 7850 \frac{kg}{m^3} = 10 kg$$

### Inercia

$$I = \frac{m x r^2}{2} = \frac{10 kg x (0.0285 m)^2}{2} = 0.016 kgm^2$$

### Cálculo de la Inercia del freno

Las dimensiones del freno se encontraron en el catálogo del motor.

R2: 0.027 m.

R1: 0.0887 m.

Densidad del Aluminio: 2700 kg/m<sup>3</sup>.

### Masa del disco de freno

$$A1 = \pi(0.027m)^2 = 0.00229m^2$$

$$A2 = \pi(0.0897m)^2 = 0.025 m^2$$

$$A2 = A2 - A1 = 0.025 m^2 - 0.00229m^2 = 0.022 m^2$$

$$Vol = \pi x 0.022 m^2 x 0.019 m = 1.092 x 10^{-4}m^3$$

$$masa = 1.092 x 10^{-4}m^3 x 2700 \frac{kg}{m^3} = 0.295 kg$$

### Inercia

$$I = \frac{m x r^2}{2} = \frac{0.295 kg x [(0.0897 m)^2 - (0.027 m)^2]}{2} = 0.00107 kgm^2$$

$$I1 = 0.016 + 0.001 = 0.017 \text{ kgm}^2$$

### Inercia de la polea

Peso de la polea

Longitud (lp): 0.135 m.

Densidad del hierro fundido: 7874 kg/m<sup>3</sup>.

$$Vol = \pi \times r^2 \times lp = \pi \times (0.16\text{m})^2 \times 0.135 \text{ m} = 0.011\text{m}^3$$

$$masa = Vol \times \rho = 0.011 \text{ m}^3 \times 7874 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 85.5 \text{ kg}$$

### Velocidad angular de la polea

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{1 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{0.160 \text{ m}} = 6.25 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

### Inercia de la polea

$$I2 = \frac{m \times r^2}{2} = \frac{86 \text{ kg} \times (0.16 \text{ m})^2}{2} = 1.094 \text{ kgm}^2$$

### Momento de inercia de todas las partes del sistema que se mueven linealmente

$$I3 = \frac{(1.25 \times 300 \text{ kg} + 550 \text{ kg} + 700 \text{ kg}) \times (0.320\text{m})^2}{4 \times 1}$$

$$I3 = 12.9 \text{ kgm}^2$$

Sumatoria de las inercias I1, I2, I3:

$$\Sigma I = I1 + I2 + I3 = 0.017 \text{ kgm}^2 + 1.094 \text{ kgm}^2 + 12.9 \text{ kgm}^2 = 14.01 \text{ kgm}^2$$

### Razón de freno

$$\varepsilon = \frac{2 \times \pi \times n}{60 \times tf}$$

Donde:

tf: Tiempo de frenada igual a 1m/s.

n: Frecuencia 60Hz.

$$\varepsilon = \frac{2 \times \pi \times 60}{60 \times 1 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 6.28$$

### Momento dinámico



$$M_{din} = I \times \varepsilon$$

$$M_{din} = 14.01 \text{ kgm}^2 \times 6.28 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 87.98 \text{ Nm}$$

### Par de frenada total

Por lo tanto, el par de frenado total esta dado por:

$$M_f = M_{est} + M_{din}$$

$$M_f = 353.16 \text{ Nm} + 87.98 \text{ Nm} = 441.14 \text{ Nm}$$

De esta manera se demostró que el freno con el que viene integrado el motor Ge 300-320-135 de la marca PERMAGSA es suficiente para contrarrestar el par de frenada de 441.14Nm que se necesita esto debido a que cuenta con un par de frenada de 542.8Nm, y cuyo valor está por encima de lo que exige el ascensor.

#### 4.6.15. Polea de tracción

“Las poleas que arrastran los cables por adherencia tienen tres características que las definen: su diámetro, el perfil de sus gargantas o canales, y el material de que están construidas” (Miravete, y otros, 1998, p. 108).

Para las poleas de tracción de los ascensores el tipo de garganta que más se utiliza es la semicircular que evita el rozamiento y la deformación del fondo de la garganta. (Miravete, y otros, 1998)

El material que se emplea en la fabricación de poleas de tracción es la fundición de hierro gris que tiene la resistencia suficiente para resistir la presión específica del cable sobre la garganta esta para que no produzca un desgaste anormal. (Miravete, y otros, 1998)

**Figura 4. 60 Polea del perfil semicircular con ranura**



**Fuente: Elevadores: Principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)**

Se utilizó para el diseño una polea de garganta semicircular con entalla o ranura y su fabricación será con hierro fundido gris para una buena resistencia, todo esto por recomendación de Miravete.

### **Adherencia de los cables en la polea de tracción**

La adherencia en los cables debe de ser adecuado para mover los cables tanto en la subida como en bajada y teniendo en cuenta su carga máxima, la norma EN.81 brinda la siguiente fórmula:

$$\frac{T_1}{T_2} C_1 C_2 \leq e^{f\alpha}$$

Donde:

- $\alpha$ : Ángulo de abrasamiento en rad.  $180^\circ (\pi)$ .
- $T_1/T_2$ : Relación entre la carga o fuerza estática mayor (T1) y menor (T2).
- C1: Coeficiente que es función de la desaceleración al frenado de la cabina, y de la aceleración normal de la gravedad.

**Tabla 4. 32 Coeficiente que es función de desaceleración de frenado de la cabina**

Valor de C1	Velocidad nominal (m/s)
1.10	0 a 0.63
1.15	0.63 a 1
1.20	1 a 1.6
1.25	1.6 a 2.5

**Fuente: Elevadores: Principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)**

- C2 Coeficiente que tiene en cuenta la variación del perfil de la polea de tracción debido al desgaste y se puede tener en cuenta la siguiente tabla:

**Tabla 4. 33 Coeficiente que tiene en cuenta la variación del perfil de la polea de tracción debido al desgaste**

Valor de C2	Perfil de garganta recomendado
1	Semicirculares o entalladas
1.2	Trapezoidales o en V

**Fuente: Elevadores: Principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)**

- e: Base de logaritmos neperianos.
- f: Coeficiente de rozamiento de los cables en las gargantas de las poleas de tracción.

**Tabla 4. 34 Ecuaciones para encontrar el coeficiente de rozamiento teniendo en cuenta el tipo de garganta**

Coeficiente de rozamiento	Tipo de garganta
$f = \frac{\text{sen}\mu}{\text{sen}\frac{\gamma}{2}}$	Trapezoidales o en V
$f = \frac{4\mu \times \text{sen}\frac{\delta}{2}}{\beta + \text{sen}\delta}$	Semicirculares
$f = 4\mu \frac{1 - \text{sen}\frac{\delta}{2}}{\pi - \delta - \text{sen}\delta}$	Semicirculares con entalla

**Fuente: Elevadores: Principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)**

Para las gargantas semicirculares se considera un ángulo  $\beta$  entre  $120^\circ$  y  $150^\circ$  (Miravete, y otros, 1998), con esta referencia se asume un ángulo  $\beta$  de  $150^\circ$  (2.618 radianes) y un ángulo  $\delta$  de  $80^\circ$  (1.39 radianes). Miravete también recomienda que el valor del coeficiente de rozamiento ( $\mu$ ) sea de 0.09 para la polea de acero fundido.

$$f = 4\mu \frac{1 - \text{sen}\frac{\delta}{2}}{\pi - \delta - \text{sen}\delta} = \frac{4 (0.09) \times (1 - \text{sen}\frac{1.39 \text{ rad}}{2})}{\pi - 1.39 - \text{sen} 1.39} = 0.17$$

Miravete recomienda dos casos para analizar las tensiones que estarán sometidos los dos ramales de los cables que mueven la polea de arrastre de un ascensor de tracción por adherencia serán las siguientes:

**Cabina cargada llegando a la planta baja:**

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{Q_b + Q_u + Q_l}{Q_c + Q_e}$$

Donde:

- $Q_b$ : Peso de la cabina (550kg).
- $Q_u$ : Carga útil (300kg).
- $Q_l$ : Peso de los cables (despreciable porque la altura es menor a 30m).
- $Q_c$ : Peso del contrapeso (700kg).
- $Q_e$ : Peso de los cables del contrapeso (despreciable porque la altura es menor a 30m).

De esta manera:

$$\frac{T_1}{T_2} C_1 C_2 \leq e^{f\alpha}$$

Sustituyendo los valores de T1/T2 se tiene:

$$\frac{Q_b + Q_u + Q_l}{Q_c + Q_e} C_1 C_2 \leq e^{f\alpha}$$

Donde:

- $\alpha$ :  $180^\circ$  o el valor de 3.1416.
- $f$ : 0.17.
- $C_1$ : Valor de la tabla 4.32 igual a 1.15.
- $C_2$ : Valor de la tabla 4.33 igual a 1.

$$\frac{550kg + 300kg + 0kg}{700kg + 0kg} \times 1.15 \times 1 \leq e^{0.17 \times 3.1416} = 1.39 \leq 1.7$$

**Cabina descargada llegando a la planta alta:**

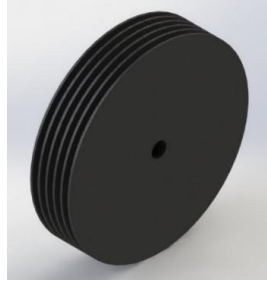
$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{Q_b + Q_l}{Q_c + Q_e}$$

$$\frac{Q_c + Q_l}{Q_b + Q_e} C_1 C_2 \leq e^{f\alpha}$$

$$\frac{700 kg}{550 kg} \times 1.15 \times 1 \leq e^{0.17 \times 3.1416} = 1.61 \leq 1.7$$

Con estos valores se comprueba que la polea de gargantas semicirculares con 5 ranuras de ángulos  $\beta$   $150^\circ$   $\delta$   $60^\circ$ , de diámetro 320mm y de material hierro fundido gris produce la tracción necesaria para los cables en los dos casos críticos.

**Figura 4. 61 Polea de gargantas semicirculares**



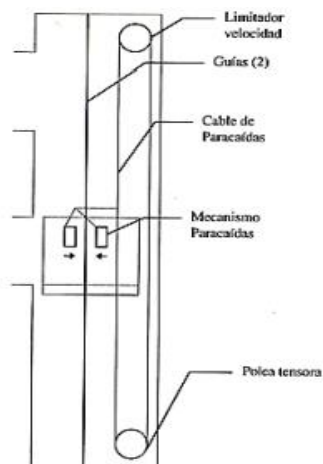
**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

#### 4.6.16. Selección del circuito de seguridad

“Hoy en día todos los ascensores disponen de un circuito de seguridad cuyo objetivo es detener la cabina en caso de que ésta adquiriera una velocidad superior a la que debiera” (Miravete, y otros, 1998, p. 203)

En este apartado seleccionó el limitador de velocidad, el cable para el limitador de velocidad y el paracaídas tomando en consideración las recomendaciones de Miravete.

**Figura 4. 62 Circuito de paracaídas**



**Fuente: Elevadores: Principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)**

#### 4.6.16.1. Limitador de velocidad

El limitador de velocidad va actuar cuando la velocidad de la cabina exceda de la normal. (Miravete, y otros, 1998).

Miravete proporciona la siguiente tabla para seleccionar la máxima velocidad a la que debe actuar el limitador de velocidad.

**Tabla 4. 35 Velocidades máximas de los aparatos elevadores para las que debe actuar el limitador de velocidad**

Velocidad nominal en m/s	Porcentaje de aumento de la velocidad nominal para el que debe actuar el limitador de velocidad	Velocidad para la que debe actuar el limitador de velocidad
0-0.50	50%	0.75
0.60	50%	0.90
0.65	50%	0.97
0.70	50%	1.05
0.80	40%	1.12
1.00	40%	1.40
1.20	40%	1.68
1.25	40%	1.75
1.50	40%	2.10
1.60	35%	2.16
1.75	35%	2.35
2.00	35%	2.70
2.50	30%	3.75
3.00	30%	3.90
3.50	30%	4.55
4.00	30%	5.20
4.50	30%	5.85
5.00	30%	6.50
5.50	30%	7.15
6.00	30%	7.80

**Fuente: Elevadores: Principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)**

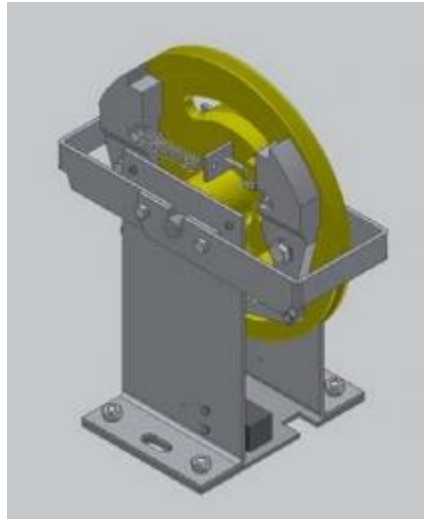
Se tuvo en consideración los siguientes resultados para seleccionar el limitador de velocidad:

- La velocidad nominal a la que debe trabajar es de 1m/s.
- Velocidad a la que deberá actuar es de 1.4m/s.
- Diámetro del cable es de 8mm.

Teniendo en consideración los resultados anteriores se seleccionó el limitador de velocidad LBD-300 de la marca DYNATECH que tienen los siguientes valores:

- La velocidad nominal está en el rango de 0.1m/s y 1.6m/s.
- Velocidad de actuación está en el rango de 0.8m/s y 2m/s.
- Diámetro del cable está en el rango de 6 a 8mm.

**Figura 4. 63 Limitador de velocidad LBD 200**



**Fuente: Dynatech (DYNATECH, 2020)**

#### 4.6.16.2. Cable para el accionamiento del limitador de velocidad

“Los limitadores de velocidad deben ser accionados por un cable muy flexible y protegido contra la oxidación y de diámetro mínimo 6mm” (Miravete, y otros, 1998, p. 185).

“En cuanto a la construcción del cordón, en ascensores nunca se utilizan cordones de diámetros iguales, son Seale, Warrington, Filler Wire o bien Warrington-Seale”(Miravete, y otros, 1998, p. 185).

**Tabla 4. 36 Cables para el accionamiento del limitador de velocidad**

Denominación	Diámetro (mm)	Altura (m)	Garganta de polea
6 x 19 Seale + 1	6-16	Hasta 50	No entalla ancha
6 x 19 W + 1	6-8	Hasta 50	No entalla ancha

**Fuente: Elevadores: principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)**

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se seleccionó el cable del tipo Seale 8 x 19 de 8mm por ser la más utilizada en ascensores de bajas prestaciones de servicios.

#### 4.6.16.3. Paracaídas

“Paracaídas de aceleración. Actúa en caso de que la velocidad de la cabina exceda la normal y paracaídas de rotura o desequilibrio de cables. Actúa en caso de rotura o desequilibrio en la tensión de los cables” (Miravete, y otros, 1998)

Para la selección del paracaídas se tuvo en consideración los siguientes resultados:

- El espesor de la guía es de 16mm ya que utilizó la del tipo I90-16.
- El peso al que operará será de 850kg (esto contempla la carga útil más el peso de la cabina).
- La velocidad de actuación debe estar alrededor de 1.4m/s.
- La actuación del paracaídas debe ser de forma descendente.

Con estos requerimientos se seleccionó el paracaídas progresivo unidireccional PR-2500 de la marca DYNATECH con las siguientes características:

- El espesor de la guía para este modelo debe ser de 16mm.
- El peso al que puede operar se encuentra en el rango de 741kg (-7.5%) y 1700kg (+7.5%).
- La velocidad de actuación máxima es de 2.5m/s.
- La actuación del paracaídas es de forma descendente.

**Figura 4. 64 Paracaídas PR-2500**



**Fuente: Dynatech (DYNATECH, 2020)**



## V. RESULTADOS

### 5.1. Resultados descriptivos.

A continuación, se muestran los resultados:

**Tabla 5. 1 Capacidad de la cabina**

<b>Número de personas a transportar y capacidad de carga</b>	
1 persona con silla de ruedas + 1 acompañante o 4 personas de pie.	
<b>Capacidad</b>	<b>300kg</b>

El diagrama ilustra dos formas de ocupar un espacio cuadrado de 1.50 m por 1.50 m. En la configuración de la izquierda, una silla de ruedas y un acompañante ocupan el espacio. En la configuración de la derecha, cuatro personas de pie ocupan el espacio.

**Fuente: Elaborado en base a la Norma EN.81-1**

Se determinó la capacidad de la cabina en base a la norma EN.81-1 y la norma técnica A.120. Finalmente, se obtuvo que puede ser usado por una persona en silla de ruedas más un acompañante o cuatro personas de pie, el peso de la carga útil es igual a 300kg. El área total disponible dentro de la cabina es de 2.25m<sup>2</sup>.

**Tabla 5. 2 Diseño del amortiguador para la cabina**

<b>Amortiguadores para la cabina</b>	
	
<b>Material:</b>	ASTM A401
<b>Número de espiras:</b>	9 espiras
<b>Dimensión:</b>	Lo: 22.3 cm, $\varnothing$ : 9.4cm y d: 11.89mm
<b>Tipo:</b>	Rebajado a escuadra
<b>N° amortiguadores:</b>	4
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>von Mises (N/mm<sup>2</sup> (MPa))</p> <p>Máx.: 1.034e+02 Límite elástico: 6.204e+02</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>FDS</p> <p>Min.: 5.998e+00</p> </div> </div> <p>Los resultados de la simulación respaldan los cálculos, ya que el valor máximo de tensión es de 103.4MPa y el acero ASTM A401 tiene un límite elástico de 620.4MPa, el factor de seguridad es de 6 con lo que se garantiza que el resorte no fallará.</p>	

**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Se diseñó los resortes en base a la norma EN.81-1 y con asistencia del SolidWorks se comprobó los resultados. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usarán 4 amortiguadores para la cabina de 9 espiras de material ASTM A401, de dimensiones Lo: 22.3 cm,  $\varnothing$ : 9.4cm y d: 11.89mm, rebajado a escuadra.

**Tabla 5. 3 Diseño del amortiguador para el contrapeso**

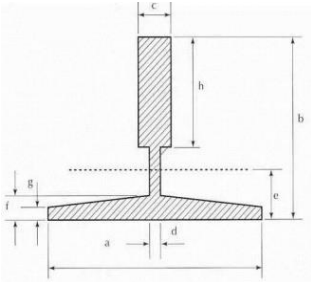
<b>Amortiguadores para el contrapeso</b>	
	
<b>Material:</b>	ASTM A401
<b>Número de espiras:</b>	9 espiras
<b>Dimensión:</b>	Lo: 26cm, $\varnothing$ : 12cm y d: 15mm
<b>Tipo:</b>	Rebajado a escuadra
<b>N° amortiguadores:</b>	2
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>von Mises (N/mm<sup>2</sup> (MPa))</p> <p>→ Máx.: 9.449e+01</p> <p>→ Limite elástico: 6.204e+02</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>FDS</p> <p>→ Mín.: 6.566e+00</p> </div> </div>	
<p>Los resultados de la simulación respaldan los cálculos, ya que el valor máximo de tensión es de 94.5Mpa y el acero ASTM A401 tiene un límite elástico de 620.4MPa, el factor de seguridad es de 6.6 con lo que se garantiza que el resorte no fallará.</p>	

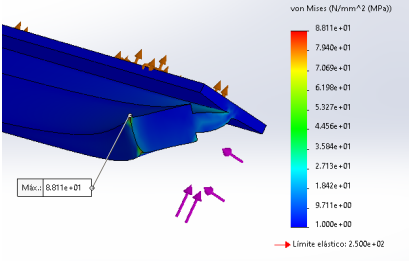
**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Se diseñó los resortes en base a la norma EN.81-1 y con asistencia del SolidWorks se comprobó los resultados. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usarán 2 amortiguadores para la cabina de 9 espiras de material ASTM A401, de dimensiones Lo: 26 cm,  $\varnothing$ : 12cm y d: 15mm, rebajado a escuadra.

**Tabla 5. 4 Diseño de las guías para la cabina**

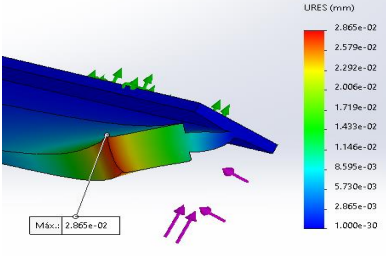
<b>Guías para la cabina</b>	
<b>Material:</b>	ASTM A36
<b>Longitud:</b>	9m de longitud cada una
<b>Tipo:</b>	I-90/16
<b>Cantidad:</b>	2 guías
<b>Dimensión</b>	
<b>a:</b>	90mm
<b>b:</b>	75mm
<b>c:</b>	16mm
<b>d:</b>	8mm
<b>f:</b>	10mm
<b>R:</b>	8mm
<b>h:</b>	42mm



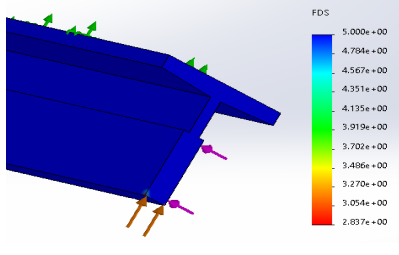


Máx.: 8.811e+01

→ Límite elástico: 2.500e+02



Máx.: 2.865e-02



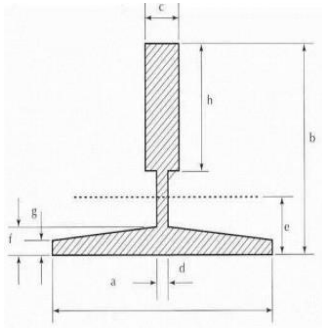
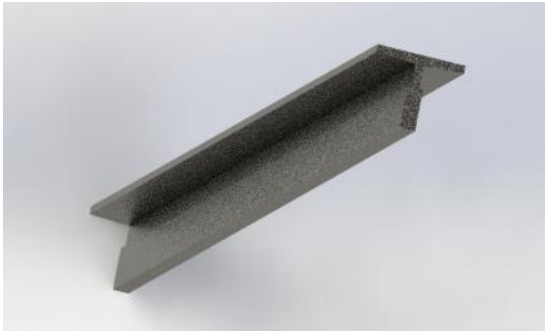
Máx.: 5.000e+00

Acorde a la simulación podemos ver que la tensión máxima obtenida es de 88.1MPa cuyo valor está por debajo de lo que puede resistir el acero ASTM A36 de 250 MPa, con esto se demuestra que la estructura no va a fallar. Además, presenta un desplazamiento máximo de 0.029 mm que está acorde a lo permitido y un factor de seguridad de 2.84.

**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Se diseñó las guías para la cabina en base a la norma EN.81-1 y con asistencia del SolidWorks se comprobó los resultados. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usarán 2 guías para la cabina de material ASTM A36, de 9m de longitud y del tipo I-90/16.

**Tabla 5. 5 Diseño de las guías para el contrapeso**

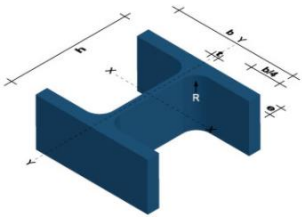
<b>Guías para el contrapeso</b>	
<b>Material:</b>	ASTM A36
<b>longitud:</b>	9m de longitud cada una
<b>Tipo:</b>	I-90/16
<b>Cantidad:</b>	2 guías
<b>Dimensión</b>	
<b>a:</b>	90mm
<b>b:</b>	75mm
<b>c:</b>	16mm
<b>d:</b>	8mm
<b>f:</b>	10mm
<b>R:</b>	8mm
<b>h:</b>	42mm
	
	
<p>Como el contrapeso no tiene paracaídas y las guías sólo tienen la misión de guiar a la cabina entonces se utilizarán los perfiles del tipo I-90/16 para las guías del contrapeso.</p>	

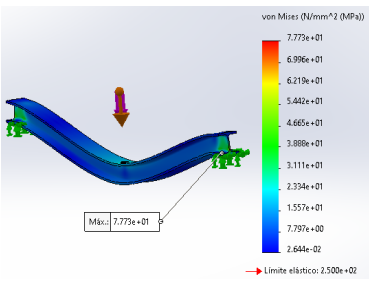
**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

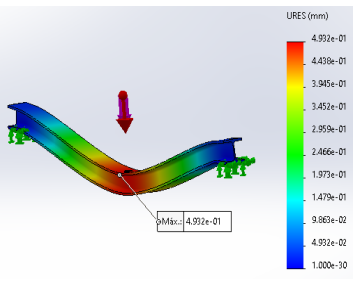
Se diseñó las guías para la cabina en base a la norma EN.81-1 y con recomendación de Miravete en su libro Elevadores, principios e Innovaciones. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usarán 2 guías para el contrapeso de material ASTM A36, de 9m de longitud y del tipo I-90/16.

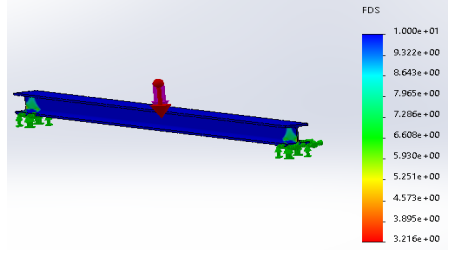
**Tabla 5. 6 Diseño de la estructura soporte del motor**

Estructura soporte del motor	
<b>Material:</b>	ASTM A36
<b>Longitud:</b>	2.20m cada una
<b>Tipo:</b>	HEB 100
<b>Número de vigas:</b>	2 vigas
<b>Dimensión</b>	
<b>h:</b>	100mm
<b>b:</b>	100mm
<b>t:</b>	6mm
<b>e:</b>	10mm
<b>R:</b>	12mm








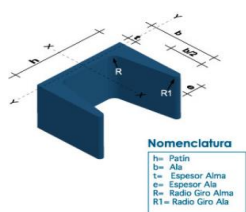
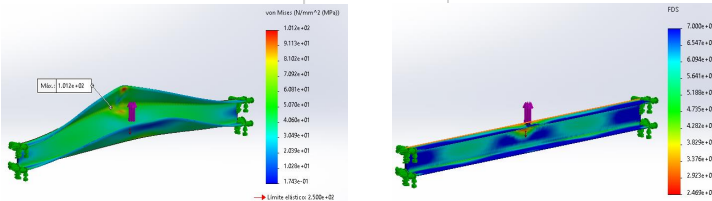
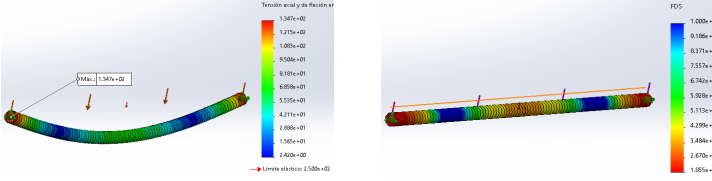


Acorde a la simulación podemos ver que la tensión máxima obtenida es de 77.7MPa cuyo valor está por debajo de lo que puede resistir el acero ASTM A36 de 250 MPa, con esto se demuestra que la estructura no va a fallar. Además, presenta un desplazamiento máximo de 0.5 mm que está acorde a lo permitido y un factor de seguridad de 3.21.

**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Se diseñó los soportes del motor en base a los criterios de resistencia de materiales y con asistencia del SolidWorks se comprobó los resultados. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usarán 2 soportes para el motor de material ASTM A36, de 2.2m de longitud y del tipo HEB100.

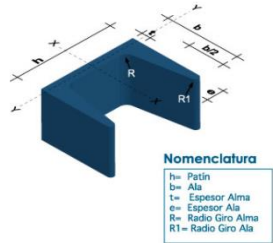
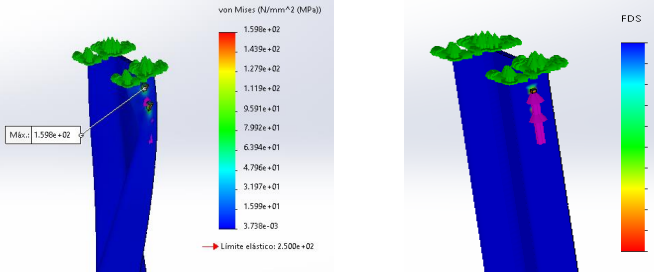
**Tabla 5. 7 Diseño de las vigas del bastidor para la cabina**

<b>Bastidor para la cabina</b>	
	
<b>Vigas</b>	
<b>Material:</b>	ASTM A36
<b>Longitud:</b>	1.70m cada una
<b>Tipo:</b>	UPN 120
<b>Número de vigas:</b>	4 vigas
<b>Dimensión</b>	
<b>h:</b>	120mm
<b>b:</b>	55mm
<b>t:</b>	7mm
<b>e:</b>	9mm
<b>R:</b>	9mm
<b>R1:</b>	4.5mm
	
<b>Simulación viga superior</b>	
	
<p>Acorde a la simulación podemos ver que la tensión máxima obtenida es de 101.2 MPa cuyo valor está por debajo de lo que puede resistir el acero ASTM A36 de 250 MPa, también se aprecia un factor de seguridad de 2.5, con esto se demuestra que la estructura no va a fallar.</p>	
<b>Simulación viga inferior</b>	
	
<p>Acorde a la simulación podemos ver que la tensión máxima obtenida es de 134.5MPa cuyo valor está por debajo de lo que puede resistir el acero ASTM A36 de 250 MPa, el factor de seguridad es de 1.9, con esto se demuestra que la estructura no va a fallar.</p>	

**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Se diseñó las vigas del bastidor para la cabina en base a los criterios de resistencia de materiales y con asistencia del SolidWorks se comprobó los resultados. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usarán 4 vigas para el bastidor de la cabina de material ASTM A36, de 1.70m de longitud y del tipo UPN120.

**Tabla 5. 8 Diseño de las columnas del bastidor para la cabina**

Columnas	
<b>Material:</b>	ASTM A36
<b>Longitud:</b>	3m cada una
<b>Tipo:</b>	UPN 120
<b>Número de columnas:</b>	2 columnas
<b>Dimensión</b>	
<b>h:</b>	120mm
<b>b:</b>	55mm
<b>t:</b>	7mm
<b>e:</b>	9mm
<b>R:</b>	9mm
<b>R1:</b>	4.5mm
 <p><b>Nomenclatura</b>  h= Patrón  b= Ala  t= Espesor Ala  e= Espesor Alma  R= Radio Giro Alma  R1= Radio Giro Ala</p>	
	
<p>Acorde a la simulación podemos ver que la tensión máxima obtenida es de 159.8MPa cuyo valor está por debajo de lo que puede resistir el acero ASTM A36 de 250MPa, el factor de seguridad es 1.6, con esto se demuestra que la estructura no va a fallar.</p>	

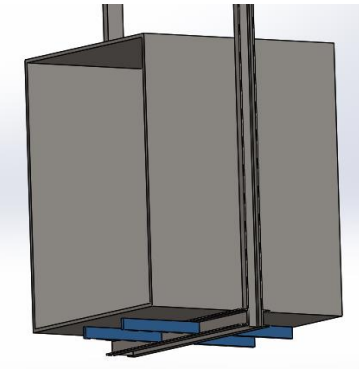
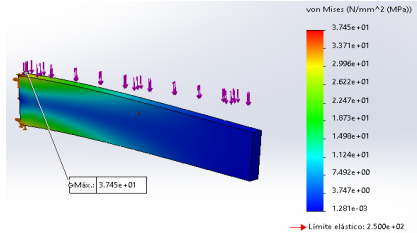
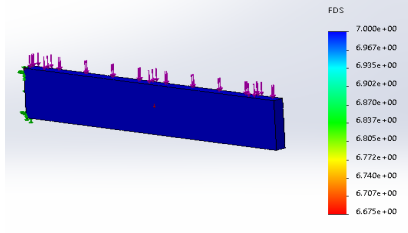
**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Se diseñó las columnas del bastidor para la cabina en base a los criterios de resistencia de materiales y con asistencia del SolidWorks se comprobó los resultados. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usarán 2 columnas



para el bastidor de la cabina de material ASTM A36, de 3m de longitud y del tipo UPN120.

**Tabla 5. 9 Diseño de las juntas soldadas del bastidor para la cabina**

<b>Juntas soldadas del bastidor para la cabina</b>	
	
<p>Se llegó a determinar que la soldadura tendrá una dimensión <math>w=1''</math> soldadura en filete con electrodo E7018 para un ciclo de 10000000. En el cual se usará 4 planchas de 0.084m x 0.60m x 1''.</p>	
	
<p>Con la simulación se demuestra que valor de tensiones máximo es de 37.45 MPa está por debajo a la tensión máxima del electrodo 7018 propuesto para el diseño que tiene un valor de 480MPa, además el factor de seguridad es de 6.7, por lo tanto, se comprueba mediante simulación que el diseño de las juntas es correcto.</p>	

**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Se diseñó las juntas soldadas del bastidor para la cabina en base a los criterios de resistencia de materiales y con asistencia del SolidWorks se comprobó los resultados. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usarán 4 planchas de material ASTM A36, de 0.084m x 0.60m x 1'' y se soldará con electrodos E7018, con soldadura de 1'' del tipo filete.

**Tabla 5. 10 Diseño de la cabina**

<b>Cabina</b>	
<b>Dimensiones</b>	
<b>Largo:</b>	1.5m
<b>Ancho:</b>	1.5m
<b>Alto:</b>	2m
<b>Estructura de la cabina</b>	
Perfil L30x30x3mm	
<b>Longitud:</b>	20m
<b>Material:</b>	ASTM A36
<b>Pared lateral y posterior</b>	
Plancha laminadas en caliente de 2mm	
<b>Área:</b>	9m <sup>2</sup>
<b>Material:</b>	ASTM A36
<b>Piso y techo</b>	
Plancha laminadas en caliente de 5mm	
<b>Área:</b>	4.5m <sup>2</sup>
<b>Material:</b>	ASTM A36



**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Se diseñó la cabina en base a los criterios de resistencia de materiales y con asistencia del SolidWorks se comprobó los resultados. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usará el perfil L30x30x3mm para la estructura de la cabina de material ASTM A36, para las paredes laterales y la posterior se usará Plancha laminada en caliente de 2mm de material ASTM A36, para el piso y para el techo de la cabina se usará plancha laminadas en caliente de 5mm de espesor de material ASTM A36 y se soldará con electrodos E7018, con soldadura de 1" del tipo filete.

**Tabla 5. 11 Diseño del bastidor del contrapeso**

<b>Bastidor para el contrapeso</b>		
<b>Vigas y Columnas</b>		
<b>Material:</b>	ASTM A36	
<b>Longitud:</b>	5m en total	
<b>Tipo:</b>	UPN 80	
<b>Número de columnas:</b>	2 columnas	
<b>Número de vigas:</b>	2 vigas	
<b>Dimensión</b>		
<b>h:</b>	80mm	
<b>b:</b>	45mm	
<b>t:</b>	6mm	
<b>e:</b>	8mm	
<b>R:</b>	8mm	
<b>R1:</b>	4mm	

**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Se diseñó el bastidor del contrapeso en base a los criterios de resistencia de materiales, bajo la norma EN.81-1 y con asistencia del SolidWorks se comprobó los resultados. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usarán 2 columnas y 2 vigas para el bastidor del contrapeso y estos serán de material ASTM A36, de 5m de longitud y del tipo UPN80.

**Tabla 5. 12 Diseño del contrapeso**

<b>Contrapeso</b>		
<b>Material:</b>	Concreto convencional	
<b>Densidad:</b>	2400kg/m <sup>3</sup>	
<b>Dimensiones</b>		
<b>Alto:</b>	1.2m	
<b>Ancho:</b>	1.14m	
<b>Espesor:</b>	0.20m	
		

**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Se diseñó el bastidor del contrapeso en base a los criterios de resistencia de materiales, bajo la norma EN.81-1 y con asistencia del SolidWorks se comprobó los resultados. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usará un bloque de concreto de 1.2m x 1.14m x 0.20m de material concreto convencional de densidad 2400kg/m<sup>3</sup>.

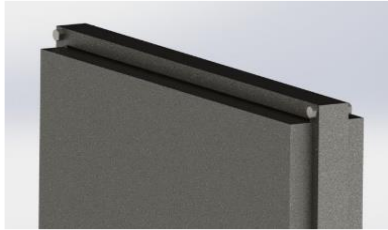
**Tabla 5. 13 Selección de los pernos para el bastidor de la cabina**

<b>Pernos para el bastidor de la cabina</b>	
<b>Número de pernos:</b>	16 pernos
<b>Material:</b>	AISI 1020
<b>Dimensión:</b>	3/4" x 1 1/2"
<b>Grado:</b>	8
	

**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Se seleccionó los pernos para el bastidor de la cabina en base a los criterios de resistencia de materiales y bajo los parámetros de la norma EN.81-1. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usarán 16 pernos de rosca completa de ¾" x 1 ½" de grado 8 con tuerca y arandela de material AISI 1020.


**Tabla 5. 14 Selección de los pernos para el bastidor del contrapeso**

<b>Pernos para el bastidor del contrapeso</b>	
<b>Número de pernos:</b>	8 pernos
<b>Material:</b>	AISI 1020
<b>Dimensión:</b>	3/4" x 1 1/2"
<b>Grado:</b>	8
	

**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Se seleccionó los pernos para el bastidor del contrapeso en base a los criterios de resistencia de materiales y bajo los parámetros de la norma EN.81-1. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usarán 8 pernos de rosca completa de 3/4" x 1 1/2" de grado 8 con tuerca y arandela de material AISI 1020.

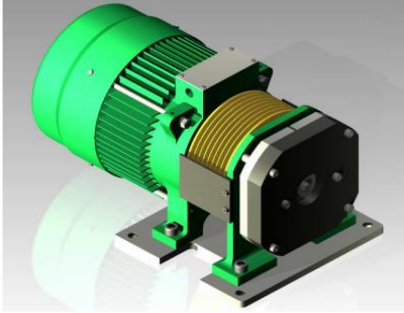
**Tabla 5. 15 Selección de los pernos para el anclaje del bastidor de la cabina**

<b>Pernos para el anclaje del bastidor de la cabina</b>	
<b>Número de pernos:</b>	6 pernos
<b>Material:</b>	AISI 1020
<b>Dimensión:</b>	3/4" x 1 1/2"
<b>Grado:</b>	8
	

**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Se seleccionó los pernos para el anclaje del bastidor de la cabina en base a los criterios de resistencia de materiales y bajo los parámetros de la norma EN.81-1. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usarán 6 pernos de rosca completa de  $\frac{3}{4}$ " x  $1 \frac{1}{2}$ " de grado 8 con tuerca y arandela de material AISI 1020.

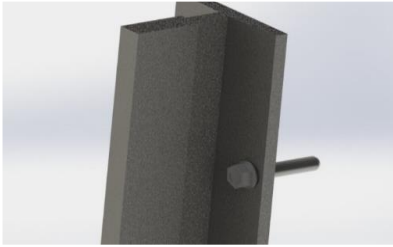
**Tabla 5. 16 Selección de los pernos para el anclaje del motor**

<b>Pernos para el anclaje del motor</b>	
<b>Número de pernos:</b>	4 pernos
<b>Material:</b>	AISI 1020
<b>Dimensión:</b>	M16
<b>Grado:</b>	8.8
	

**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Se seleccionó los pernos para el anclaje del bastidor de la cabina en base a la recomendación que brindó el fabricante. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usarán 4 pernos de rosca completa M16 de grado 8.8 con tuerca y arandela de material AISI 1020.

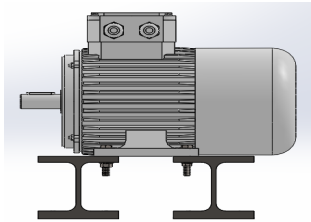
**Tabla 5. 17 Selección de los tornillos de sujeción para las guías**

<b>Tornillo de sujeción para las guías</b>	
<b>Número de pernos:</b>	12
<b>Material:</b>	AISI 1020
<b>Dimensión:</b>	3/8" x 4 1/2"
<b>Grado:</b>	8.8
	

**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Se seleccionó los tornillos de sujeción para las guías en base a la recomendación que brindó el fabricante. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usarán 12 tornillos de rosca completa de 3/8" x 4 1/2" de grado 8.8 de material AISI 1020.

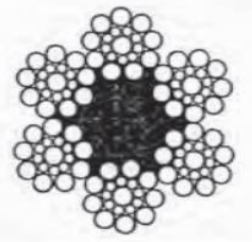
**Tabla 5. 18 Selección de los pernos para la estructura del motor**

<b>Pernos para la estructura del motor</b>	
<b>Número de pernos:</b>	8
<b>Material:</b>	AISI 1020
<b>Dimensión:</b>	3/8" x 4 1/2"
<b>Grado:</b>	8.8
	

**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Se seleccionó los tornillos de sujeción para las guías en base a los criterios de resistencia de materiales. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usarán 8 pernos de rosca completa de 3/8" x 4 1/2" de grado 8.8 de material AISI 1020.

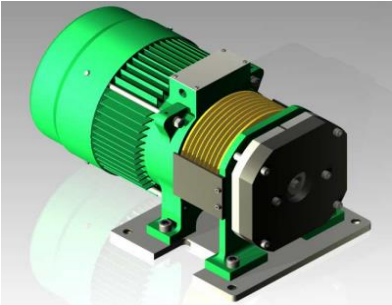
**Tabla 5. 19 Selección de los cables de tracción**

<b>Cables de tracción</b>	
<b>Tipo:</b>	Seale 6 x19 (9+9+1) +1 textil
<b>Diámetro:</b>	8mm
<b>Longitud:</b>	100m
	
<p>Se obtuvo un factor de seguridad de 11.2 le cual es apropiado para el diseño.</p>	

**Fuente: Elevadores: Principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)**

Se seleccionó los cables de tracción para el ascensor en base a los criterios de resistencia de materiales y a la recomendación de Miravete recomendada en su libro. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usarán 100m de cables del tipo Seale 6 x 19 (9+9+1) + 1 textil de 8mm de diámetro.

**Tabla 5. 20 Selección del motor de tracción**

<b>Motor de tracción</b>	
<b>Modelo:</b>	Ge300-320-135
<b>Potencia nominal:</b>	3.8kW
<b>Fabricante:</b>	PERMAGSA
<b>Cantidad:</b>	1 unidad
	

**Fuente: Guía del Usuario (PERMAGSA S.A., 2020)**



Se seleccionó el motor de tracción para el ascensor en base a los criterios de Herrera y cumpliendo con los requerimientos del diseño. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usará un motor de 3.8kW de modelo Ge300-320-135 del fabricante Permagsa.

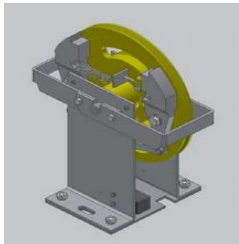
**Tabla 5. 21 Selección de la polea de tracción**

<b>Polea de tracción</b>	
<b>Tipo:</b>	Polea de garganta semicirculares
<b>Número de ranuras:</b>	5
<b>Ángulo <math>\beta</math>:</b>	150°
<b>Ángulo <math>\delta</math>:</b>	60°
<b>Diámetro:</b>	320mm
<b>Material</b>	Hierro fundido gris
<b>Cantidad:</b>	1 unidad
	

**Fuente: Elaborado con asistencia del SolidWorks 2020**

Se diseñó la polea de tracción en base a los criterios de resistencia de materiales y con asistencia del SolidWorks se comprobó los resultados. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usará una polea de 5 ranuras de material hierro fundido gris de ángulos  $\beta$  150°,  $\delta$  60° y de diámetro 320mm.

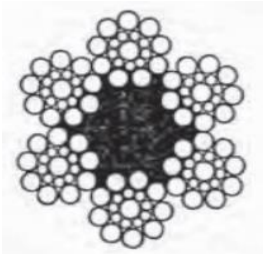
**Tabla 5. 22 Selección del limitador de velocidad**

<b>Limitador de velocidad</b>	
<b>Velocidad nominal:</b>	0.1m/s - 1.6m/s
<b>Velocidad de actuación:</b>	0.8m/s - 2m/s
<b>Diámetro del cable:</b>	6 a 8mm
<b>Tipo:</b>	LBD 200
<b>Marca:</b>	DYNATECH
<b>Cantidad:</b>	1 unidad
	

**Fuente: Dynatech (DYNATECH, 2020)**

Se seleccionó el limitador de velocidad para el ascensor en base a los criterios del fabricante y cumpliendo con los requerimientos del diseño. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usará un limitador de velocidad del tipo LBD 200 para cable de 8mm de la marca DYNATECH.


**Tabla 5. 23 Selección del cable para el limitador de velocidad**

<b>Cable para el accionamiento del limitador de velocidad</b>	
<b>Tipo:</b>	Seale 6 x19 +1
<b>Diámetro:</b>	8mm
<b>Longitud:</b>	12m
	

**Fuente: Elevadores: Principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)**

Se seleccionó los cables para el limitador de velocidad del ascensor en base a los criterios de resistencia de materiales y a la recomendación de Miravete recomendada en su libro. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usarán 12m de cables del tipo Seale 6 x 19 (9+9+1) + 1 textil de 8mm de diámetro.

**Tabla 5. 24 Selección del paracaídas**

<b>Paracaídas</b>	
<b>Espesor de guía:</b>	16mm
<b>Peso de trabajo:</b>	741kg (-7.5%) - 1700kg (+7.5%)
<b>Velocidad máxima de actuación:</b>	2.5m/s
<b>Actuación de paracaídas:</b>	Descendente
<b>Tipo:</b>	PR-2500
<b>Marca:</b>	DYNATECH
<b>Cantidad:</b>	1 unidad
	

**Fuente: Dynatech (DYNATECH, 2020)**

Se seleccionó el paracaídas para el ascensor en base a los criterios del fabricante y cumpliendo con los requerimientos del diseño. Finalmente, como resultado se obtuvo que se usará un paracaídas del tipo PR-2500 de actuación descendente de la marca DYNATECH para guías de espesor 16mm.

## 5.2. Resultados inferenciales

Para el presente proyecto de tesis no se obtuvieron resultados inferenciales.

## **VI. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1. Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.**

- Mediante el diseño de un ascensor eléctrico de capacidad de 300kg y con la asistencia de un software de ingeniería que para la presente investigación fue el SolidWorks 2020 se logró proyectar el acceso de las personas discapacitadas hasta el tercer nivel del pabellón de aulas de la FIME – UNAC.
- Aplicando el marco normativo de manera correcta se validó que estos se encuentran dentro de los parámetros de diseño, y de esta manera se pudo realizar el correcto dimensionamiento de los componentes del ascensor eléctrico.
- Diseñando la estructura del ascensor eléctrico con capacidad de 300kg y verificando los resultados mediante un software de ingeniería permitió proyectar el comportamiento de los diferentes elementos y de esta forma asegurar el transporte de personas discapacitadas.
- Seleccionando los componentes mecánicos y electromecánicos del ascensor eléctrico se asegura un adecuado funcionamiento del sistema de elevación.

### **6.2. Contrastación de los resultados con otros estudios similares.**

#### **6.2.1. Contrastación de resultados con antecedentes internacionales.**

- De la tesis titulada “Diseño mecánico de un ascensor montacargas”, se afirma que la metodología aplicada ayuda mucho en el desarrollo de los cálculos ya que se disgrega un todo en partes para ser analizado de manera detallada. También se confirma que el diseño de un ascensor sin cuarto de máquinas es el más adecuado para la presente investigación; así como la velocidad de 1m/s para el ascensor es la más adecuada ya que se encuentra dentro de lo que pide la norma EN.81.
- De la tesis titulada “Diseño y construcción de un ascensor de carga con capacidad de 1 tonelada, para el área de bodega de la Súper despensa

Mark”, se puede confirmar que la mejor manera de proyectar los comportamientos de los elementos calculados de un ascensor es simulando su comportamiento mediante un software de diseño, para la presente investigación se realizó con la ayuda del SolidWorks 2020 la cual resultó muy útil y práctico a la hora de realizar la simulación.

#### 6.2.2. Contrastación de resultados con antecedentes nacionales.

- De la tesis titulada “Diseño de un elevador para personas en condición de discapacidad para el Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Robótica Aplicada - PUCP”, se confirma que el peso de 300kg es el adecuado para ser considerado como el peso de una persona discapacitada en silla de ruedas más el peso de un acompañante, ya que brinda la ventaja de poder diseñar una cabina amplia para las personas con discapacidad y de esta manera cumplir con los requisitos de la norma técnica A.120.

#### 6.3. Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes.

El autor de la investigación se responsabiliza por la información emitida en el informe final de la Tesis titulada “DISEÑO DE UN ASCENSOR ELÉCTRICO CON CAPACIDAD DE 300kg PARA EL ACCESO DE PERSONAS DISCAPACITADAS HASTA EL TERCER NIVEL DEL PABELLÓN DE AULAS DE LA FIME – UNAC” de acuerdo a la norma y reglamentos vigentes de la Universidad Nacional del Callao.

## CONCLUSIONES

- Se logró realizar el diseño de un ascensor eléctrico con capacidad de 300kg que nos permita el acceso de personas discapacitadas hasta el tercer nivel del pabellón de aulas de la FIME - UNAC.
- Se aplicó el marco normativo de tal manera que nos permitió obtener los parámetros de diseño como lo fue la dimensión de la cabina y la capacidad de carga, logrando de esta manera diseñar en base a la norma EN.81-1 y la norma técnica A120 que contempló una serie de requisitos y exigencias.
- Se diseñó la estructura del ascensor eléctrico con capacidad de 300kg, permitiendo que las personas discapacitadas tengan suficiente espacio en la cabina para ser transportadas de manera cómoda y segura. También se tomó en cuenta los criterios de diseño por resistencia de materiales para dimensionar los elementos estructurales.
- Se seleccionó los componentes mecánicos y electromecánicos del ascensor eléctrico para luego simularlos logrando de esta manera un adecuado funcionamiento del sistema de elevación. Para la selección dispositivos eléctricos se tuvo en cuenta las recomendaciones de los fabricantes y los requerimientos del diseño.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda respetar la capacidad de carga útil del ascensor eléctrico para la cual fue diseñada, teniendo en cuenta que su uso es exclusivamente para personas discapacitadas.
- Se recomienda revisar dentro del marco normativo la norma EN.81-1 al momento de realizar la instalación de los componentes mecánicos y electromecánicos para evitar cualquier tipo de fallas o la mala manipulación de estos componentes.
- Se recomienda como complemento para la presente investigación realizar la simulación para los pernos teniendo en cuenta las normas y el software adecuado y de esta manera asegurar los resultados obtenidos.
- Se recomienda que al momento de la instalación los componentes electromecánicos sean de la misma calidad que los seleccionados en la presente investigación, sin embargo, si fuese complicado de poder adquirirlos se deberá tener en cuenta las fichas técnicas para poder elegir una alternativa.
- Se recomienda que el desarrollo de los planos eléctricos para la instalación de los componentes electromecánicos y electrónicos lo realice una empresa especialista en instalación de ascensores eléctricos y de esta manera evitar errores de ubicación y dimensionamiento en la parte eléctrica.
- Se recomienda revisar la norma EN.81-1 para futuras modificaciones que se le puedan hacer al ascensor en su diseño, como por ejemplo el de convertirlo en un montacargas o elevador de cargas.
- Se recomienda realizar como complemento el estudio de costo beneficio con los diferentes ascensores que existen en el mercado nacional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ACERO GRADO MAQUINARIA. 2020.** ACERO GRADO MAQUINARIA. [En línea] 15 de 12 de 2020. [Citado el: 15 de 12 de 2020.] <https://es.slideshare.net/GesaultValencia/aisi-1020>.

**Asamblea General de las Naciones Unidas. 2006.** *Convención sobre los derechos de las personas con discapacidad.* Nueva York : s.n., 2006.

**ASTM INTERNACIONAL C138. 2014.** *Método de Ensayo Normalizado de Densidad (Peso Unitario), Rendimiento, y Contenido de aire (Gravimétrico) del concreto.* Estados Unidos : s.n., 2014.

**Comercial del Acero S.A.C. 2020.** Comercial del Acero. [En línea] 15 de 12 de 2020. [Citado el: 15 de 12 de 2020.] [https://comasa.com.pe/wp-content/uploads/2019/09/Catalogo-Comasa-A4-Digital\\_42.pdf](https://comasa.com.pe/wp-content/uploads/2019/09/Catalogo-Comasa-A4-Digital_42.pdf).

**DIPAC PRODUCTOS DE ACERO. 2020.** DIPAC PRODUCTOS DE ACERO. [En línea] 15 de 12 de 2020. [Citado el: 15 de 12 de 2020.] <http://www.dipacmanta.com/vigas-upn>.

**DYNATECH. 2020.** DYNATECH. [En línea] 10 de 11 de 2020. [Citado el: 10 de 11 de 2020.] [https://www.dynatech-elevation.com/lbd\\_200\\_es\\_50.htm](https://www.dynatech-elevation.com/lbd_200_es_50.htm).

**Espinoza, Ciro. 2010.** *Metodología de la investigación tecnológica.* Huancayo : Imagen Grafica SAC, 2010. 9786120002223.

**Ferdinand, Beer, Phillip, Cornwell y Russell, Johnston. 2010.** *MECÁNICA VECTORIAL PARA INGENIEROS DINÁMICA.* Novena. México : Mc Graw Hill Companies, 2010. 9786071502612.

**FIERRO, José. 2013.** *Diseño y construcción de un ascensor de carga con capacidad de 1 tonelada, para el área de bodega de la Súper Despensa Mark.* Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Tecnológica equinoccial. Quito : s.n., 2013. pág. 214, (Título de Ingeniero Mecatrónico).



**Gomez, Sergio. 2012.** *Metodología de la investigación.* México : RED TERCER MILENIO S.C., 2012. 9786077331490.

**Google. 2020.** Google Maps. [En línea] 11 de 12 de 2020. [Citado el: 11 de 12 de 2020.] <https://www.google.com.pe/maps/search/unac/@-12.062566,-77.1183462,16z?hl=es-419>.

**GUERRERO, Johnny. 2013.** *Diseño de un elevador para personas en condición de discapacidad para el Laboratorio de Investigación en Biomecánica y Robótica Aplicada - PUCP.* Facultad de Ciencias e Ingeniería, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima : s.n., 2013. pág. 109, (Título de Ingeniero Mecánico).

**Hall, Allen, Holowenko, Alfred y Laughlin, Herman. 1971.** *DISEÑO DE MAQUINAS.* s.l. : McGraw-Hill de México S.A. de C.V., 1971. pág. 337. 91582.

**HEB, Perfiles. 2020.** Perfiles HEB. [En línea] 01 de 12 de 2020. [Citado el: 01 de 12 de 2020.] [http://normativaconstruccion.cype.info/1\\_02\\_a/pagina90.pdf](http://normativaconstruccion.cype.info/1_02_a/pagina90.pdf).

**HERRERA, Diego. 2013.** *Diseño mecánico de un ascensor montacargas.* Area de la energía, las industrias y los recursos naturales no renovables, Universidad Nacional de Loja. Loja : s.n., 2013. pág. 301, (Título de Ingeniero Electromecánico).

**Hibbeler. 2011.** *MECÁNICA DE MATERIALES.* Octava. México : PEARSON EDUCACIÓN, 2011. 9786073205597.

**INDURA PERU S.A. 2020.** *Manual de sistemas y materiales de soldadura.* Lima : s.n., 2020. pág. 172.

**Ministerio de Educación. 2019.** *LEY UNIVERSITARIA.* Lima : s.n., 2019.

**Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2019.** *"Accesibilidad Universal en Edificaciones" del RNE.* Lima : s.n., 2019.

**—. 2018.** *Transporte Mecánico del Reglamento Nacional de Edificaciones.* Lima : s.n., 2018.

**Miravete, Antonio y Larrodé, Emilio. 1998.** *Elevadores: Principios e innovaciones.* Barcelona : EDITORIAL REVERTÉ, S.A., 1998. 9788429180121.

**Norma Europea UNE-EN 81-1. 2001.** *Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores eléctricos*”. Madrid : s.n., 2001.

**PERMAGSA S.A. 2020.** CATALOGO MOTOR PERMAGSA S.A. [En línea] 01 de 12 de 2020. [Citado el: 01 de 12 de 2020.] <https://manualzz.com/doc/es/5629925/gu%C3%ADa-del-usuario>.

**Pisarenko, S., Yákovlev, P. y Matvéev, V. 1979.** *Manual de resistencia de materiales.* s.l. : Mir Moscú, 1979. pág. 686.

**Rojas, Raúl. 2013.** *GUÍA PARA REALIZAR INVESTIGACIONES SOCIALES.* México : Plaza y Valdés, S.A. de C.V., 2013. 9688562625.

**Sampieri, Hernández. 2014.** *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.* México : INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014. 9781456223960.

**Schindler. 2010.** *Mantenimiento genérico - ascensor.* s.l. : INVENTIO AG, 2010. 107399.

**Shigley, Joseph, Budynas, Richard y Nisbett, Keith. 2012.** *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley.* Novena. s.l. : Mc Graw Hill, 2012. pág. 1023. 9780073529288.

**Simpson. 2020.** Simpson Strong-TieAnchorSystems. [En línea] 10 de 11 de 2020. [Citado el: 10 de 11 de 2020.] [http://www.especificar.cl/static/fichas\\_todas/c91e112d3cb518e8a99e8816b4493e5a.pdf](http://www.especificar.cl/static/fichas_todas/c91e112d3cb518e8a99e8816b4493e5a.pdf).

**Suhm Spring Works. 2020.** Suhm Spring Works. [En línea] 15 de 12 de 2020. [Citado el: 15 de 12 de 2020.] [http://suhm.net/wp-content/uploads/2015/09/Suhm\\_Spring\\_Works-Spring\\_Materials\\_Issue\\_9d\\_ES\\_SI\\_v1.pdf](http://suhm.net/wp-content/uploads/2015/09/Suhm_Spring_Works-Spring_Materials_Issue_9d_ES_SI_v1.pdf).

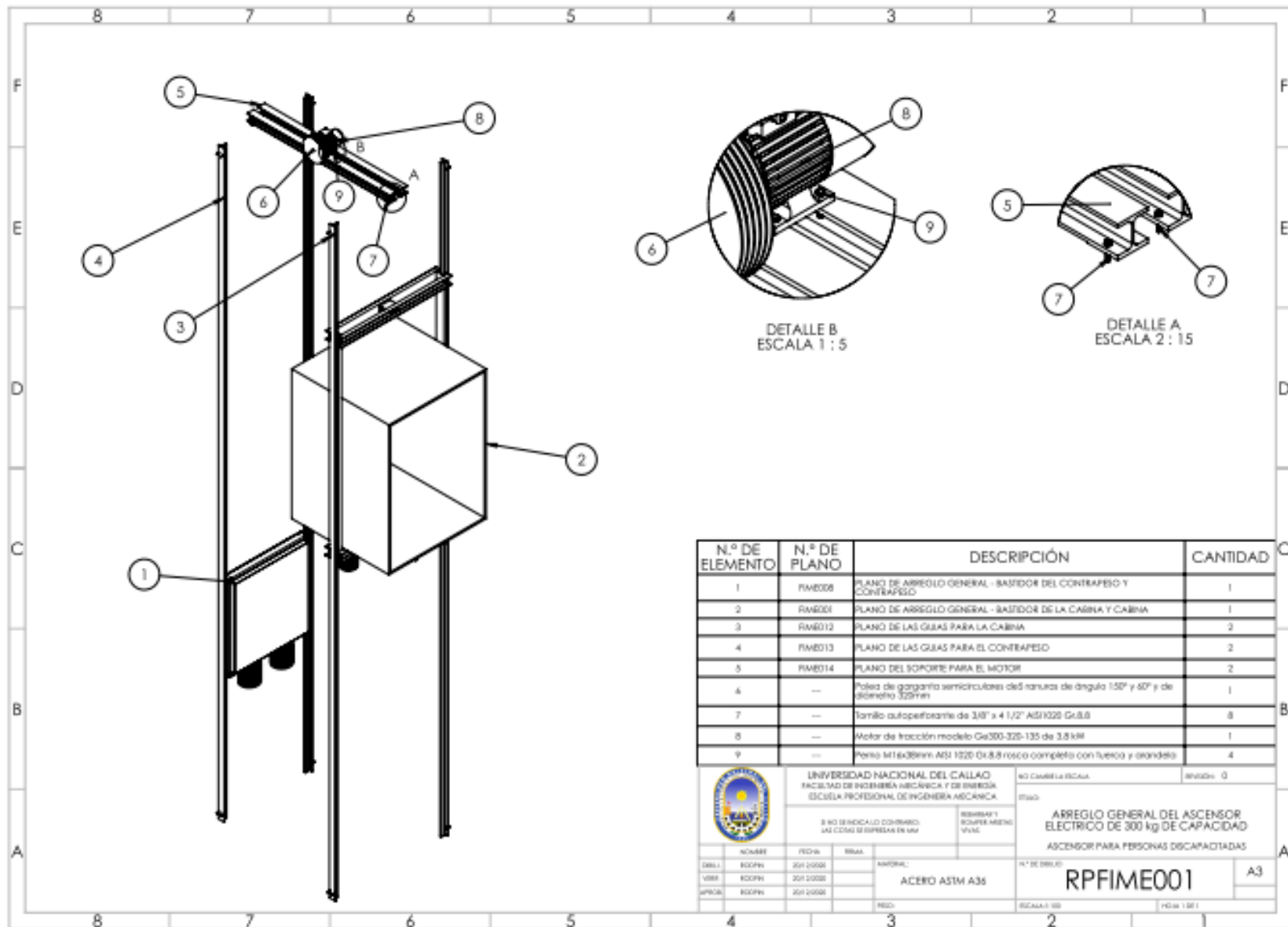
**Tubisa S.A.C. 2020.** Tubisa. [En línea] 15 de 12 de 2020. [Citado el: 15 de 12 de 2020.] [http://www.tubisa.com.pe/wordpress/wp-content/uploads/2017/06/Planchas-Estructurales-ASTM-A-36\\_A-36M\\_Ancho-de-1200mm\\_Final\\_1.pdf](http://www.tubisa.com.pe/wordpress/wp-content/uploads/2017/06/Planchas-Estructurales-ASTM-A-36_A-36M_Ancho-de-1200mm_Final_1.pdf).

## ANEXOS

### Anexo N° 1: Matriz de Consistencia

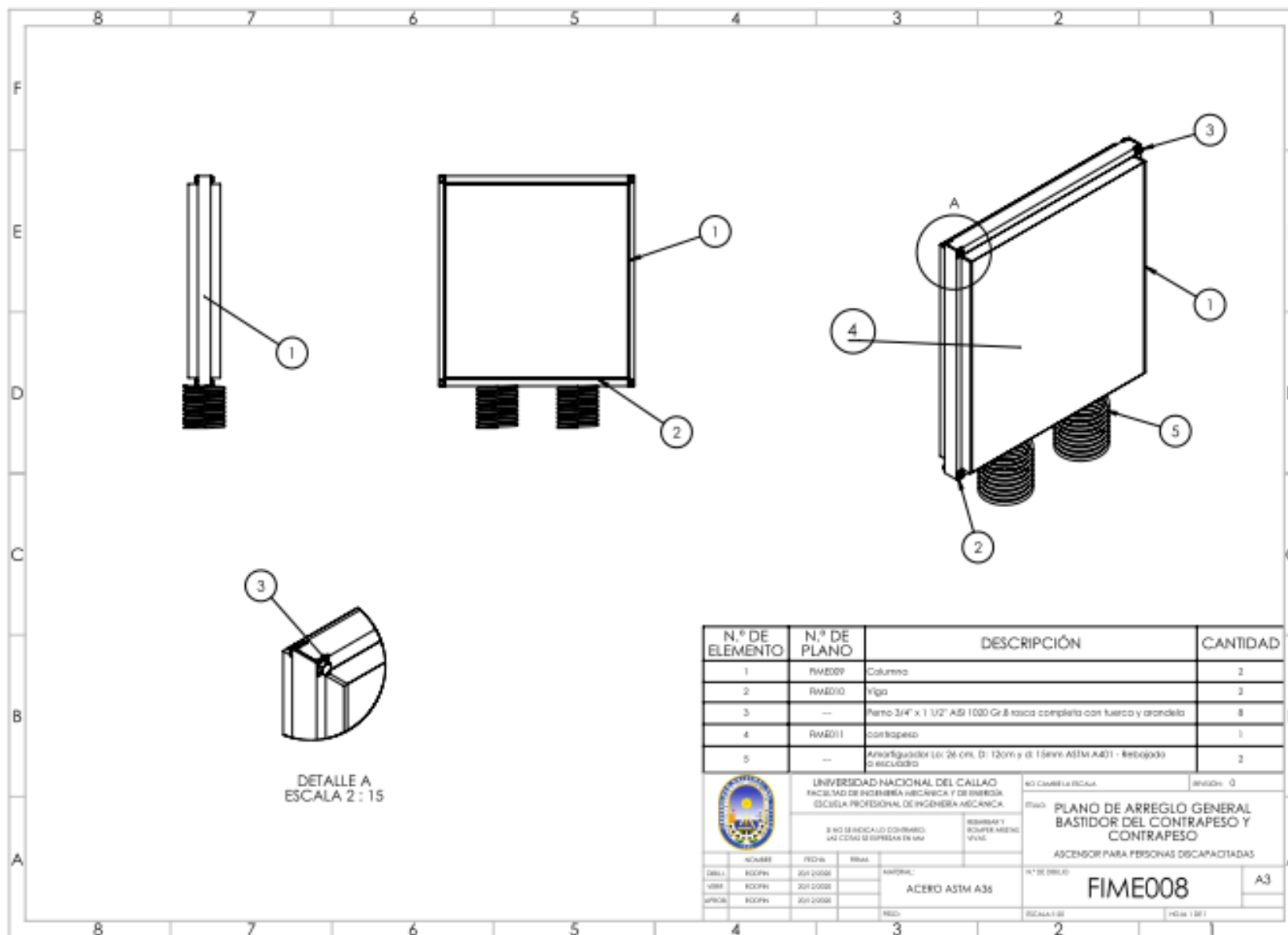
TÍTULO: DISEÑO DE UN ASCENSOR ELÉCTRICO CON CAPACIDAD DE 300kg PARA EL ACCESO DE PERSONAS DISCAPACITADAS HASTA EL TERCER NIVEL DEL PABELLÓN DE AULAS DE LA FIME – UNAC							
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA	TÉCNICAS - INSTRUMENTOS
<p><b>Problema general</b> ¿Cómo diseñar un ascensor eléctrico con capacidad de 300kg para el acceso de personas discapacitadas hasta el tercer nivel del pabellón de aulas de la FIME - UNAC?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cómo aplicar el marco normativo de manera correcta para obtener los parámetros de diseño?</li> <li>• ¿Cómo diseñar la estructura de un ascensor eléctrico con capacidad de 300kg para transportar personas discapacitadas?</li> <li>• ¿Cómo seleccionar los componentes electromecánicos del ascensor eléctrico para un adecuado funcionamiento del sistema de elevación?</li> </ul>	<p><b>Objetivo general</b> Diseñar un ascensor eléctrico con capacidad de 300kg para el acceso de personas discapacitadas hasta el tercer nivel del pabellón de aulas de la FIME - UNAC.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar el marco normativo de manera correcta para obtener los parámetros de diseño.</li> <li>• Diseñar la estructura de un ascensor eléctrico con capacidad de 300kg para transportar personas discapacitadas.</li> <li>• Seleccionar los componentes electromecánicos del ascensor eléctrico para un adecuado funcionamiento del sistema de elevación.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general</b> Si se diseña un ascensor eléctrico con capacidad de 300kg se logrará el acceso de personas discapacitadas hasta el tercer nivel del pabellón de aulas de la FIME - UNAC.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si se aplica el marco normativo de manera correcta, nos permitirá obtener los parámetros de diseño.</li> <li>• Si se diseña la estructura de un ascensor eléctrico con capacidad de 300kg, nos permitirá transportar personas discapacitadas de manera segura.</li> <li>• Si se seleccionan los componentes electromecánicos del ascensor eléctrico, se logrará un adecuado funcionamiento del sistema de elevación.</li> </ul>	<p><b>Variable 1:</b> <b>Ascensor eléctrico</b></p> <p><b>Variable 2:</b> <b>Acceso de personas discapacitadas</b></p>	<p>Marco normativo</p> <p>Estructura</p> <p>Componentes Electromecánicos</p> <p>Personas discapacitadas</p>	<p>Transporte mecánico Reglas de seguridad Acceso universal</p> <p>Cabina Guías Bastidor Contrapeso</p> <p>Amortiguadores Motor Cables Poleas Limitador de velocidad Paracaídas</p> <p>Confort de las personas discapacitadas</p>	<p><b>Tipo:</b> Tecnológica</p> <p><b>Diseño:</b> Descriptiva simple</p> <p>Diagrama: M <math>\Rightarrow</math> O M: Ascensor Eléctrico O: Acceso de personas discapacitadas</p> <p><b>Método:</b> Analítico lógico - deductivo con enfoque sistemático</p> <p><b>Población y Muestra:</b> El análisis se hace para un ascensor de características determinadas, es una sola unidad de análisis por lo tanto la población y la muestra coinciden siendo esta el ascensor eléctrico</p>	<p>Técnica documental:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fichas bibliográficas</li> <li>• Fichas electrónicas</li> <li>• Fichas textuales</li> <li>• Fichas de trabajo</li> </ul>

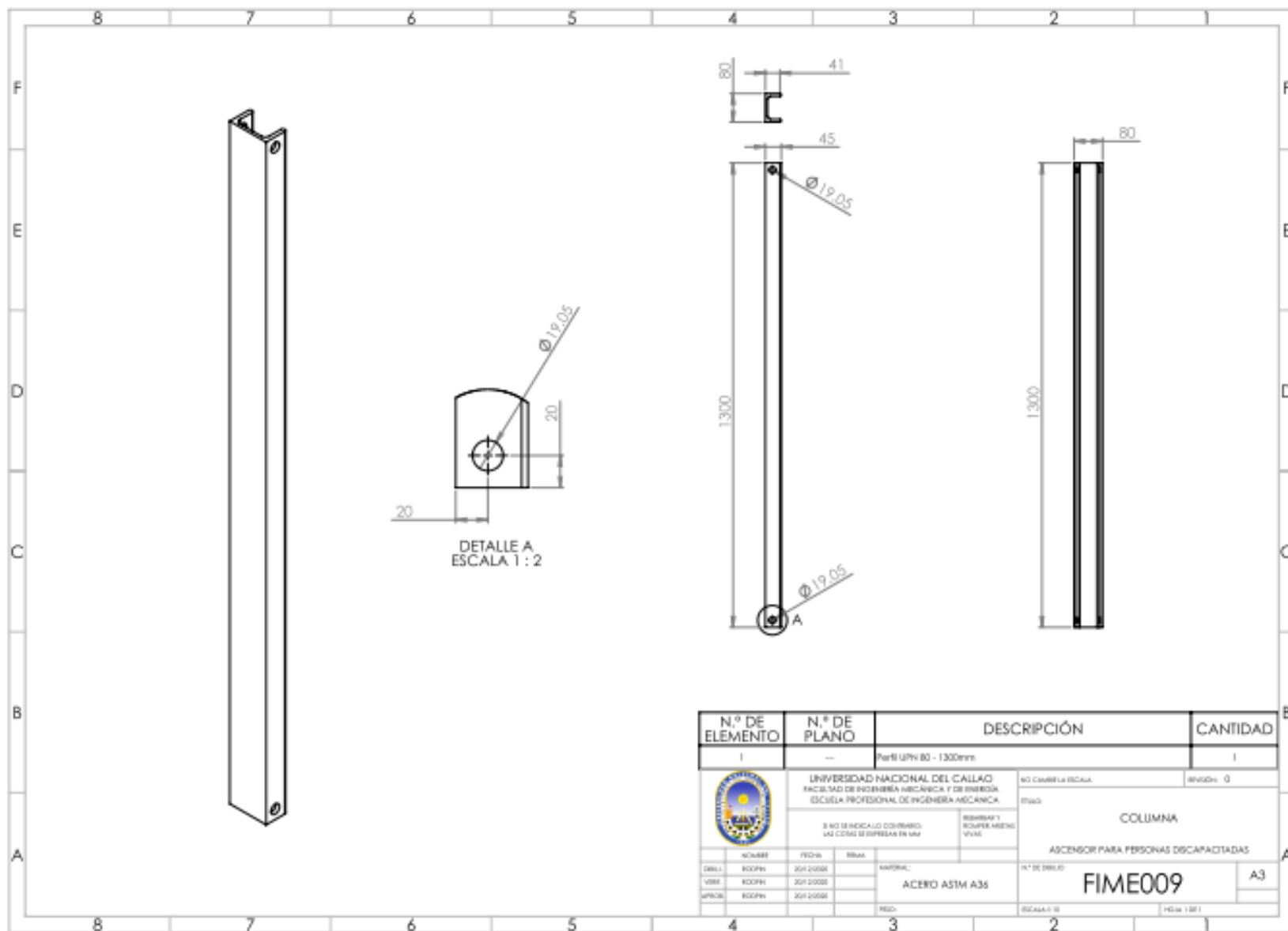
## **Anexo N° 2: Planos de Arreglo General y de Detalle**



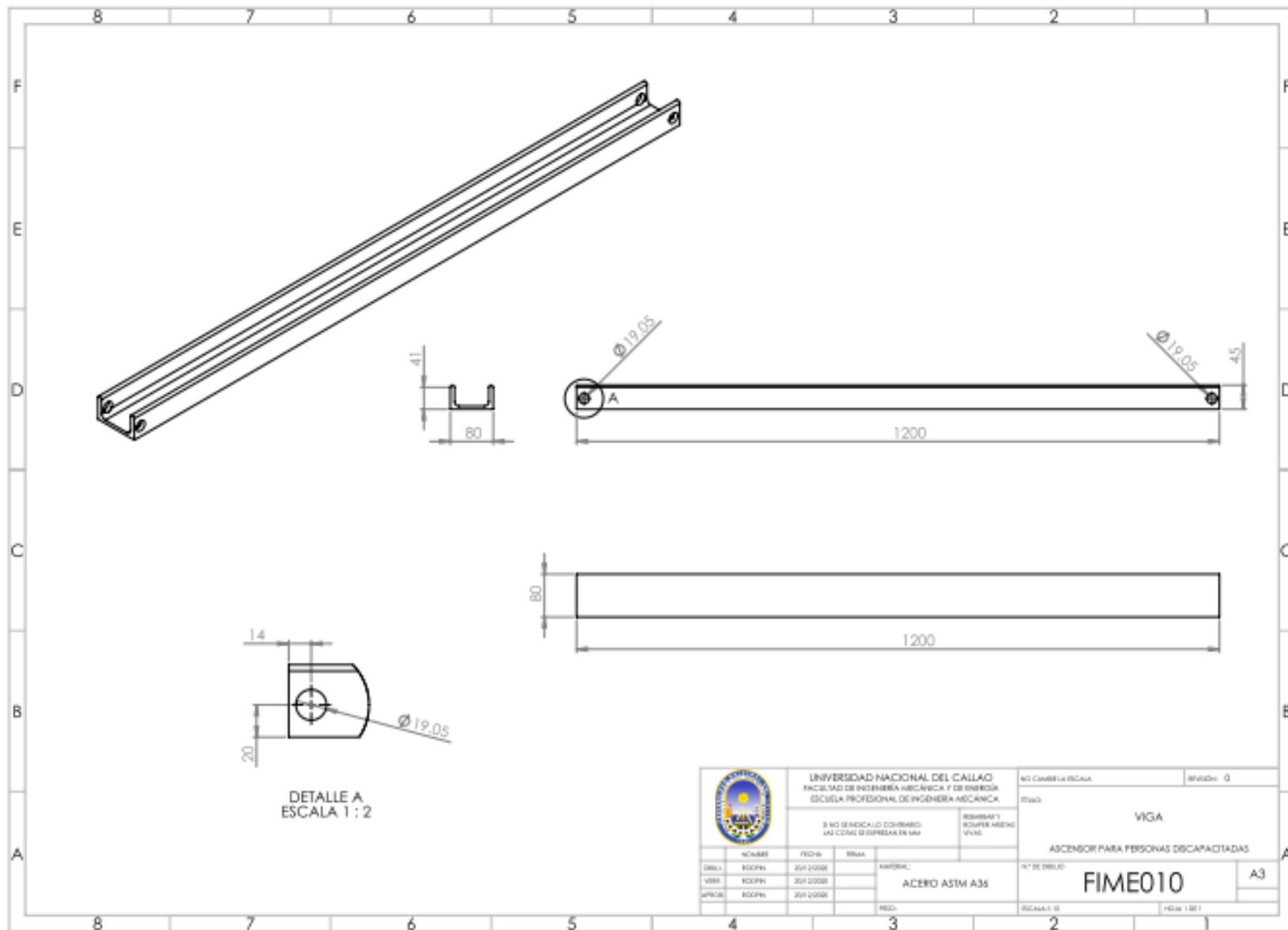
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PLANO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	RME008	PLANO DE ARREGLO GENERAL - BASIDOR DEL CONTRAPESO Y CONTRAPESO	1
2	RME001	PLANO DE ARREGLO GENERAL - BASIDOR DE LA CABINA Y CABINA	1
3	RME012	PLANO DE LAS GUÍAS PARA LA CABINA	2
4	RME013	PLANO DE LAS GUÍAS PARA EL CONTRAPESO	2
5	RME014	PLANO DEL SOPORTE PARA EL MOTOR	2
6	--	Polea de garganta semicircular del ranuro de ángulo 150° y 60° y de diámetro 320mm	1
7	--	Tornillo autoperforante de 3/8" x 4 1/2" AISI328 Gr.8.8	8
8	--	Motor de tracción modelo Ge300-320-135 de 3.8 kW	1
9	--	Punto M16x38mm AISI 1020 Gr.8.8 rosca completo con tuercas y arandelas	4

		UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE MINERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA		NO CABLEA ESCALA INVOLO - 0	
B NO SE INDICÓ CONTRIB. LAS COSAS SE ENTENDEN EN UN		RESERVA Y EQUIVALENCIA UNVE		ARREGLO GENERAL DEL ASCENSOR ELECTRICO DE 300 kg DE CAPACIDAD ASCENSOR PARA PERSONAS DISCAPACITADAS	
DISEÑÓ: EDGAR 2011 2000	REDUJO: EDGAR 2011 2000	MATERIAL: ACERO ASTM A36	N.º DE DISEÑO: RPFIME001	A3	
ESCALA: 1:50		PÁGINA 1 DE 1			



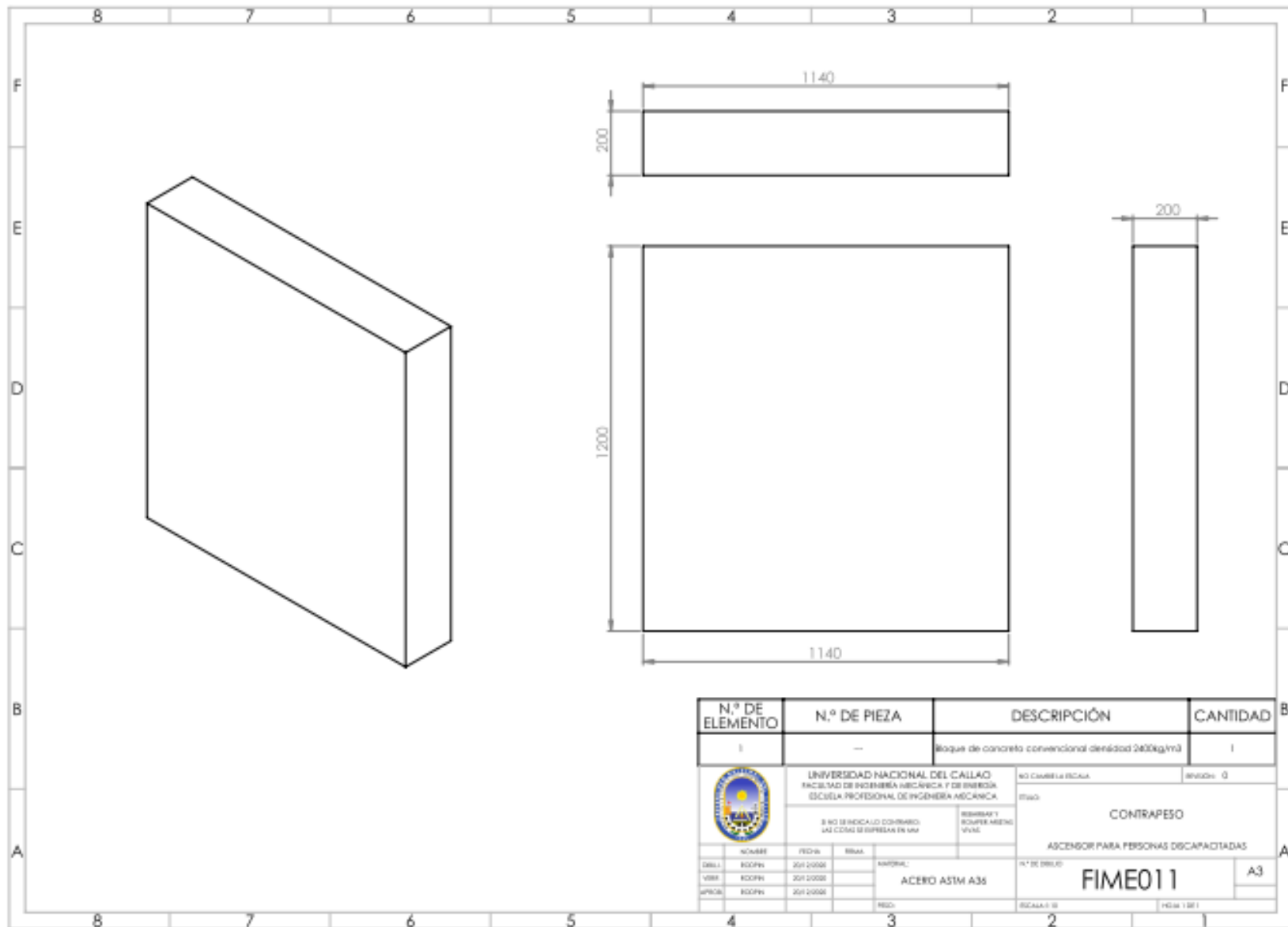


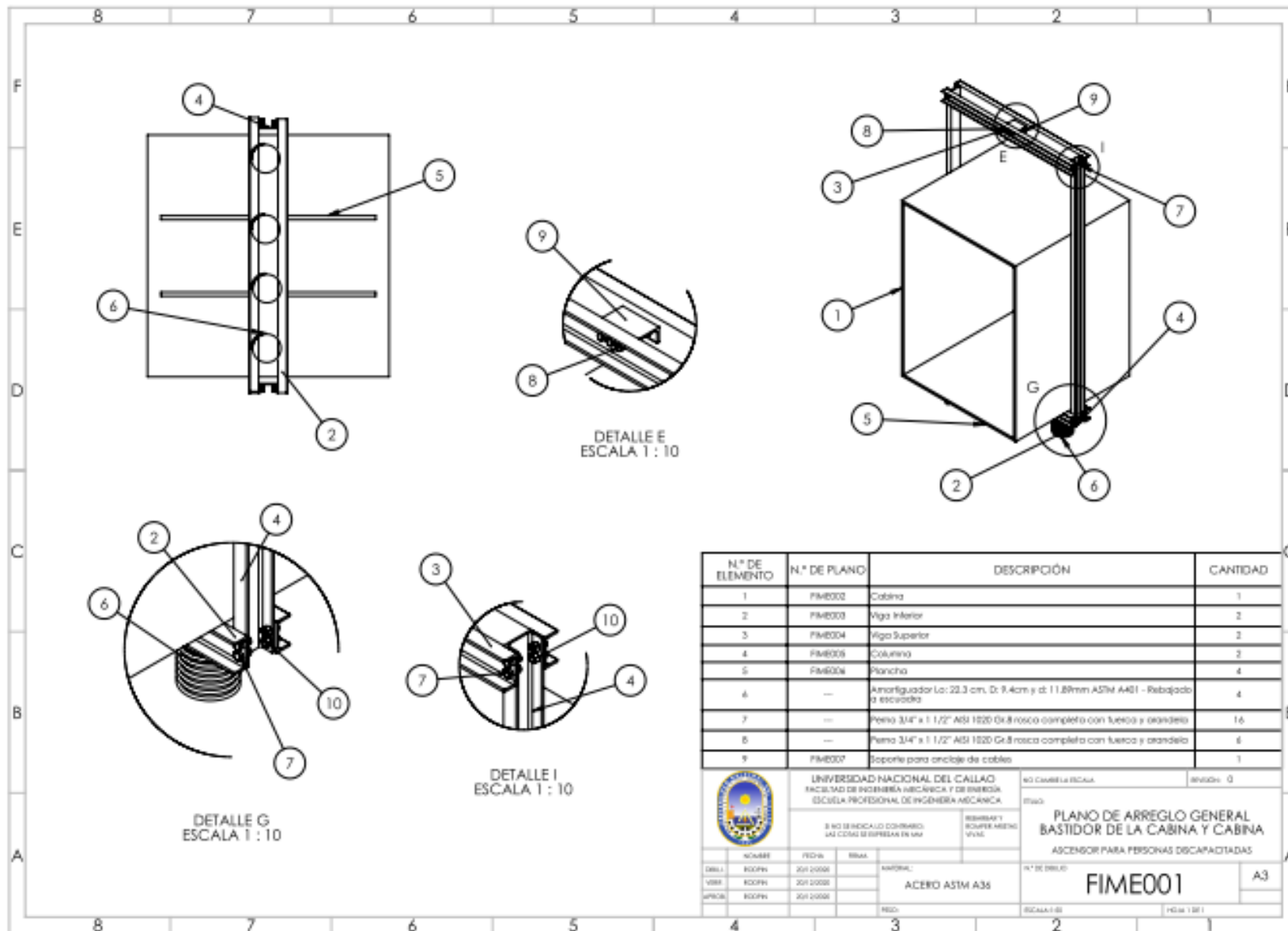




DETALLE A  
ESCALA 1 : 2

		UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO		NO CAMBIA ESCALA		REVISIÓN: 0																	
		FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA		ESTADO																			
		ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA		VIGA																			
		E NO SE INDICÓ CONTRARIO SE CUMPLE CON LAS NORMAS EN VIGAS		REQUISITOS SUPERMENCIONADOS		ASCENSOR PARA PERSONAS DISCAPACITADAS																	
<table border="1"> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FECHA</th> <th>SEÑAL</th> </tr> <tr> <td>DRS.L. RCPN</td> <td>201 2008</td> <td></td> </tr> <tr> <td>VRS. RCPN</td> <td>201 2008</td> <td></td> </tr> <tr> <td>APROB. RCPN</td> <td>201 2008</td> <td></td> </tr> </table>	NOMBRE	FECHA	SEÑAL	DRS.L. RCPN	201 2008		VRS. RCPN	201 2008		APROB. RCPN	201 2008			<table border="1"> <tr> <th>ANORMAL</th> </tr> <tr> <td>ACERO ASTM A36</td> </tr> </table>	ANORMAL	ACERO ASTM A36	<table border="1"> <tr> <th>N° DE DIBUJO</th> <th>ESCALA</th> </tr> <tr> <td>FIME010</td> <td>1:1</td> </tr> </table>		N° DE DIBUJO	ESCALA	FIME010	1:1	A3
NOMBRE	FECHA	SEÑAL																					
DRS.L. RCPN	201 2008																						
VRS. RCPN	201 2008																						
APROB. RCPN	201 2008																						
ANORMAL																							
ACERO ASTM A36																							
N° DE DIBUJO	ESCALA																						
FIME010	1:1																						





N° DE ELEMENTO	N° DE PLANO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	FIME002	Cabina	1
2	FIME003	Rigo Inferior	2
3	FIME004	Rigo Superior	2
4	FIME005	Columna	2
5	FIME006	Plancha	4
6	---	Amortiguador La: 22.3 cm, D: 9.4cm y d: 11.89mm ASTM A401 - Rebajado y escariado	4
7	---	Perno 3/4" x 1 1/2" AISI 1920 G4.8 rosca completa con tuerca y arandela	16
8	---	Perno 3/4" x 1 1/2" AISI 1920 G4.8 rosca completa con tuerca y arandela	4
9	FIME007	Soporte para anclaje de cables	1



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y DE ENERGIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA

NO CAMBIA LA ESCALA:  REVISADO: 0

ESTADO:

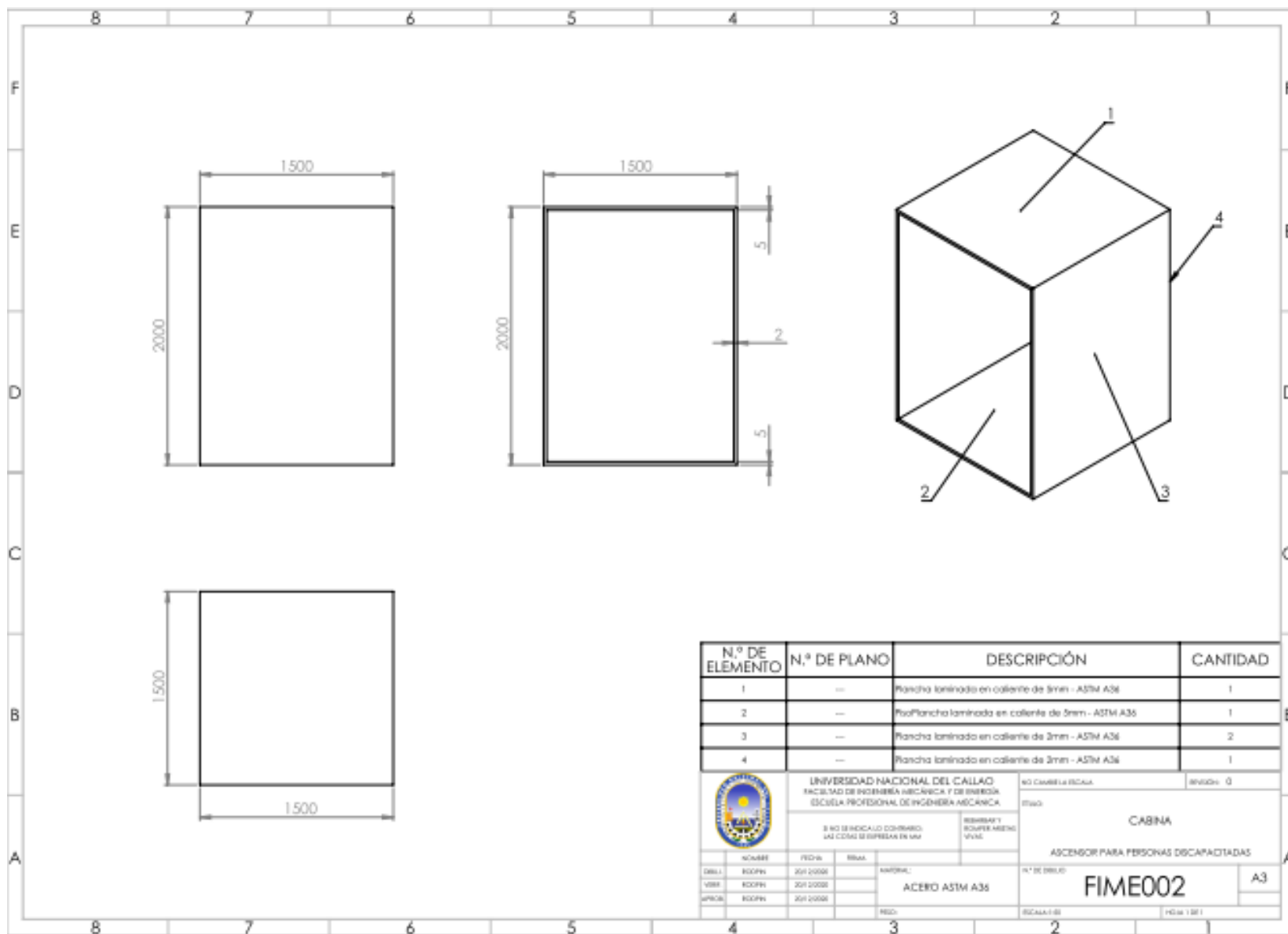
**PLANO DE ARREGLO GENERAL  
BASTIDOR DE LA CABINA Y CABINA**

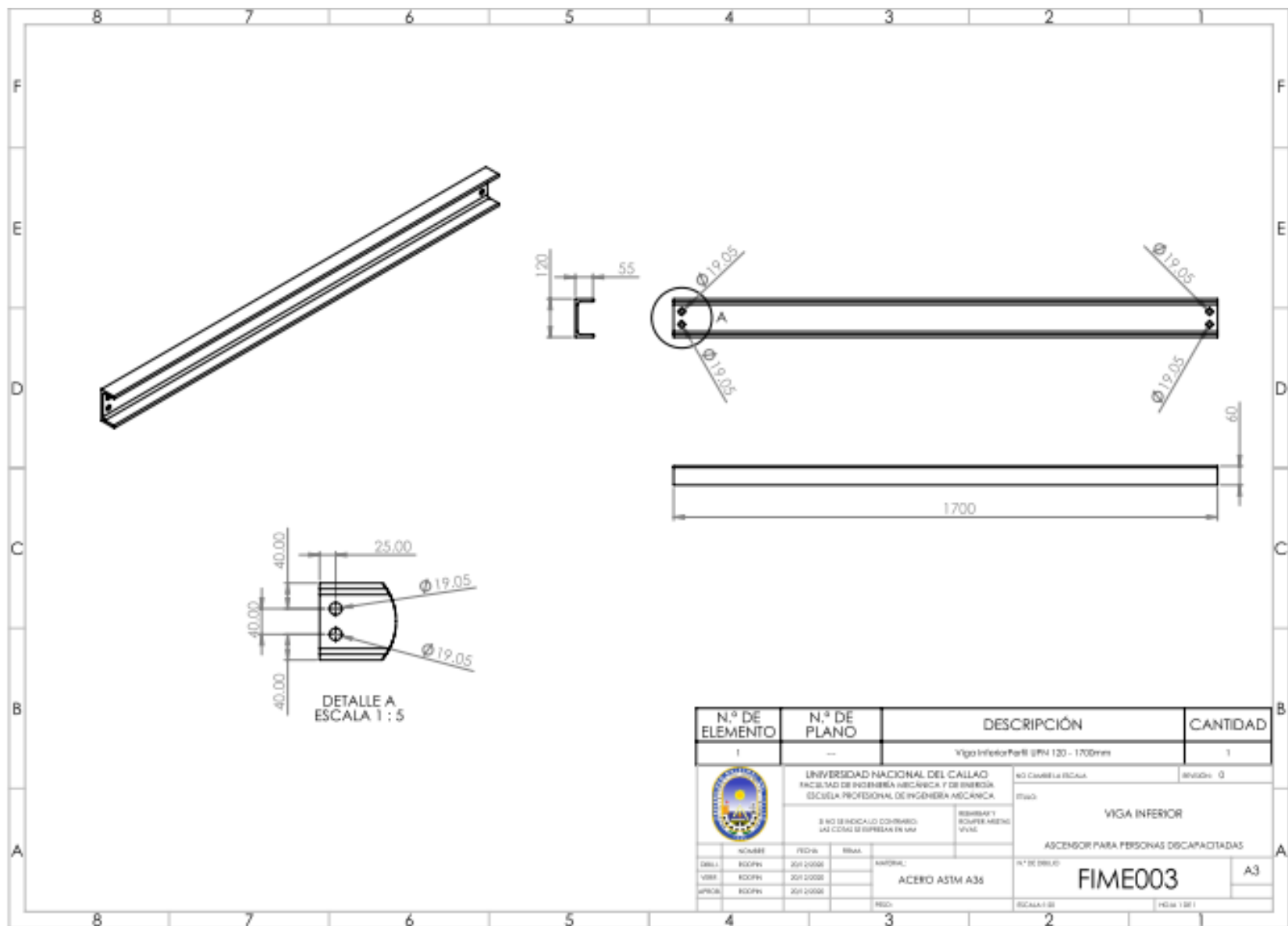
ASCENSOR PARA PERSONAS DISCAPACITADAS

ACERO ASTM A36

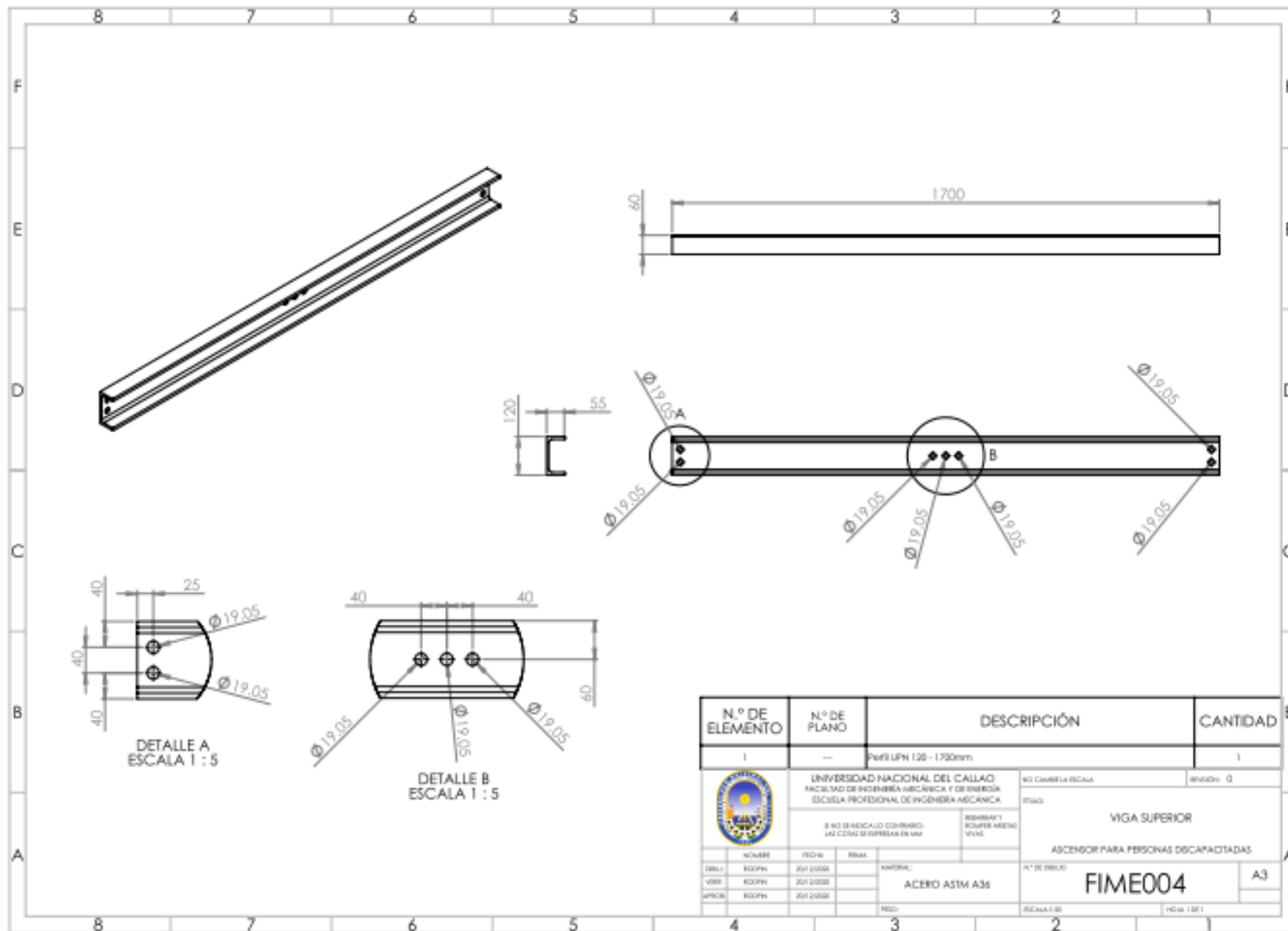
N° DE DIBUJO: **FIME001**

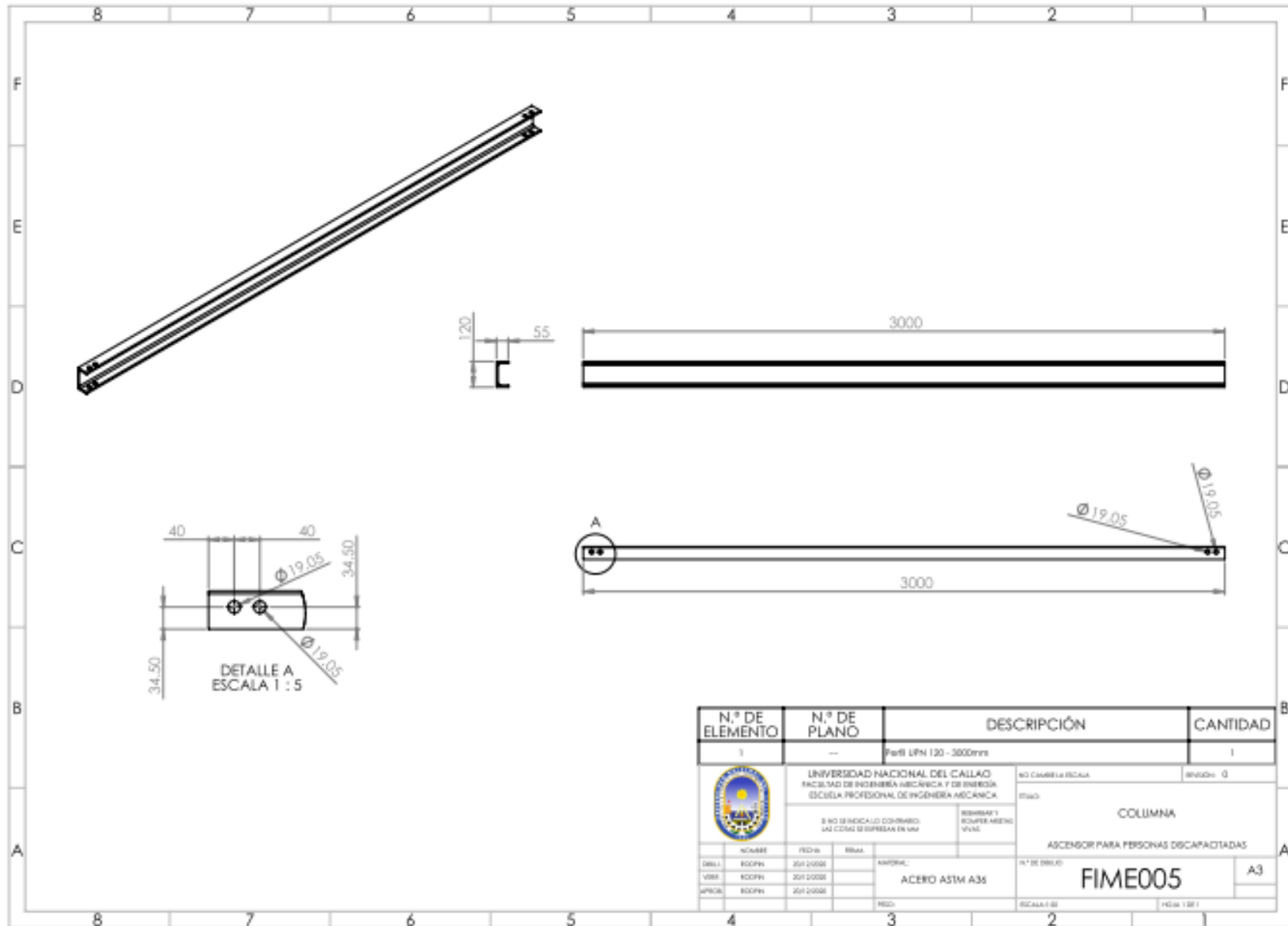
ESCALA: 1:10

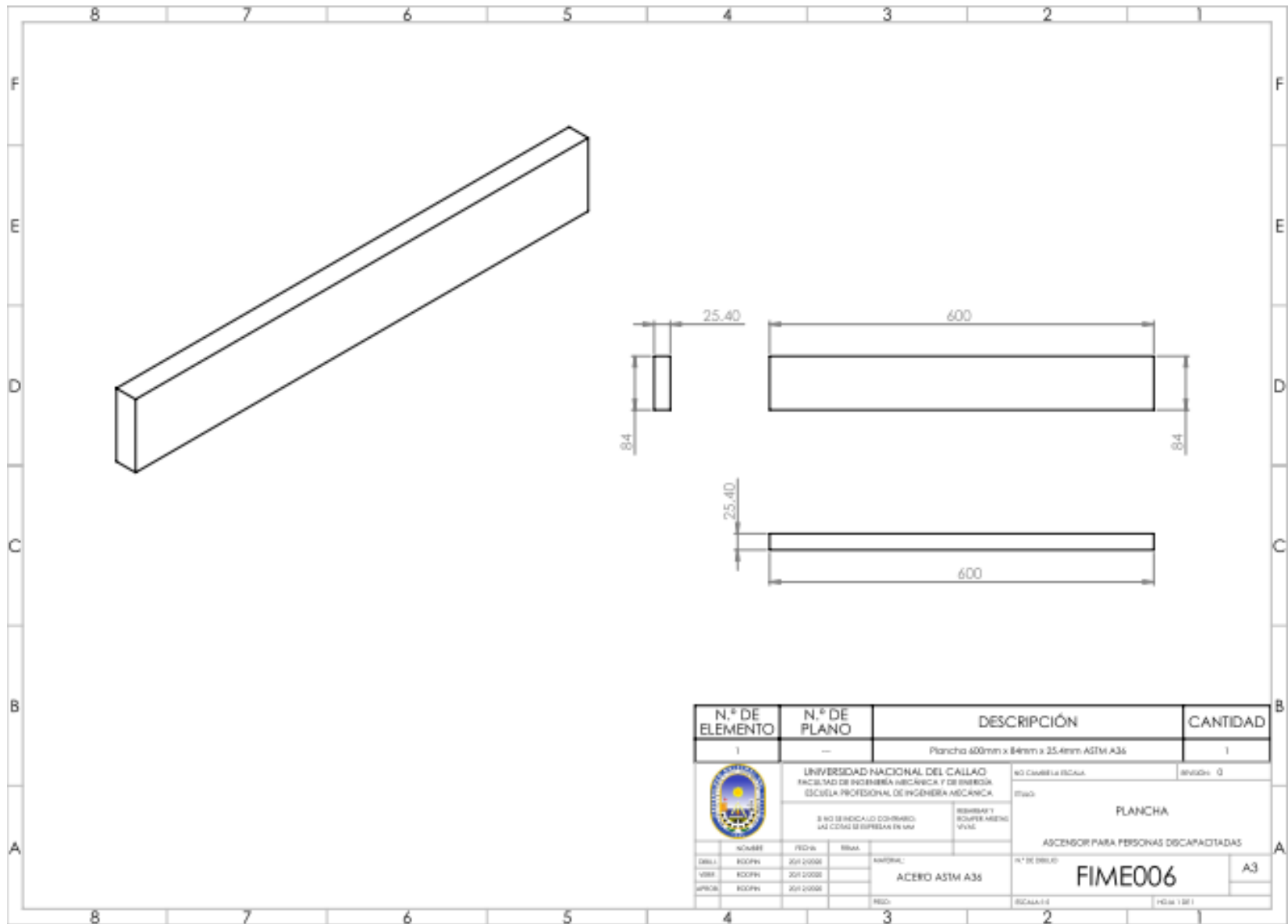




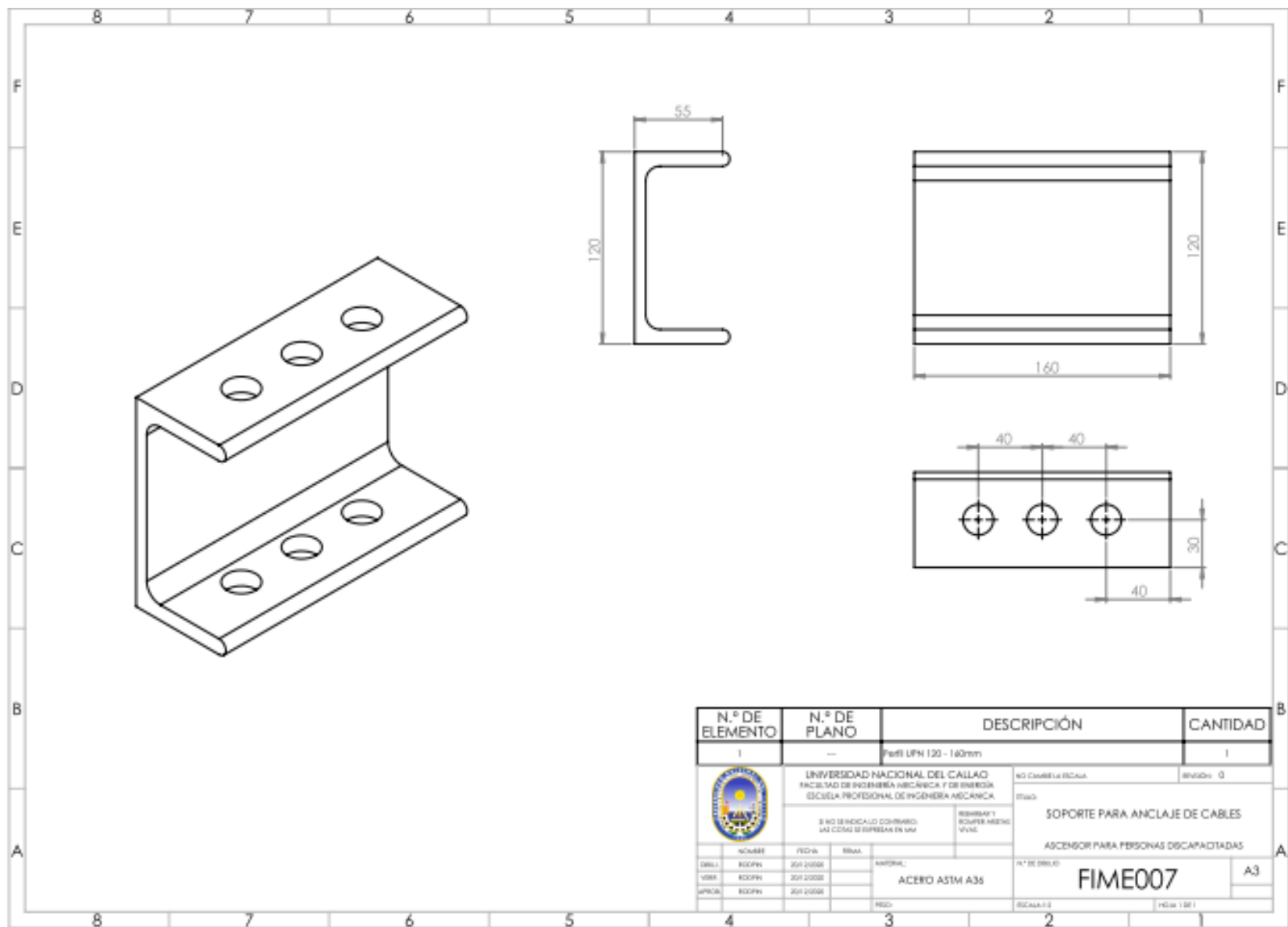
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PLANO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	—	Viga Inferior Perfil UPN 120 - 1700mm	1
		UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA	NO CAMBIA LA ESCALA MUESTRA: 0
B NO SE INDICÓ LO COMPROBADO LAS COTAS SE SUPLEN EN MM RESERVA Y RESERVA AREAS VIVAS		VIGA INFERIOR	
		ASCENSOR PARA PERSONAS DISCAPACITADAS	
DISEÑO: [ ] VERIF: [ ] APROB: [ ]	FECHA: JUN 2022 JUN 2022 JUN 2022	MATERIAL: <b>ACERO ASTM A36</b>	N.º DE DIBUJO: <b>FIME003</b> ESCALA: 00 HOJA 1 DE 1
4	3	2	A3

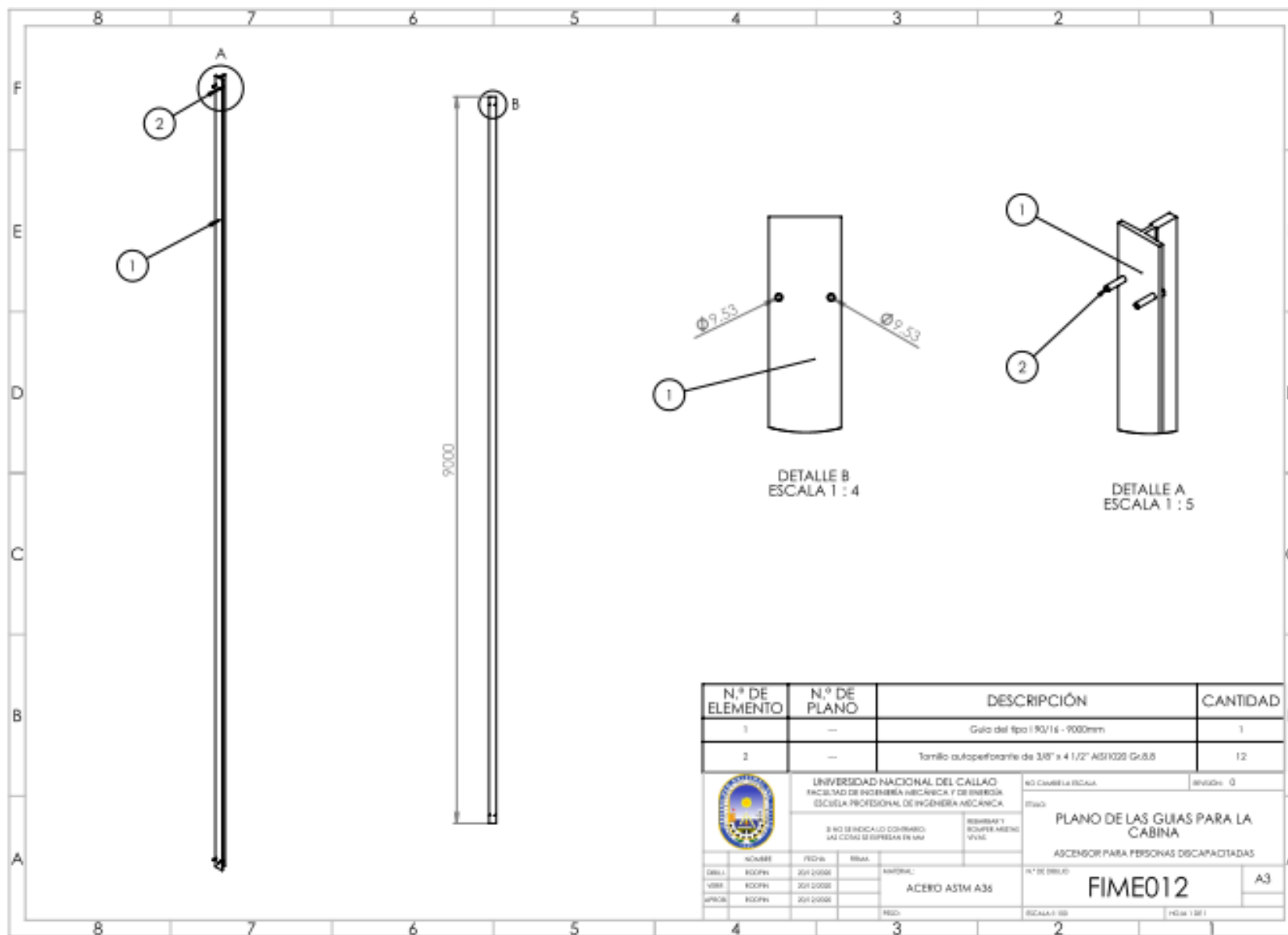


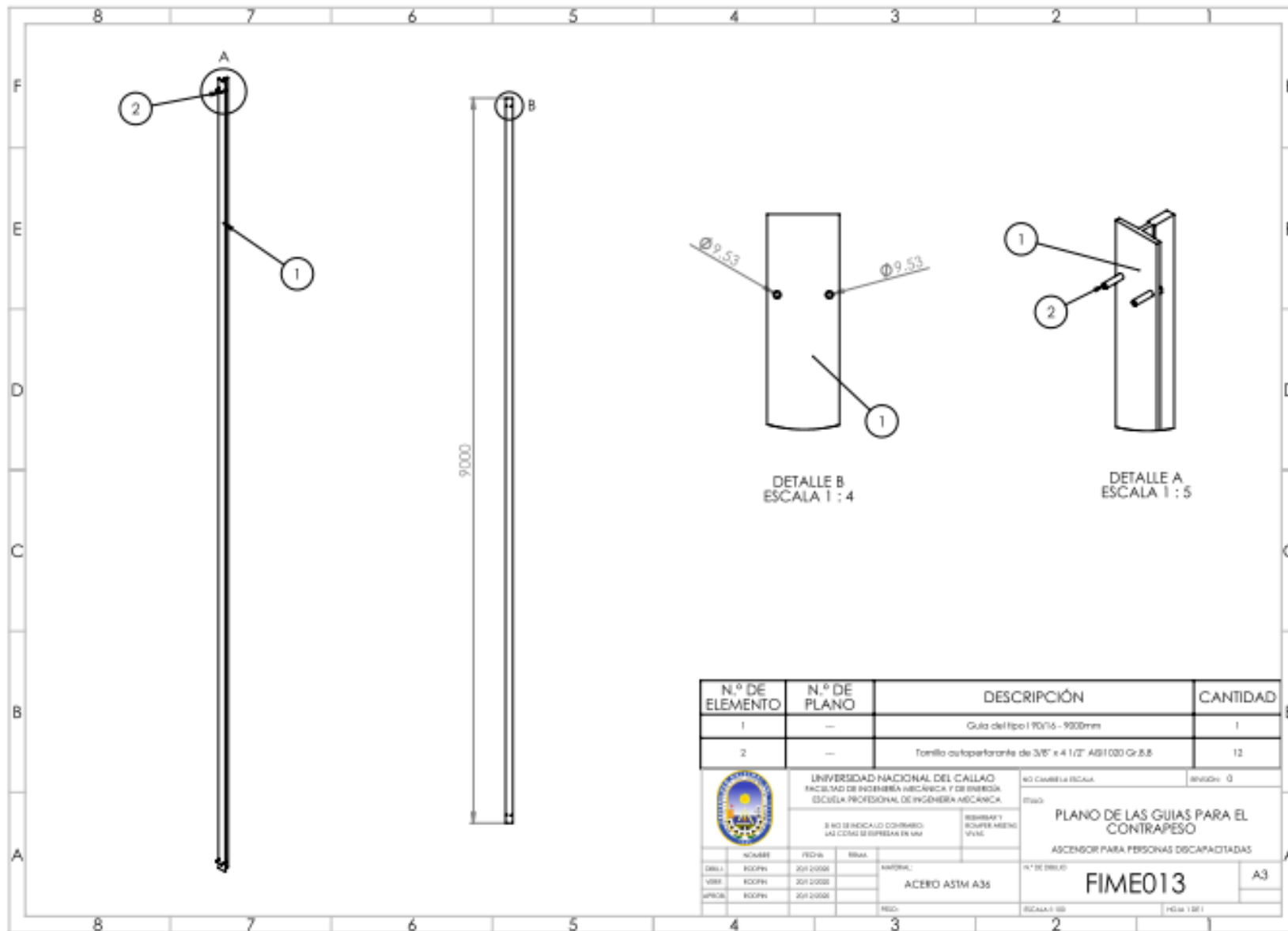


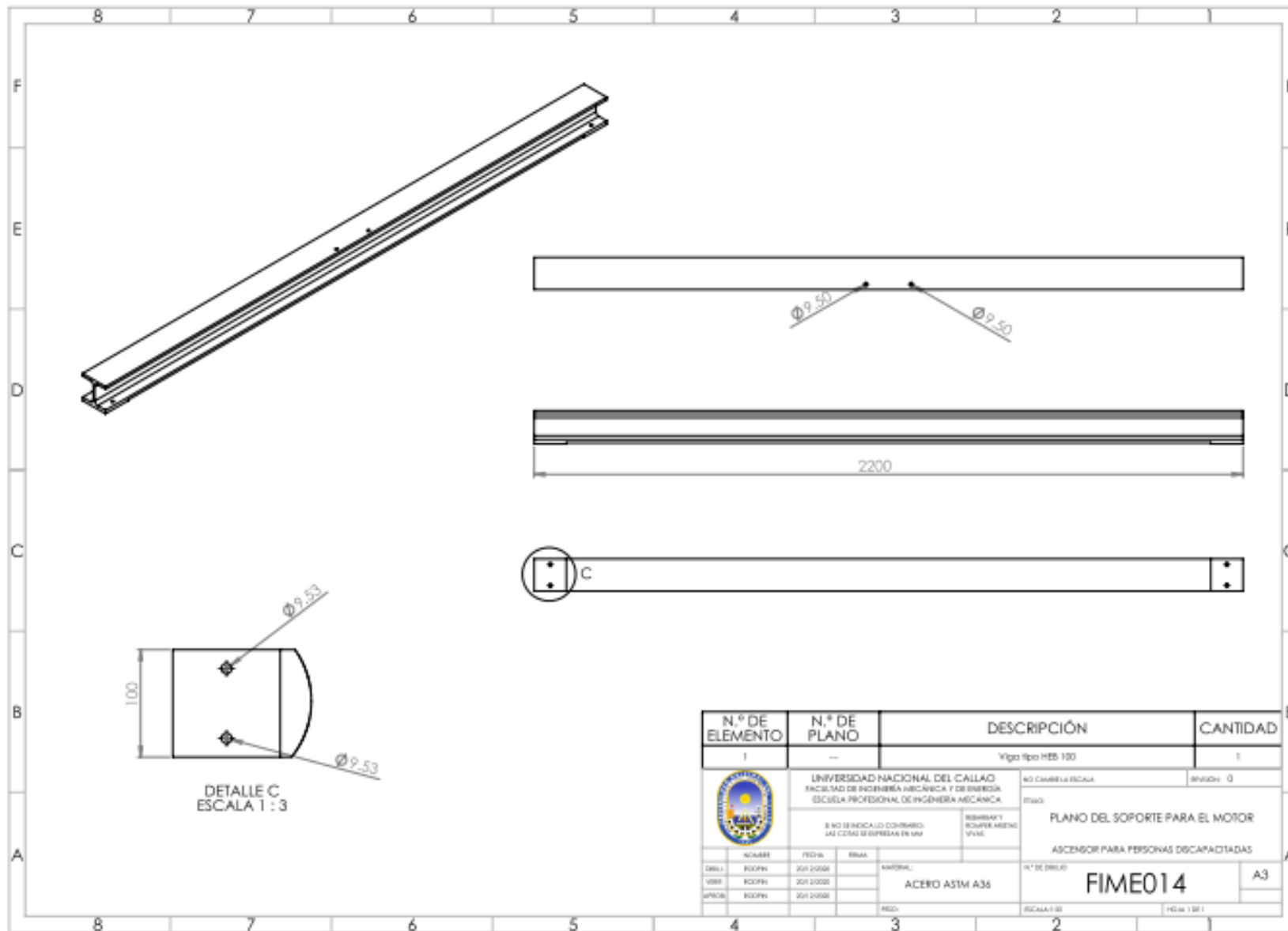




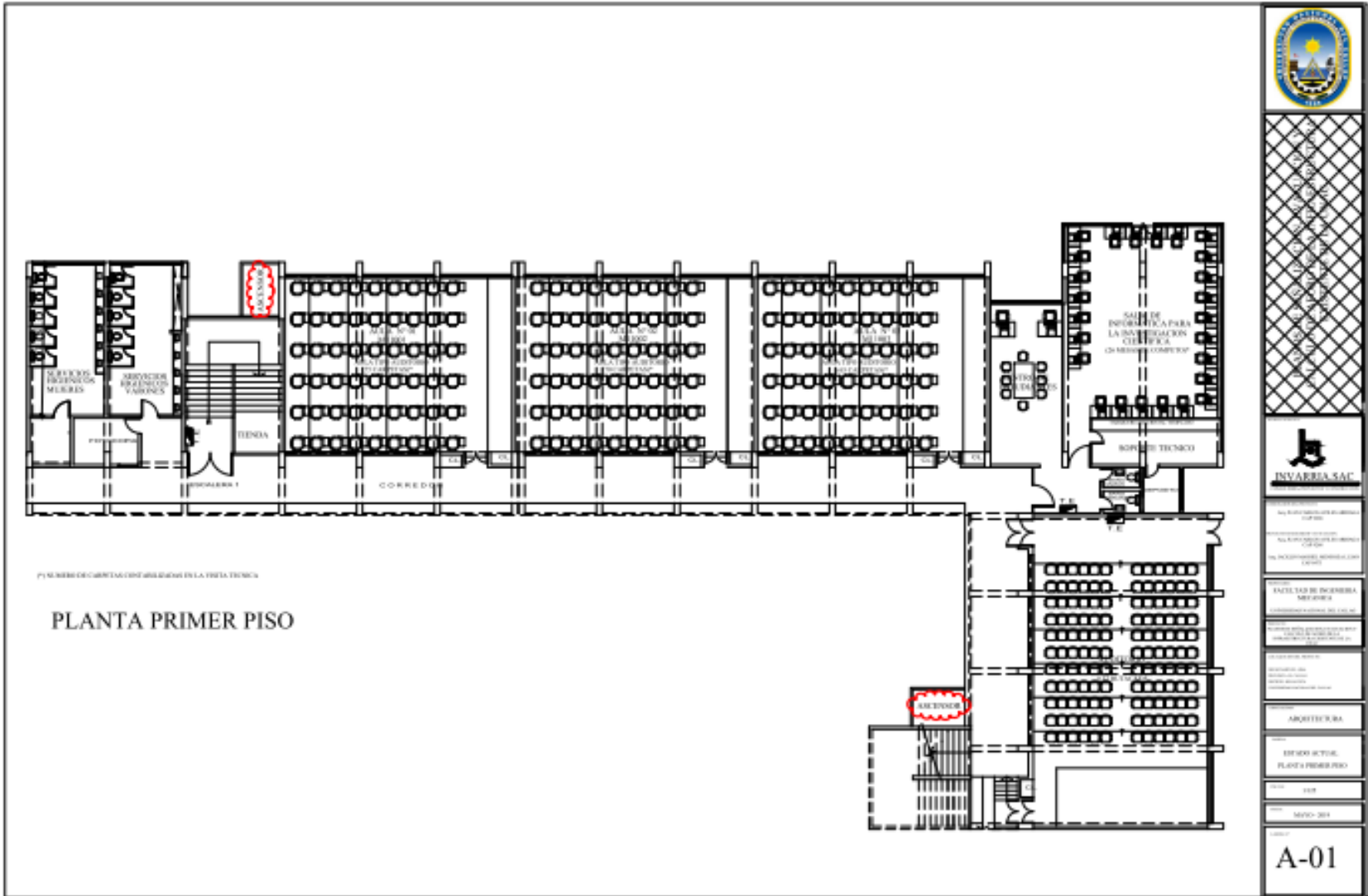








### **Anexo N° 3: Plano de la Posible Ubicación del Ascensor**



## **Anexo N° 4: Tablas**

**Tabla de Propiedad de los materiales ASTM 401**

Materiales	Propiedad de los materiales	Temperatura maxima de funcionamiento	Rango maximo de tensión, MPa	Módulo de elasticidad, MPa	Porcentage aproximado del rango de tensión (torsion)	Tamaños comunes, mm
Cromo-Silicio <b>ASTM A401</b> UNS G92540	Estirado en frio. Bueno comportamiento en cargas de impacto, y aplicaciones con temperaturas medianamente elevadas. Subsetible a la fragilidad hidrogenada cuando es laminado.	246 °C	<b>2068</b> /1558	(E) <b>206,8k</b> (G) <b>72,3k</b>	45%	0,61 - 15,88

**Fuente: Suhm Spring Works (Suhm Spring Works, 2020)**

**Tabla de Diámetro de alambre**

Diámetro de alambre, mm							
0,61	1,04	1,42	2,16	2,109	4,50	7,77	12,70
0,64	1,07	1,45	2,24	2,113	4,57	7,93	13,34
0,71	1,09	1,47	2,26	3,120	4,75	8,41	13,49
0,74	1,12	1,58	2,29	3,125	4,88	8,71	14,28
0,76	1,14	1,65	2,31	3,128	5,26	9,20	15,09
0,79	1,17	1,70	2,34	3,135	5,54	9,53	15,88
0,84	1,19	1,83	2,36	3,142	5,72	10,01	
0,86	1,25	1,91	2,41	3,148	5,94	10,31	
0,91	1,27	1,93	2,49	3,156	6,17	10,69	
0,94	1,30	1,98	2,54	4,162	6,35	11,10	
0,97	1,35	2,03	2,59	4,167	6,66	11,51	
0,99	1,37	2,11	2,67	4,170	7,14	<b>11,89</b>	

**Fuente: Suhm Spring Works (Suhm Spring Works, 2020)**

**Tabla de Extremos de Resortes Helicoidales**

Tipo de extremos	Nº Total de espiras	Longitud sólida	Longitud libre
Simple	n	$(n + 1)d$	$np + d$
Simple rebajado	n	$nd$	$np$
A escuadra	n+2	$(n + 3)d$	$np + 3d$
<b>Rebajado a escuadra</b>	<b>n+2</b>	<b><math>(n + 2)d</math></b>	<b><math>np + 2d</math></b>
<i>p = paso; n = número de espiras activas; d = diametro del alambre</i>			

**Fuente: Diseño de Máquinas (Hall, y otros, 1971)**



**Tabla de Características mecánicas de las guías de cabina (I-70/9 e I-90/16)**

Tipo	Sección (cm <sup>2</sup> )	Peso (kg/m)	e (cm)	Momentos de Inercia (cm <sup>4</sup> )		Módulos de resistencia de la sección (cm <sup>3</sup> )		Radio de Giro (cm)	
				I <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	W <sub>x</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>x</sub>	i <sub>y</sub>
<b>I-70/9</b>	9.37	7.30	1.95	41.1	19.1	9.20	5.41	2.08	1.42
<b>Y-90/16</b>	19.9	13.25	2.65	102	57.7	21.1	12.8	2.45	1.83

**Cotas de Guías de Cabina (T-70/9 – T 90/16)**

TIPO	a mm	b mm	c mm	d mm	f mm	R mm	h mm	sección cm <sup>2</sup>	peso kg/m
T-70/9	70	65	9	6	8	6	34	9.37	7.30
T 90/16	90	75	16	8	10	8	42	16.90	13.25

Fuente: Elevadores: Principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)

**Tabla de Características del perfil HEB 100**

DENOMINACIÓN	DIMENSIONES					PROPIEDADES					
	h	b	t	e	R	ÁREA SECCIÓN	PESOS	INERCIA (cm <sup>4</sup> )		RESISTENCIA (cm <sup>3</sup> )	
	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	kg/mts	Eje x-x	Eje y-y	Eje x-x	Eje y-y
<b>HEB 100</b>	100	100	6.00	10.00	12	26.00	20.40	450	167	<b>89</b>	33.50
HEB 140	140	140	7.00	12.00	12	43.00	33.70	1510	550	216	78.50
HEB 160	160	160	8.00	13.00	15	54.30	42.60	2490	889	311	111.00
HEB 200	200	200	9.00	15.00	18	78.10	61.30	5700	2000	570	200.00
HEB 240	240	240	10.00	17.00	21	106.00	83.20	11260	3920	938	327.00
HEB 300	300	300	11.00	19.00	27	149.00	117.00	25170	8560	1680	571.00

Fuente: DIPAC (DIPAC PRODUCTOS DE ACERO, 2020)

**Tabla de Peso Nominal del Perfil L30x30x3mm**

DIMENSIONES				libras/pie	kg/m	kg/6m
2.0	x	20.0	x 20.0	0.182	0.597	3.582
2.0	x	25.0	x 25.0	0.230	0.754	4.524
2.0	x	30.0	x 30.0	0.278	0.911	5.466
2.5	x	20.0	x 20.0	0.224	0.736	4.416
2.5	x	25.0	x 25.0	0.284	0.932	5.592
2.5	x	30.0	x 30.0	0.344	1.128	6.768
3.0	x	20.0	x 20.0	0.266	0.871	5.226
3.0	x	25.0	x 25.0	0.338	1.107	6.642
3.0	x	30.0	x 30.0	0.409	1.341	8.046
4.5	x	25.0	x 25.0	0.490	1.607	9.642
4.5	x	30.0	x 30.0	0.598	1.961	11.766
6.0	x	25.0	x 25.0	0.632	2.072	12.432
6.0	x	30.0	x 30.0	0.775	2.543	15.258

**Fuente: Comercial del Acero (Comercial del Acero S.A.C, 2020)**

**Tabla de Peso nominal de plancha A36 de 2mm Laminado en caliente**

SISTEMA METRICO			PESOS TEORICOS		
Espesor mm	Ancho mm	Largo mm	kg/plancha	kg/m <sup>2</sup>	kg/pie <sup>2</sup>
1.5	1200	2400	33.91	11.78	1.09
1.8	1200	2400	40.69	14.13	1.31
2.0	1200	2400	45.22	15.70	1.46
2.2	1200	2400	49.74	17.27	1.60
2.3	1200	2400	52.00	18.06	1.68
2.4	1200	2400	54.26	18.84	1.75
2.5	1200	2400	56.52	19.63	1.82
2.7	1200	2400	61.04	21.20	1.97
2.9	1200	2400	65.56	22.77	2.11
3.9	1200	2400	88.17	30.62	2.84
4.0	1200	2400	90.43	31.40	2.92
4.4	1200	2400	99.48	34.54	3.21
4.5	1200	2400	101.74	35.33	3.28

**Fuente: Tubisa (Tubisa S.A.C., 2020)**

Tabla de Peso Nominal de Plancha Estriada A36 de 5 mm

DIMENSIONES mm	PESO TEÓRICO EN kg/plancha		TOLERANCIA EN EL ESPESOR mm ±	ESPESOR EQUIVALENTE ó APROXIMADO
	1,000 x 2,400 mm	1,200 X 2,400 mm		
1.60	36.03	43.24	0.3	1/16"
1.80	39.80	47.76	0.3	9/128"
1.90	41.68	50.02	0.3	9/128"
2.00	43.57	52.28	0.3	5/64"
2.40	51.10	61.32	0.4	3/32"
2.50	52.99	63.59	0.4	3/32"
2.80	58.64	70.37	0.4	15/128"
2.90	60.52	72.63	0.4	15/128"
3.00	62.41	74.89	0.4	1/8"
3.30	68.06	81.67	0.4	1/8"
4.40	88.78	106.54	0.4	3/16"
4.50	90.67	108.80	0.4	3/16"
5.00		120.11	0.4	3/16"
5.90		140.45	0.5	1/4"
6.00		142.71	0.5	1/4"
8.00		187.93	0.55	5/16"
9.00		210.54	0.55	3/8"

Fuente: Comercial del Acero (Comercial del Acero S.A.C, 2020)

Tabla 4. 37 Propiedades del perfil UPN 100

DENOMINACIÓN	DIMENSIONES						PROPIEDADES					
	h	b	t	e	R	R1	ÁREA SECCIÓN cm <sup>2</sup>	PESOS kg/mts	INERCIA (cm <sup>4</sup> )		RESISTENCIA (cm <sup>3</sup> )	
	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>4</sup>			Eje x-x	Eje y-y	Eje x-x	Eje y-y
UPN 80	80	45	6.00	8.00	8.00	4.00	1.10	8.64	106.00	19.40	26.50	6.36
UPN 100	100	50	6.00	8.50	8.50	4.50	13.50	10.60	206.00	29.30	41.20	8.49
UPN 120	120	55	7.00	9.00	9.00	4.50	17.00	13.40	364.00	43.20	60.70	11.10
UPN 140	140	60	7.00	10.00	10.00	5.00	20.40	16.00	605.00	62.70	86.40	14.80
UPN 160	160	65	7.50	10.50	10.50	5.50	24.00	18.80	905.00	85.30	116.00	18.30
UPN 180	180	70	8.00	11.00	11.00	5.50	28.00	22.00	1350.00	114.00	150.00	22.40
UPN 200	200	75	8.50	11.50	11.50	6.00	32.20	25.30	1910.00	148.00	191.00	27.00
UPN 220	220	80	9.00	12.50	12.50	6.50	37.40	29.40	2690.00	197.00	245.00	33.60
UPN 240	240	85	9.50	13.00	13.00	6.50	42.30	33.20	3600.00	248.00	300.00	39.60
UPN 300	300	100	10.00	16.00	16.00	8.00	58.80	46.20	8030.00	495.00	535.00	67.80

Fuente: DIPAC (DIPAC PRODUCTOS DE ACERO, 2020)

**Tabla de Velocidades a las que debe actuar el limitador de velocidad**

Velocidad nominal en m/s (Vn)	% aumento Vn actuación	Vn actuación
0-0,50	50%	0,75
0,60	50%	0,90
0,65	50%	0,97
0,70	50%	1,05
0,80	40%	1,12
<b>1,00</b>	<b>40%</b>	<b>1,40</b>
1,20	40%	1,68
1,25	40%	1,75
1,50	40%	2,10
1,60	35%	2,16
1,75	35%	2,35
2,00	35%	2,70
2,50	30%	3,75
3,00	30%	3,90
3,50	30%	4,55
4,00	30%	5,20
4,50	30%	5,85
5,00	30%	6,50
5,50	30%	7,50
6,00	30%	7,80

Fuente: Noma EN.81 (Norma Europea UNE-EN 81-1, 2001)

**Tabla de Propiedades del perfil UPN 120**

DENOMINACIÓN	DIMENSIONES						PROPIEDADES					
	h	b	t	e	R	R1	ÁREA SECCIÓN cm <sup>2</sup>	PESOS kg/mts	INERCIA (cm <sup>4</sup> )		RESISTENCIA (cm <sup>3</sup> )	
	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>4</sup>			Eje x-x	Eje y-y	Eje x-x	Eje y-y
UPN 80	80	45	6.00	8.00	8.00	4.00	1.10	8.64	106.00	19.40	26.50	6.36
UPN 100	100	50	6.00	8.50	8.50	4.50	13.50	10.60	206.00	29.30	41.20	8.49
<b>UPN 120</b>	120	55	7.00	9.00	9.00	4.50	17.00	13.40	364.00	43.20	<b>60.70</b>	11.10
UPN 140	140	60	7.00	10.00	10.00	5.00	20.40	16.00	605.00	62.70	86.40	14.80
UPN 160	160	65	7.50	10.50	10.50	5.50	24.00	18.80	905.00	85.30	116.00	18.30
UPN 180	180	70	8.00	11.00	11.00	5.50	28.00	22.00	1350.00	114.00	150.00	22.40
UPN 200	200	75	8.50	11.50	11.50	6.00	32.20	25.30	1910.00	148.00	191.00	27.00
UPN 220	220	80	9.00	12.50	12.50	6.50	37.40	29.40	2690.00	197.00	245.00	33.60
UPN 240	240	85	9.50	13.00	13.00	6.50	42.30	33.20	3600.00	248.00	300.00	39.60
UPN 300	300	100	10.00	16.00	16.00	8.00	58.80	46.20	8030.00	495.00	535.00	67.80

Fuente: DIPAC (DIPAC PRODUCTOS DE ACERO, 2020)

### Tabla de Propiedades y dimensiones del perfil UPN 120

*I= Momento de Inercia W=Momento de resistencia R= Radio de Inercia, siempre referido al eje de flexión correspondiente.*

UPN	Dimensiones (mm)						Área cm <sup>2</sup>	Peso Kg/m	Momento respecto a los ejes			
									EJE X-X		EJE Y-Y	
	h	b	s	t	r1	r2			Ixcm <sup>4</sup>	Wx cm <sup>3</sup>	Iy cm <sup>4</sup>	Wy cm <sup>3</sup>
120	120	55	7	9	9	4.5	17	13.4	364	43.2	43.2	11.10



Fuente: DIPAC (DIPAC PRODUCTOS DE ACERO, 2020)

### Tabla de Electrodo recomendados por Indura para soldar principales aceros CAP

Norma	Grado	Requerimiento mín. metal de aporte (1)	Electrodo INDURA
NCh 203 of. 77	A37-24 ES A42-27 ES	SMAW - electrodo revestido A5.1 (2) E60XX, E70XX	SMAW - electrodo revestido INDURA 6010,6011, 7010, 7018,7024
ASTM A36 M-05	-	A5.5 (3) E70XX-X	INDURA 7010-A1, 7018-A1
ASTM A53 M-05	B		
ASTM A283 M-03	A,B,C		
NCh 215 of. 79	A37-21 ES A42-25 ES		
SAE J403H Nov. 2001	1005 1006 1008 1010 1015	SAW - arco sumergido A5.17 (4) F6XX-EXXX, F6XX-ECXXX F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX A5.23 (5) F7XX-EXXX-XX F7XX-ECXXX-XX	SAW - arco sumergido EL12-H400 (F7A0-EL12) EM12K-H400 (F7A2-EM12K)

Fuente: Manual de sistemas y materiales de soldadura (INDURA PERU S.A., 2020)



Tabla de Propiedades de una soldadura considerada como una línea

Bosquejo de la Junta Soldada	Flexión Alrededor del Eje x-x	Torsión
	$Zx = \frac{d^2}{6}$	$Jx = \frac{d^3}{12}$
	$Zx = \frac{d^2}{3}$	$Jx = \frac{d(3b^2 + d^2)}{6}$
	$Zx = bd$	$Jx = \frac{b^3 + 3bd^2}{6}$
	$Zx = \frac{4bd + d^2}{6}$	$Jx = \frac{(b + d)^4 - 6b^2d^2}{12(b + d)}$
	$Zx = bd + \frac{d^2}{3}$	$Jx = \frac{(2b + d)^3}{12} - \frac{b^2(b + d)^2}{(2b + d)}$

Fuente: Diseño de Maquinas (Hall, y otros, 1971)

Tabla de Tipo de carga para la soldadura

Tipo de carga	Fórmulas de diseño patrones	Considerando la soldadura como una línea	
	Esfuerzo psi	Fuerza lb/pul	
<b>Soldaduras primarias transmite toda la carga</b>			
	tracción o compresión	$s = \frac{P}{A}$	$f = \frac{P}{L_w}$
	de corte vertical	$s = \frac{V}{A}$	$f = \frac{V}{L_w}$
	flexión	$s = \frac{M}{Z}$	$f = \frac{M}{Z_w}$
	torsión	$s = \frac{TC}{J}$	$f = \frac{TC}{J_w}$

Fuente: Diseño de Maquinas (Hall, y otros, 1971)

Tabla de Propiedades del perfil UPN 80

DENOMINACIÓN	DIMENSIONES						PROPIEDADES					
	h	b	t	e	R	R1	ÁREA SECCIÓN cm <sup>2</sup>	PESOS kg/mts	INERCIA (cm <sup>4</sup> )		RESISTENCIA (cm <sup>2</sup> )	
	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>4</sup>			Eje x-x	Eje y-y	Eje x-x	Eje y-y
UPN 80	80	45	6.00	8.00	8.00	4.00	1.10	8.64	106.00	19.40	26.50	6.36
UPN 100	100	50	6.00	8.50	8.50	4.50	13.50	10.60	206.00	29.30	41.20	8.49
UPN 120	120	55	7.00	9.00	9.00	4.50	17.00	13.40	364.00	43.20	60.70	11.10
UPN 140	140	60	7.00	10.00	10.00	5.00	20.40	16.00	605.00	62.70	86.40	14.80
UPN 160	160	65	7.50	10.50	10.50	5.50	24.00	18.80	905.00	85.30	116.00	18.30
UPN 180	180	70	8.00	11.00	11.00	5.50	28.00	22.00	1350.00	114.00	150.00	22.40
UPN 200	200	75	8.50	11.50	11.50	6.00	32.20	25.30	1910.00	148.00	191.00	27.00
UPN 220	220	80	9.00	12.50	12.50	6.50	37.40	29.40	2690.00	197.00	245.00	33.60
UPN 240	240	85	9.50	13.00	13.00	6.50	42.30	33.20	3600.00	248.00	300.00	39.60
UPN 300	300	100	10.00	16.00	16.00	8.00	58.80	46.20	8030.00	495.00	535.00	67.80

Fuente: DIPAC (DIPAC PRODUCTOS DE ACERO, 2020)

Tabla de Características del acero AISI 1020

**ACERO ASI-SAE 1020 (UNS G10200)**

**1. Descripción:** acero de mayor fortaleza que el 1018 y menos fácil de conformar. Responde bien al trabajo en frío y al tratamiento térmico de cementación. La soldabilidad es adecuada. Por su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para elementos de maquinaria.

**2. Normas involucradas:** ASTM A108

**3. Propiedades mecánicas:** Dureza 111 HB  
 Esfuerzo de fluencia 205 MPa (29700 PSI)  
 Esfuerzo máximo 380 MPa (55100 PSI)  
 Elongación 25%  
 Reducción de área 50%  
 Módulo de elasticidad 205 GPa (29700 KSI)  
 Maquinabilidad 72% (AISI 1212 = 100%)

Fuente: Acero Grado Maquinaria (ACERO GRADO MAQUINARIA, 2020)

Tabla de Diámetros y área de roscas unificadas de tornillo UNC y UNF

Designación de tamaño	Diámetro mayor nominal	Serie gruesa-UNC		Serie fina-UNF			
		Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , pulg <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_r$ , pulg <sup>2</sup>	Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , pulg <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_r$ , pulg <sup>2</sup>
0	0.0600				80	0.001 80	0.001 51
1	0.0730	64	0.002 63	0.002 18	72	0.002 78	0.002 37
2	0.0860	56	0.003 70	0.003 10	64	0.003 94	0.003 39
3	0.0990	48	0.004 87	0.004 06	56	0.005 23	0.004 51
4	0.1120	40	0.006 04	0.004 96	48	0.006 61	0.005 66
5	0.1250	40	0.007 96	0.006 72	44	0.008 80	0.007 16
6	0.1380	32	0.009 09	0.007 45	40	0.010 15	0.008 74
8	0.1640	32	0.014 0	0.011 96	36	0.014 74	0.012 85
10	0.1900	24	0.017 5	0.014 50	32	0.020 0	0.017 5
12	0.2160	24	0.024 2	0.020 6	28	0.025 8	0.022 6
$\frac{1}{8}$	0.2500	20	0.031 8	0.026 9	28	0.036 4	0.032 6
$\frac{5}{16}$	0.3125	18	0.052 4	0.045 4	24	0.058 0	0.052 4
$\frac{3}{8}$	0.3750	16	0.077 5	0.067 8	24	0.087 8	0.080 9
$\frac{7}{16}$	0.4375	14	0.106 3	0.093 3	20	0.118 7	0.109 0
$\frac{1}{2}$	0.5000	13	0.141 9	0.125 7	20	0.159 9	0.148 6
$\frac{9}{16}$	0.5625	12	0.182	0.162	18	0.203	0.189
$\frac{5}{8}$	0.6250	11	0.226	0.202	18	0.256	0.240
$\frac{3}{4}$	0.7500	10	0.334	0.302	16	0.373	0.351
$\frac{7}{8}$	0.8750	9	0.462	0.419	14	0.509	0.480
1	1.0000	8	0.606	0.551	12	0.663	0.625
$1\frac{1}{8}$	1.2500	7	0.969	0.890	12	1.073	1.024
$1\frac{1}{2}$	1.5000	6	1.405	1.294	12	1.581	1.521

\* Esta tabla se corrigió de la norma ANSI B1.1-1974. El diámetro menor se determinó mediante la ecuación  $d_r = d - 1.299 \cdot 0.038$  y el diámetro de paso a partir de  $d_p = d - 0.649 \cdot 0.038$ . Para calcular el área de esfuerzo de tensión se usaron la media del diámetro de paso y el diámetro menor.

Fuente: DISEÑO DE INGENIERIA MECÁNICA (Shigley, y otros, 2012)

Tabla de Especificaciones SAE para pernos de acero

Grado SAE núm.	Intervalo de tamaños, inclusive, pulg	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima o la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
1	$\frac{1}{8}$ a $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo o medio carbono	
2	$\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ $\frac{7}{8}$ a $1\frac{1}{2}$	55 33	74 60	57 36	Acero de bajo o medio carbono	
4	$\frac{1}{4}$ a $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero de medio carbono, estirado en frío	
5	$\frac{1}{4}$ a 1 $1\frac{1}{8}$ a $1\frac{1}{2}$	85 74	120 105	92 81	Acero de medio carbono, T y R	
5.2	$\frac{1}{4}$ a 1	85	120	92	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
7	$\frac{1}{2}$ a $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Acero de aleación de medio carbono, T y R	
8	$\frac{1}{2}$ a $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero de aleación de medio carbono T y R	
8.2	$\frac{1}{4}$ a 1	120	150	130	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	

\* Las resistencias mínimas son resistencias que exceden 99 por ciento de los sujetadores.

Fuente: DISEÑO DE INGENIERIA MECÁNICA (Shigley, y otros, 2012)



**Tabla de Factores de concentración del esfuerzo de fatiga Kf de elementos roscados**

Grado SAE	Grado métrico	Roscas laminadas	Roscas cortadas	Filete
0 a 2	3.6 a 5.8	2.2	2.8	2.1
4 a 8	6.6 a 10.9	3.0	3.8	2.3

Fuente: DISEÑO DE INGENIERIA MECÁNICA (Shigley, y otros, 2012)

**Tabla de Cargas de tensión y corte en bloques de concreto hueco de peso normal, medio y ligero, de 8 pulgadas**

Tamaño pulg. (mm)	Diám. de broca pulg.	Prof. de empotramiento pulg. (mm)	Dist. al borde mín. pulg. (mm)	Dist. al extremo mín. pulg. (mm)	Cargas de bloques de concreto huecos de 8 pulg. basadas en la resistencia al bloque de concreto			
					Carga de tensión		Carga de corte	
					Última libras (kn)	Admisible libras (kn)	Última libras (kn)	Admisible libras (kn)
Anclaje instalado en la cara del bloque (consulte la Figura 2).								
3/8 (9.5)	3/8	1 1/4 (44)	4 (102)	4% (117)	720 (3.2)	145 (0.6)	1,240 (5.5)	250 (1.1)
1/2 (12.7)	1/2	1 1/4 (44)	4 (102)	4% (117)	760 (3.4)	150 (0.7)	1,240 (5.5)	250 (1.1)
5/8 (15.9)	5/8	1 1/4 (44)	4 (102)	4% (117)	800 (3.6)	160 (0.7)	1,240 (5.5)	250 (1.1)
3/4 (19.1)	3/4	1 1/4 (44)	4 (102)	4% (117)	880 (3.9)	175 (0.8)	1,240 (5.5)	250 (1.1)

Fuente: Simpson Strong – TieAchor Systems (Simpson, 2020)

**Tabla de Carga de tensión en función a la distancia del borde (fc)**

Dist. al borde Cact (pulg.)	Diámetro	3/8		1/2			5/8			3/4		
		2 1/4	3 3/4	2 1/4	3 3/4	5 1/4	2 1/4	4 1/4	5 1/4	2 1/4	4 1/4	5 1/4
E												
Cer		3	3	4	4	4	5	5	5	6	6	6
Cmin		1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4	1 1/4
femin		0.83	0.73	0.67	0.57	0.73	0.67	0.57	0.59	0.67	0.48	0.58
1 1/4		0.83	0.73	0.67	0.57	0.73	0.67	0.57	0.59	0.67	0.48	0.58
2		0.86	0.78	0.71	0.62	0.76	0.70	0.60	0.62	0.69	0.51	0.60
2 1/4		0.90	0.84	0.74	0.67	0.79	0.72	0.64	0.65	0.71	0.54	0.63
2 1/2		0.93	0.89	0.78	0.71	0.82	0.75	0.67	0.68	0.73	0.57	0.65
2 3/4		0.97	0.95	0.82	0.76	0.85	0.77	0.70	0.72	0.75	0.60	0.68
3		1.00	1.00	0.85	0.81	0.88	0.80	0.74	0.75	0.77	0.63	0.70
3 1/4				0.89	0.86	0.91	0.82	0.77	0.78	0.79	0.66	0.73
3 1/2				0.93	0.90	0.94	0.85	0.80	0.81	0.81	0.69	0.75
3 3/4				0.96	0.95	0.97	0.87	0.83	0.84	0.83	0.72	0.78
4				1.00	1.00	1.00	0.90	0.87	0.87	0.84	0.76	0.80
4 1/4							0.92	0.90	0.91	0.86	0.79	0.83
4 1/2							0.95	0.93	0.94	0.88	0.82	0.85
4 3/4							0.97	0.97	0.97	0.90	0.85	0.88
5							1.00	1.00	1.00	0.92	0.88	0.90
5 1/4										0.94	0.91	0.93
5 1/2										0.96	0.94	0.95
5 3/4										0.98	0.97	0.98
6										1.00	1.00	1.00

Fuente: Simpson Strong – TieAchor Systems (Simpson, 2020)

Tabla de Carga de corte en función a la distancia del borde

Dist. al borde Cort (pulg.)	Diámetro	3/8			1/2			5/8			3/4		
		E	2%	3%	2%	3%	5%	2%	4%	5%	2%	4%	5%
	Cer	4½	4½	6	6	6	7½	7½	7½	9	9	9	
	Cmin	1¾	1¾	1¾	1¾	1¾	1¾	1¾	1¾	1¾	1¾	1¾	
	lamin	0.25	0.24	0.25	0.20	0.17	0.19	0.16	0.19	0.19	0.14	0.13	
1¾		0.25	0.24	0.25	0.20	0.17	0.19	0.16	0.19	0.19	0.14	0.13	
2		0.32	0.31	0.29	0.25	0.22	0.23	0.20	0.23	0.22	0.17	0.16	
2½		0.45	0.45	0.38	0.34	0.32	0.30	0.27	0.30	0.27	0.23	0.22	
3		0.59	0.59	0.47	0.44	0.41	0.37	0.34	0.37	0.33	0.29	0.28	
3½		0.73	0.72	0.56	0.53	0.51	0.44	0.42	0.44	0.39	0.35	0.34	
4		0.86	0.86	0.65	0.62	0.61	0.51	0.49	0.51	0.44	0.41	0.40	
4½		1.00	1.00	0.74	0.72	0.71	0.58	0.56	0.58	0.50	0.47	0.46	
5				0.82	0.81	0.80	0.65	0.63	0.65	0.55	0.53	0.52	
5½				0.91	0.91	0.90	0.72	0.71	0.72	0.61	0.58	0.58	
6				1.00	1.00	1.00	0.79	0.78	0.79	0.66	0.64	0.64	
6½							0.86	0.85	0.86	0.72	0.70	0.70	
7							0.93	0.93	0.93	0.78	0.76	0.76	
7½							1.00	1.00	1.00	0.83	0.82	0.82	
8										0.89	0.88	0.88	
8½										0.94	0.94	0.94	
9										1.00	1.00	1.00	

Fuente: Simpson Strong – TieAchor Systems (Simpson, 2020)

Tabla de Datos técnicos del cable tipo Seale 6 x 19 (9+9+1) +1 textil)

Diámetro cable (mm)	Peso (kg/100 m)	Carga rotura 1600 MPa (kN)	Carga rotura 1800 MPa (kN)	Carga rotura 2000 MPa (kN)
6	14	22	24	26
7	17	26	29	32
8	24	36	41	44
9.5	32	48	55	59
10.5	41	62	70	76
11	46	70	79	85
12.5	57	86	97	105
13.5	69	107	117	127
15	82	124	140	151
16	97	146	164	177

Fuente: Elevadores: Principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)

## Tabla de Características del motor PERMAGSA modelo GC300-320

### INSTALLATION DATA

Pasajeros	8	
Carga(kg)	630	
Tiro	1	2
Polea (mm)	320	320
Velocidad (m/s)	1	1
Diámetro cable (mm)	8	8
N° cables	5	3
Peso cable /m (kg)	0,231	0,231
Altura sin cadena comp (m)	27	27
Peso total cable (kg)	31,2	18,7
Par frenada (Nm)	542,8	261,6
Eficiencia hueco (%)	80	77
Eficiencia polea desvío (%)	100	96
N° poleas desvío	0	2
Par nom. Inst. (Nm)	617,4	334,0
Pot. Mecánica (kW)	3,86	4,18

**Modelo** ge300-320-135 ge150-320-200

### DATOS MECÁNICOS

Par nom. motor (Nm)	600,0	350,0
Par máximo motor(Nm)	1.120,0	580,0
Ciclo carga (%)	30	40
Arranques/hora	180	180
Carga estática (kg)	4.000	2.000
Velocidad nominal (rpm)	60	119
Velocidad máxima (rpm)	135	200
Peso máquina (Kg)	200	145

### DATOS ELÉCTRICOS

Consumo nominal (A)	15,4	11,5
Cosumo Máximo (A)	28,0	20,0
Voltaje (V)	350,0	340,0
Potencia Nominal (kW)	6,8	4,9
Hercios (Hz)	6,0	11,9
Voltage freno (Vdc)	210	210
Polos	12	12

Fuente: Catálogo PERMAGSA (PERMAGSA S.A., 2020)

## Tabla de Coeficiente en función de desaceleración de frenado de la cabina

Valor de C1	Velocidad nominal (m/s)
1.10	0 a 0.63
1.15	0.63 a 1
1.20	1 a 1.6
1.25	1.6 a 2.5

Fuente: Elevadores: Principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)

**Tabla de Coeficiente que tiene en cuenta la variación del perfil de la polea de tracción debido al desgaste**

Valor de C2	Perfil de garganta recomendado
1	Semicirculares o entalladas
1.2	Trapezoidales o en V

**Fuente: Elevadores: Principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)**

**Tabla de Velocidades máximas de los aparatos elevadores para las que debe actuar el limitador de velocidad**

Velocidad nominal en m/s	Porcentaje de aumento de la velocidad nominal para el que debe actuar el limitador de velocidad	Velocidad para la que debe actuar el limitado de velocidad
0-0.50	50%	0.75
0.60	50%	0.90
0.65	50%	0.97
0.70	50%	1.05
0.80	40%	1.12
1.00	40%	1.40
1.20	40%	1.68
1.25	40%	1.75
1.50	40%	2.10
1.60	35%	2.16
1.75	35%	2.35
2.00	35%	2.70
2.50	30%	3.75
3.00	30%	3.90
3.50	30%	4.55
4.00	30%	5.20
4.50	30%	5.85
5.00	30%	6.50
5.50	30%	7.15
6.00	30%	7.80

**Fuente: Elevadores: Principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)**

**Tabla 4. 38 Cables para el accionamiento del limitador de velocidad**

Denominación	Diámetro (mm)	Altura (m)	Garganta de polea
6 x 19 Seale + 1	6-16	Hasta 50	No entalla ancha
6 x 19 W + 1	6-8	Hasta 50	No entalla ancha

**Fuente: Elevadores: principios e innovaciones (Miravete, y otros, 1998)**

## **Anexo N° 5: Fichas Técnicas**



4 de octubre en la obra con las especificaciones\*

## Sistemas de anclaje y sujeción

Para concreto y mampostería

2012-2013  
C-SAS-2012SP

Adhesivos  
Anclajes Mecánicos  
Sistemas accionados  
con gas y pólvora  
Brocas de carburo

800. 390. 3271  
www.strongtie.com

Fuente: (Simpson, 2020)

## Método de Diseño por Tensiones Permisibles (ASD)

Para el diseño por tensiones permisibles (ASD), el diseñador debe medir los anclajes de manera tal que la carga de servicio no supere la carga permisible de ningún anclaje:

$$\begin{aligned} T_{\text{servicio}} &\leq T_{\text{permisible}} \\ V_{\text{servicio}} &\leq V_{\text{permisible}} \end{aligned}$$

El diseñador debe consultar la carga permisible en la tabla correspondiente y ajustar la carga permisible de todos los parámetros de diseño del anclaje correspondientes, como separación, distancia al borde, temperatura de servicio o aumento de tensión permisible para las cargas a corto plazo. Las acciones de ajuste de carga para los anclajes se aplican de manera acumulativa. En el caso de los anclajes adhesivos, el diseñador también debe asegurarse de que la carga de servicio no supere la carga permisible del inserto de acero.

Para los anclajes sujetos a carga de corte y tensión simultánea, debe cumplirse con la siguiente ecuación, en la que el valor de  $n$  depende del producto. Use un valor  $n=1$ , a menos que se indique **otro valor** en la tabla de cargas del producto correspondiente.

$$\left( \frac{V_{\text{servicio}}}{V_{\text{permisible}}} \right)^n + \left( \frac{T_{\text{servicio}}}{T_{\text{permisible}}} \right)^n \leq 1.0$$

Se permite la interpolación lineal de cargas permisibles entre las profundidades de empalamientos o las resistencias a la compresión que se indican en las tablas de cargas. También se permite la interpolación lineal de los factores de ajuste de carga de las tablas de distancia al borde y de separación.

Las cargas permisibles en este catálogo se derivan de pruebas a escala real, cálculos y de la experiencia. Por lo general, la carga permisible se determina al tomar la carga última promedio de pruebas a escala real y al dividirla por un factor de seguridad (FS).

$$T_{\text{permisible}} = \frac{T_{\text{última}}}{FS} \quad V_{\text{permisible}} = \frac{V_{\text{última}}}{FS}$$

En el caso de algunos anclajes, la carga última promedio o la carga permisible también depende de los límites de desplazamiento del anclaje.

Las cargas permisibles para los insertos de acero usados con anclajes adhesivos se determinan de la siguiente manera:

Para varillas rosadas:  $T_{\text{permisible}} = 0.20 F_u A_s$  ;  $V_{\text{permisible}} = 0.17 F_u A_s$

Para varillas de efecto grado 60:  $T_{\text{permisible}} = 0.24 A_s F_u$  ;  $V_{\text{permisible}} = 0.17 A_s F_u$

Donde:

$A_s$  = sección transversal bruta del inserto

Tipo de acero del inserto rosado	$F_u$ (psi)
F1554, grado 36	58,000
A190, grado 67	125,000
Acero inoxidable 304/316 (Diám. $\geq \frac{3}{8}$ pulg.)	180,000
Acero inoxidable 304/316 (Diám. $\geq \frac{1}{4}$ pulg.)	88,000

Donde:

$F_u$  = resistencia a la tensión última del inserto de acero

## Método de Diseño por Resistencia (SD)

APÉNDICE D  
ACI 318 AC308  
E ACI 318 AC309

Para el diseño por resistencia (SD), el diseñador debe medir los anclajes de manera tal que la resistencia requerida (por ejemplo, la carga factorizada) no supere la menor resistencia de diseño del anclaje o del grupo de anclajes, considerando todos los modos de falla posibles.

$$\begin{aligned} \phi R_n &\leq K \\ \phi V_n &\leq K \end{aligned}$$

Los cálculos se realizan según las normas de diseño correspondientes: ICC-ES AC108 y ACI 318 Apéndice D para anclajes mecánicos e ICC-ES AC308 para anclajes adhesivos. Las condiciones adicionales de diseño de AC308 se muestran en otras partes de este catálogo.

Las resistencias nominales y los datos de diseño de este catálogo derivan de pruebas a escala real y de cálculos realizados según las normas ACI 308.2, ICC-ES AC108 e ICC-ES AC308. En general, las resistencias nominales son resistencias de fractur 5% calculadas usando la carga última promedio y la desviación estándar de los resultados de pruebas a escala real. Una resistencia de fractur 5% es la resistencia nominal para la que hay un 95% de seguridad de que haya un 95% de probabilidad de que la resistencia real exceda la resistencia nominal.

Para los anclajes diseñados según las normas ACI 318 Apéndice D, AC108 o AC308, es posible convertir las resistencias de diseño (es decir,  $\phi R_n$  o  $\phi V_n$ ) a cargas permisibles usando el siguiente método de AC108 (con fecha de febrero de 2008) y AC308 (con fecha de enero de 2009):

$$T_{\text{permisible, ASD}} = \frac{\phi R_n}{1.6} \quad \text{y} \quad V_{\text{permisible, ASD}} = \frac{\phi V_n}{1.6}$$

Donde:

$T_{\text{permisible, ASD}}$  = carga de tensión permisible

$V_{\text{permisible, ASD}}$  = carga de corte permisible

$\phi R_n$  = resistencia de diseño más baja de un anclaje o grupo de anclajes en tensión, determinada según las normas ACI 318 Apéndice D, AC108, AC308 y el ICC.

$\phi V_n$  = resistencia de diseño más baja de un anclaje o grupo de anclajes en corte, determinada según las normas ACI 318 Apéndice D, AC108, AC308 y el ICC.

$\phi$  = factor de conversión calculado como un promedio ponderado de los factores de carga para la combinación de cargas de control. Además,  $\phi$  debe incluir todos los factores correspondientes para considerar los modos de falla no dúctiles y la resistencia adicional requerida.

La interacción se debe calcular de la siguiente manera:

Para cargas de tensión,  $T \leq 0.2T_{\text{permisible}}$ , debe permitirse la carga permisible máxima en corte.

Para cargas de corte,  $V \leq 0.2V_{\text{permisible}}$ , debe permitirse la carga permisible máxima en tensión.

Para todos los otros casos:  $\frac{T}{T_{\text{permisible}}} + \frac{V}{V_{\text{permisible}}} \leq 1.2$

Fuente: (Simpson, 2020)

## Cálculo de Ejemplo Anclajes Mecánicos (ASD Tradicional)

### Cálculo de ejemplo para un grupo de (2) anclajes Titan HD® usando ASD:

Diseño una conexión que cuente con dos (2) anclajes de ½ pulg de diámetro Titan HD® instalados en la cara de un bloque de concreto lleno de mortero de densidad normal de 8 pulg como se muestra. El grupo de anclaje tiene una carga de tensión aplicada de 600 lb, y una carga de corte aplicada de 600 lb, actuando simultáneamente.

#### DATOS ADICIONALES:

- Profundidad de empotramiento = 5 ½ pulg
- Separación =  $S_{adj} = S1 = 8$  pulg
- Separación crítica para un anclaje con ½ pulg de diám. en un empotramiento =  $S_{cr} = 12$  pulg.
- $S_{adj} < S_{cr}$  por lo tanto, use el factor de reducción de separación para S1.
- Distancia al extremo =  $C_{1e} = C1 = 4$  pulg Distancia al borde =  $C_{1b} = C2 = 12$  pulg
- Distancia crítica al borde =  $C_{1c} = 12$  pulg
- Distancia crítica al extremo =  $C_{1e} = 12$  pulg.
- $C1 < C_{1c}$ , por lo tanto, use el factor de reducción perpendicular al borde para C1.
- $C2 > C_{2c}$ , por lo tanto, no se usa un factor de reducción al borde para C2.

#### SOLUCIÓN:

##### TENSION

Determine la carga de tensión permisible sin influencia en la cara de una pared de 8 pulg de bloque de concreto lleno de mortero de densidad normal:

Tensión permisible sin influencia = 1,600 lb

Calcule los factores de eficiencia reducida para la distancia al borde:

$$C_{1e1} = C1 = 4 \text{ pulg}$$

$$C_{1e2} = C2 = 12 \text{ pulg}$$

$$f_{1e1} = 0.68 = \text{Factor de ajuste de carga (página 138)}$$

Calcule el factor de eficiencia reducida para la separación:

$$S_{adj} = S1 = 8 \text{ pulg}$$

$$f_{1s} = 0.87 = \text{Factor de ajuste de carga (página 138)}$$

Calcule la carga de tensión permisible por anclaje:

$$\text{Tensión permisible} = (\text{tensión permisible sin influencia}) (f_{1e1}) (f_{1s})$$

$$\text{Tensión permisible} = (1,600 \text{ lb}) (0.68) (0.87) = 768 \text{ lb por anclaje}$$

Para un grupo de 2 anclajes, el valor de tensión permisible combinado es = (2 anclajes)(768 lb/anclaje) = 1,416 lb. > 600 lb. (tensión del diseño) O.K.

##### CORTE

Determine la carga de corte permisible sin influencia en la cara de una pared de 8 pulg de bloque de concreto lleno de mortero de densidad normal:

Corte permisible sin influencia = 3,000 lb

Calcule el factor de eficiencia reducida para la distancia al extremo:

$$C_{1e1} = C1 = 4 \text{ pulg}$$

$$C_{1e2} = C2 = 12 \text{ pulg}$$

$$f_{1e1} = 0.21 = \text{Factor de ajuste de carga (página 138)}$$

Calcule el factor de eficiencia reducida para la separación:

$$S_{adj} = S1 = 8 \text{ pulg}$$

$$f_{1s} = 0.75 = \text{Factor de ajuste de carga (página 138)}$$

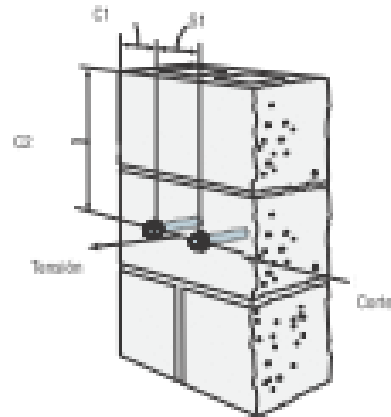
Calcule la carga de corte permisible por anclaje:

$$\text{Corte permisible} = (\text{corte permisible sin influencia}) (f_{1e1}) (f_{1s})$$

$$\text{Corte permisible} = (3,000 \text{ lb}) (0.21) (0.75) = 473 \text{ lb por anclaje}$$

Para un grupo de 2 anclajes, el valor de corte permisible combinado es: = (2 anclajes) (473 lb/anclaje) = 945 lb. > 600 lb. (corte del diseño) O.K.

### Distribución de dos anclajes



El valor de tensión (o corte) permisible para un grupo de anclajes es igual al valor de tensión (o corte) más bajo (mínimo) para un anclaje sencillo multiplicado por la cantidad de anclajes en el grupo.

### REVISIÓN DE LA INTERACCIÓN COMBINADA DE TENSION Y CORTE:

Para el anclaje Titan HD® en bloques de concreto llenos de mortero, use el método de línea recta ( $n = 1$ , vea la Figura 1) cuando calcule la interacción entre la tensión y el corte en el anclaje para la siguiente ecuación:

$$(\text{Corte del diseño/corte permisible})^n + (\text{tensión del diseño/tensión permisible})^n \leq 1.0, n = 1$$

Corte del diseño (T) = 600 lb

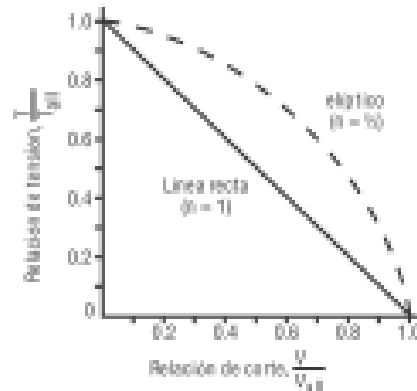
Corte permisible ( $V_{total}$ ) = 945 lb.

Tensión del diseño (T) = 600 lb

Tensión permisible ( $T_{total}$ ) = 1,416 lb.

$$\left( \frac{600}{945} \right)^2 + \left( \frac{600}{1,416} \right)^2 = 0.35 \leq 1.0 \text{ O.K.}$$

Figura 1



Nota: El método elíptico permite usar cargas de tensión y corte permisible mayores que el método de línea recta.

Fuente: (Simpson, 2020)



## Strong-Bolt® 2 Datos de desempeño de los anclajes de corte

Factores de ajuste de carga para anclajes de acero al carbono Strong-Bolt® 2 en la cara de una pared de bloques de concreto de 8 pulg llenos de mortero: separación y distancia al borde, cargas de tensión y corte

Cómo utilizar estas tablas:

- Las siguientes tablas corresponden a una distancia al borde y a una separación reducidas.
- Utilice el tamaño de anclaje que desea usar para una aplicación de carga de tensión o de corte.
- Utilice el empotramiento (E) en el que se instalará el anclaje.
- Utilice la distancia al borde ( $C_{adj}$ ) o la separación ( $S_{adj}$ ) a la que se instalará el anclaje.
- El factor de ajuste de carga ( $\phi_c$  o  $\phi_t$ ) corresponde a la intersección de la fila y la columna.
- Multiplique la carga permisible por el factor aplicable de ajuste de carga.
- Los factores de reducción para varios bordes o separaciones se multiplican juntos.

Tensión en función a la distancia del borde o al extremo ( $C_{adj}$ )

$C_{adj}$ (pulg)	Diámetro				
	E	3/8"	3/4"	4"	5/8"
	$C_{adj}$	12"	12"	20"	20"
	$C_{min}$	4	4	4	4
	$C_{max}$	1.00	1.00	1.00	0.90
4	$C_{min}$	1.00	1.00	1.00	0.90
6	$C_{min}$	1.00	1.00	1.00	0.90
8	$C_{min}$	1.00	1.00	1.00	0.98
10	$C_{min}$	1.00	1.00	1.00	0.98
12	$C_{min}$	1.00	1.00	1.00	0.98
14	$C_{min}$			1.00	0.98
16	$C_{min}$			1.00	0.98
18	$C_{min}$			1.00	1.00
20	$C_{min}$			1.00	1.00

\*Consulte la página 13 para obtener explicaciones acerca de los límites de la tabla de cargas.

Corte en función a la distancia del borde o al extremo ( $C_{adj}$ )

$C_{adj}$ (pulg)	Diámetro				
	E	3/8"	3/4"	4"	5/8"
	$C_{adj}$	12"	12"	20"	20"
	$C_{min}$	4	4	4	4
	$C_{max}$	0.71	0.60	0.38	0.28
4	$C_{min}$	0.71	0.60	0.38	0.28
6	$C_{min}$	0.78	0.70	0.44	0.37
8	$C_{min}$	0.80	0.80	0.52	0.46
10	$C_{min}$	0.85	0.80	0.60	0.50
12	$C_{min}$	1.00	1.00	0.68	0.64
14	$C_{min}$			0.78	0.73
16	$C_{min}$			0.84	0.80
18	$C_{min}$			0.90	0.91
20	$C_{min}$			1.00	1.00

\*Consulte la página 13 para obtener explicaciones acerca de los límites de la tabla de cargas.

Tensión de separación ( $S_{adj}$ )

$S_{adj}$ (pulg)	Diámetro				
	E	3/8"	3/4"	4"	5/8"
	$S_{adj}$	8"	8"	8"	8"
	$S_{min}$	4	4	4	4
	$S_{max}$	1.00	0.93	0.86	0.89
4	$S_{min}$	1.00	0.93	0.86	0.89
6	$S_{min}$	1.00	0.97	0.90	0.98
8	$S_{min}$	1.00	1.00	1.00	1.00

\*Consulte la página 13 para obtener explicaciones acerca de los límites de la tabla de cargas.

Corte de separación ( $S_{adj}$ )

$S_{adj}$ (pulg)	Diámetro				
	E	3/8"	3/4"	4"	5/8"
	$S_{adj}$	8"	8"	8"	8"
	$S_{min}$	4	4	4	4
	$S_{max}$	1.00	1.00	1.00	1.00
4	$S_{min}$	1.00	1.00	1.00	1.00
6	$S_{min}$	1.00	1.00	1.00	1.00
8	$S_{min}$	1.00	1.00	1.00	1.00

\*Consulte la página 13 para obtener explicaciones acerca de los límites de la tabla de cargas.

Factores de ajuste de carga para anclajes de acero al carbono Strong-Bolt® 2 en la parte superior de una pared de bloques de concreto de 8 pulg llenos de mortero: separación y distancia al borde, cargas de tensión y corte

Cómo utilizar estas tablas:

- Las siguientes tablas corresponden a una distancia al borde y a una separación reducidas.
- Utilice el tamaño de anclaje que desea usar para una aplicación de carga de tensión o de corte.
- Utilice el empotramiento (E) en el que se instalará el anclaje.
- Utilice la distancia al borde ( $C_{adj}$ ) o la separación ( $S_{adj}$ ) a la que se instalará el anclaje.
- El factor de ajuste de carga ( $\phi_c$  o  $\phi_t$ ) corresponde a la intersección de la fila y la columna.
- Multiplique la carga permisible por el factor aplicable de ajuste de carga.
- Los factores de reducción para varios bordes o separaciones se multiplican juntos.

Tensión en función a la distancia del extremo ( $C_{adj}$ )

$S_{adj}$ (pulg)	Diámetro		
	E	3/8"	4"
	$C_{adj}$	12"	12"
	$C_{min}$	4	4
	$C_{max}$	1.00	1.00
4	$C_{min}$	1.00	1.00
6	$C_{min}$	1.00	1.00
8	$C_{min}$	1.00	1.00
10	$C_{min}$	1.00	1.00
12	$C_{min}$	1.00	1.00

Distancia al extremo de corte perpendicular al borde ( $C_{adj}$ )

$S_{adj}$ (pulg)	Diámetro		
	E	3/8"	4"
	$C_{adj}$	12"	12"
	$C_{min}$	4	4
	$C_{max}$	0.90	0.80
4	$C_{min}$	0.90	0.80
6	$C_{min}$	0.90	0.87
8	$C_{min}$	0.95	0.90
10	$C_{min}$	0.95	0.98
12	$C_{min}$	1.00	1.00

Distancia al extremo de corte paralela al borde ( $C_{adj}$ )

$S_{adj}$ (pulg)	Diámetro		
	E	3/8"	4"
	$C_{adj}$	12"	12"
	$C_{min}$	4	4
	$C_{max}$	0.50	0.90
4	$C_{min}$	0.50	0.90
6	$C_{min}$	0.65	0.80
8	$C_{min}$	0.77	0.75
10	$C_{min}$	0.88	0.85
12	$C_{min}$	1.00	1.00

Tensión de separación ( $S_{adj}$ )

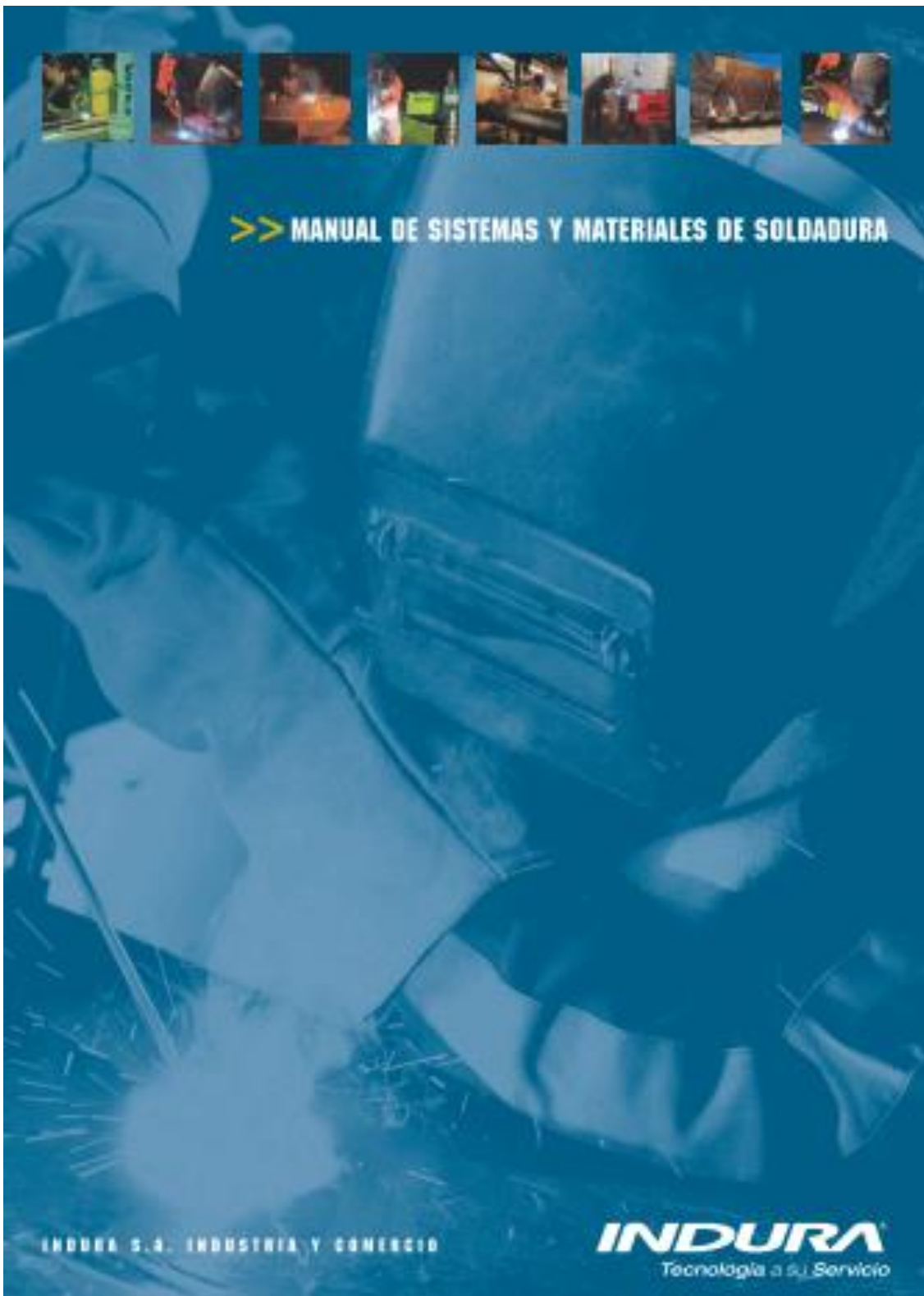
$S_{adj}$ (pulg)	Diámetro		
	E	3/8"	4"
	$S_{adj}$	8"	8"
	$S_{min}$	4	4
	$S_{max}$	0.90	0.86
4	$S_{min}$	0.90	0.86
6	$S_{min}$	0.97	0.95
8	$S_{min}$	1.00	1.00

Corte de separación perpendicular o paralela al borde ( $S_{adj}$ )

$S_{adj}$ (pulg)	Diámetro		
	E	3/8"	4"
	$S_{adj}$	8"	8"
	$S_{min}$	4	4
	$S_{max}$	1.00	1.00
4	$S_{min}$	1.00	1.00
6	$S_{min}$	1.00	1.00
8	$S_{min}$	1.00	1.00

\*Consulte la página 13 para obtener explicaciones acerca de los límites de la tabla de cargas.

Fuente: (Simpson, 2020)



Fuente: (INDURA PERU S.A., 2020)

## ELECTRODOS INDURA

### Composición química (valores típicos)

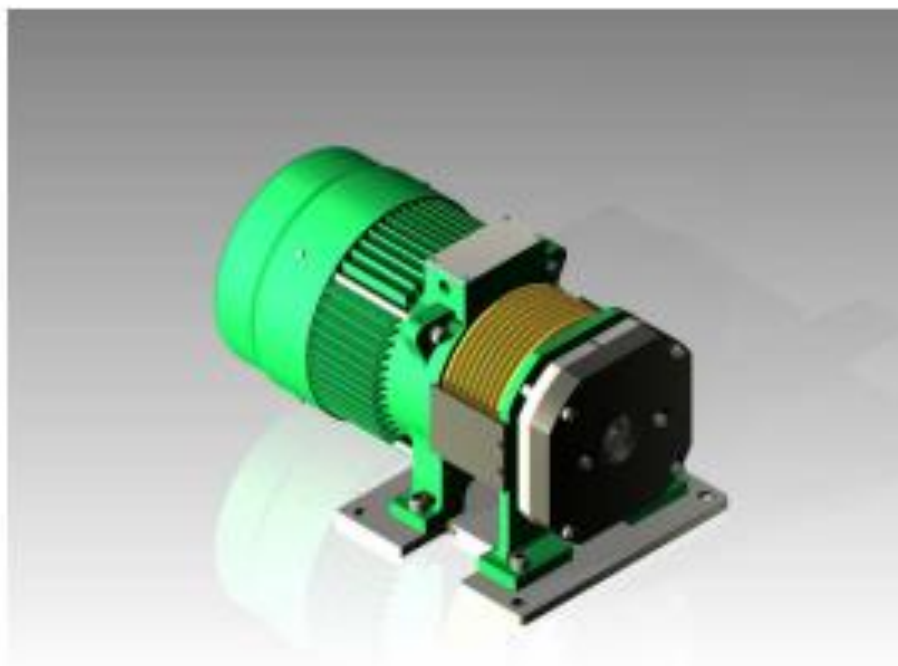
Aplicación	Clasificación AWS	Electrodos		Composición Química (%) del metal depositado (valores típicos)									
		INDURA	Corriente	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Otros	
Acero al carbono	E8010 / E4310	6010	CC	0,11	0,58	0,24	0,014	0,008					
	E8011 / E4311	230-S	CA-CC	0,08	0,51	0,29	0,013	0,012					
	E8011 / E4311	6011	CA-CC	0,11	0,41	0,23	0,010	0,017					
	E8011 / E4311	Punto Azul	CA-CC	0,11	0,57	0,24	0,012	0,020					
	E8011 / E4311	Punto Verde	CA-CC	0,11	0,58	0,25	0,017	0,020					
	E 8012 / E4312	6012	CA-CC	0,08	0,50	0,25	0,018	0,019					
	E8013 / E4313	6013	CA-CC	0,11	0,40	0,22	0,015	0,010					
	E8013 / E4313	90	CA-CC	0,11	0,47	0,24	0,015	0,018					
	E7014 / E4814	Failler 14	CA-CC	0,07	0,89	0,55	0,018	0,020					
	E7018 / E4918	7018-RH	CC	0,08	1,05	0,49	0,015	0,010					
	E7018 / E4918	7018-AR	CC	0,08	1,05	0,55	0,020	0,015					
	E7024 / E4824	Failler 12	CA-CC	0,08	0,88	0,55	0,020	0,011					
	Acero de baja aleación	E7018-A1	7018-A1	CC	0,11	0,50	0,23	0,010	0,009	0,03	0,54	0,55	
E7018-A1		7018-A1	CC	0,05	0,87	0,66	0,010	0,010	0,05	0,86	0,51		0,60 Cu
E7018-G		7018-RC	CC	0,04	0,63	0,15	0,022	0,009	0,03	0,53	0,02		0,60 Cu
E8018-B2		8018-B2	CC	0,08	0,57	0,50	0,012	0,009	1,14	0,87	0,58		0,60 Cu
E8018-B6		8018-B6	CC	0,05	0,76	0,79	0,021	0,007	5,24	0,18	0,47		0,60 Cu
E8018-B8		8018-B8	CC	0,06	0,98	0,41	0,012	0,006	10,32	0,21	1,17		0,60 Cu
E8018-C1		8018-C1	CC	0,04	0,94	0,28	0,015	0,009	0,98	2,49	0,02		0,60 Cu
E8018-C2		8018-C2	CC	0,05	1,15	0,51	0,004	0,006	0,02	3,73	0,004		0,60 Cu
E8018-C3		8018-C3	CC	0,05	1,11	0,41	0,015	0,008	0,04	0,80	0,21		0,45 Cu
E8018-W2		8018-W2	CC	0,04	1,07	0,39	0,024	0,009	0,81	0,70	0,02		0,45 Cu
E9018-B3		9018-B3	CC	0,05	0,86	0,55	0,012	0,009	2,31	0,06	1,08		0,45 Cu
E9018-M		9018-M	CC	0,05	0,88	0,42	0,012	0,010	0,10	1,42	0,24		0,45 Cu
E11018-M		11018-M	CC	0,04	1,54	0,32	0,010	0,010	0,30	1,86	0,40		0,45 Cu
Acero inoxidable	E308-16 / E308H-16	308/308H	CA-CC	0,05	0,54	0,67	0,021	0,005	18,7	10,2	0,07		
	E308L-16	308L	CA-CC	0,02	0,63	0,76	0,020	0,008	18,7	10,0	0,18		
	E308L-16	308L	CA-CC	0,02	0,69	0,80	0,022	0,009	22,5	13,4	0,16		
	E308LMo-16	308LMoL	CA-CC	0,02	0,73	0,51	0,018	0,010	22,3	12,5	2,39		
	E310-16	25-20	CA-CC	0,13	1,25	0,71	0,021	0,008	25,8	21,4	0,10		
	E312-16	29-6-8	CA-CC	0,11	0,97	0,69	0,028	0,003	29,0	10,1	0,23		
	E316L-16	316L	CA-CC	0,02	0,63	0,77	0,022	0,009	18,5	11,7	2,70		
	E316-16 / E316H-16	316/316H	CA-CC	0,05	1,20	0,80	0,020	0,020	18,7	12,0	2,30		
	E347-16	347	CA-CC	0,03	0,76	0,90	0,022	0,005	18,5	10,0	0,25		0,40 Nb
	E410NiMo-13	134	CC	0,04	0,48	0,29	0,019	0,011	11,5	4,1	0,48		
	E2209-16	2209	CA-CC	0,03	1,01	0,38	0,011	0,013	22,9	10,1	3,60		
Ni y sus aleaciones	ENiCrFe-3	Nicroclaste 46	CA-CC	0,03	6,04	0,17	0,014	0,004	16,26	Balance	0,02	1,6Nb, 7,2Fe	
	ENiCrMo-3	Nicromo 3	CA-CC	0,03	6,66	0,45	0,020	0,010	21,69	Balance	0,02	3,5Nb, 4,3Fe	
Hierro Fundido	E-NiCr	Nickel 99	CA-CC	0,74	0,16	0,11	0,008	0,003	0,10	Balance	0,02	2,7Fe	
	E-NiFe-Cr	Nickel 55	CA-CC	0,91	0,54	0,13	0,015	0,002	0,53	Balance	0,02	48Fe	
	E-Si	77	CA-CC	0,19	0,43	0,06	0,015	0,010				Balance Fe	
Ca y sus aleaciones	EDuSn-A	70	CC	6,0 Sn, 0,25 Fe, 0,10 Si, 0,10 P, balance Ca									
Ac. al Manganeso	E-FoMn-A	Tinag	CA-CC	0,78	14,47	0,19	0,020	0,003	4,16	2,50	0,02		

Fuente: (INDURA PERU S.A., 2020)

### Propiedades mecánicas (valores típicos)

Aplicación	Clasificación AWS	Electrodo INDURA	Tratamiento Térmico (°C)	Resistencia a la tracción (Mpa)	Límite de fluencia (Mpa)	Alargamiento en 50 mm. (%)	Energía Absorbida Ch-v (J)
Ac. al carbono	E6010 / E4310	6010	sin TT	500	414	26	38 J a -30°C
	E6011 / E4311	250-S	sin TT	488	403	28	37 J a -30°C
	E6011 / E4311	6011	sin TT	495	424	27	34 J a -30°C
	E6011 / E4311	Punto Azul	sin TT	483	411	24	49 J a -30°C
	E6011 / E4311	Punto Verde	sin TT	473	401	29	36 J a -30°C
	E 6012 / E4312	6012	sin TT	514	440	28	39 J a -30°C
	E6013 / E4313	6013	sin TT	518	431	28	90 J a 20°C
	E6013 / E4313	90	sin TT	513	435	27	56 J a 20°C
	E7014 / E4914	Facilarc 14	sin TT	530	490	30	40 J a 0°C
	E7018 / E4918	7018-RH	sin TT	535	445	30	130 J a -30°C
	E7018 / E4918	7018-AR	sin TT	572	475	31	135 J a -30°C
	E7024 / E4924	Facilarc 12	sin TT	570	477	24	30 J a 0°C
Ac. de bajo aleación	E7010-A1	7010-A1	620°C x 1hr	610	537	25	100 J a 20°C
	E7018-A1	7018-A1	620°C x 1hr	660	578	28	124 J a 20°C
	E7018-G	7018-RC	sin TT	530	480	25	100 J a -20°C
	E8018-B2	8018-B2	690°C x 1hr	670	570	23	80 J a 0°C
	E8018-B6	8018-B6	740°C x 1 hr	708	593	19	200 J a 20°C
	E8018-B8	8018-B8	740°C x 1 hr	713	591	21	250 J a 20°C
	E8018-C1	8018-C1	605°C x 1hr	610	520	26	60 J a -59°C
	E8018-C2	8018-C2	605°C x 1hr	605	510	26	55 J a -73°C
	E8018-C3	8018-C3	sin TT	605	540	27	44 J a -40°C
	E8018-W2	8018-W2	sin TT	675	580	24	42 J a -29°C
	E9018-B3	9018 B3	690°C x 1hr	652	565	26	169 J a 20°C
	E9018-M	9018-M	sin TT	672	579	25	80 J a -51°C
	E11018-M	11018-M	sin TT	780	717	23	42 J a -51°C
Ac. Inoxidable	E308-16 / E308H-16	308/308H	sin TT	590	-----	53	-----
	E308L-16	308L	sin TT	560	-----	41	-----
	E309L-16	309L	sin TT	555	-----	42	-----
	E309LMo-16	309MoL	sin TT	680	-----	40	-----
	E310-16	25-20	sin TT	590	-----	30	-----
	E312-16	29-9 B	sin TT	754	-----	32	-----
	E316L-16	316L	sin TT	580	-----	48	-----
	E316-16 / E316H-16	316/316H	sin TT	600	-----	35	-----
	E347-16	347	sin TT	650	-----	39	-----
	E410NiMo-15	13/4	610°C x 1 hr	827	-----	17	-----
E2209-16	2209	sin TT	794	-----	27	-----	
Ni y sus aleaciones	ENiCrFe-3	Nicroelastio-46	sin TT	680	-----	43	-----
	ENiCrMo-3	Nicromo-3	sin TT	790	-----	30	-----

Fuente: (INDURA PERU S.A., 2020)



## Guía del Usuario

Fuente: (PERMAGSA S.A., 2020)

**1.4-SEGURIDAD**

El montaje, instalación y mantenimiento de los motores GREENSTAR, debe ser realizado únicamente por personal cualificado, siguiendo las normas de seguridad en el trabajo y las recomendaciones generales.

**2- INFORMACIÓN TÉCNICA**

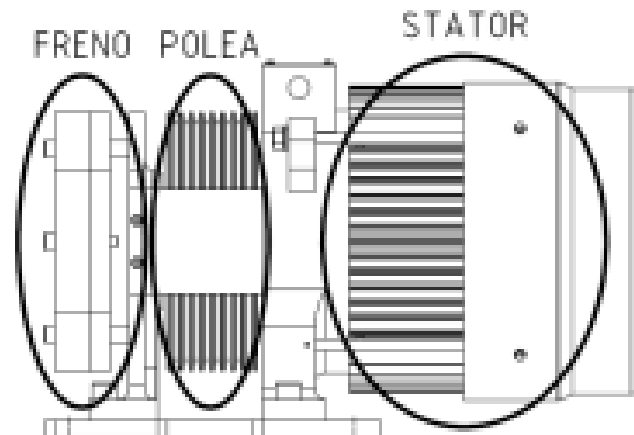
**2.1. MONTAJE**

**2.1.1 Funciones:**

El objetivo del motor es mover y detener el ascensor según las exigencias del usuario. La polea de tracción y el sistema de frenado está directamente unida al eje del motor, por lo que no hay ninguna unión intermedia. El método de tracción se realiza a través de la fricción entre los cables y las ranuras de la polea. El sistema de frenado está compuesto por un freno electromecánico doble, que es capaz de detener el ascensor con solo uno de ellos. La aceleración, deceleración y la velocidad de desplazamiento del motor viene dada por un variador de frecuencia de circuito cerrado.

**2.1.2 Nomenclatura de los Motores GREENSTAR:**

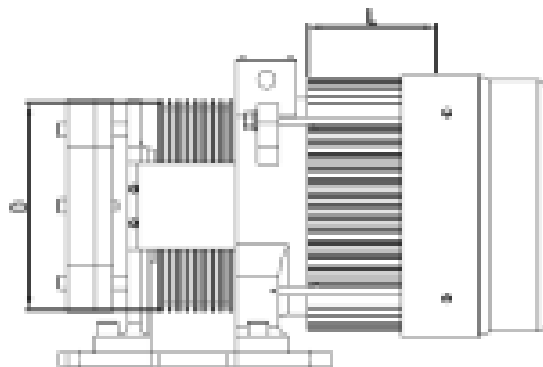
Para comprender la nomenclatura que se utiliza para dar nombre a cada modelo de motor, es fundamental comprender la estructura constructiva que siguen todos los motores (a excepción del "Home Elevator"), que se muestra en el siguiente esquema:



**Fuente: (PERMAGSA S.A., 2020)**

El nombre de cada modelo está compuesto por las letras Ge seguida de tres números y la estructura que tiene es la siguiente:

Ge-L-D-W



**Letras "Ge":**

Estas letras hacen referencia a los motores GREENSTAR EVOLUTION que fabrica PERMAGSA.

**Número "L":**

Tal y como se muestra en el esquema, L hace referencia en mm a la longitud del stator. Según el catálogo de PERMAGSA, L puede tomar los siguiente valores: 75mm/115mm/150mm/225mm/300mm/375mm. Esta variable afecta proporcionalmente al par nominal del motor.

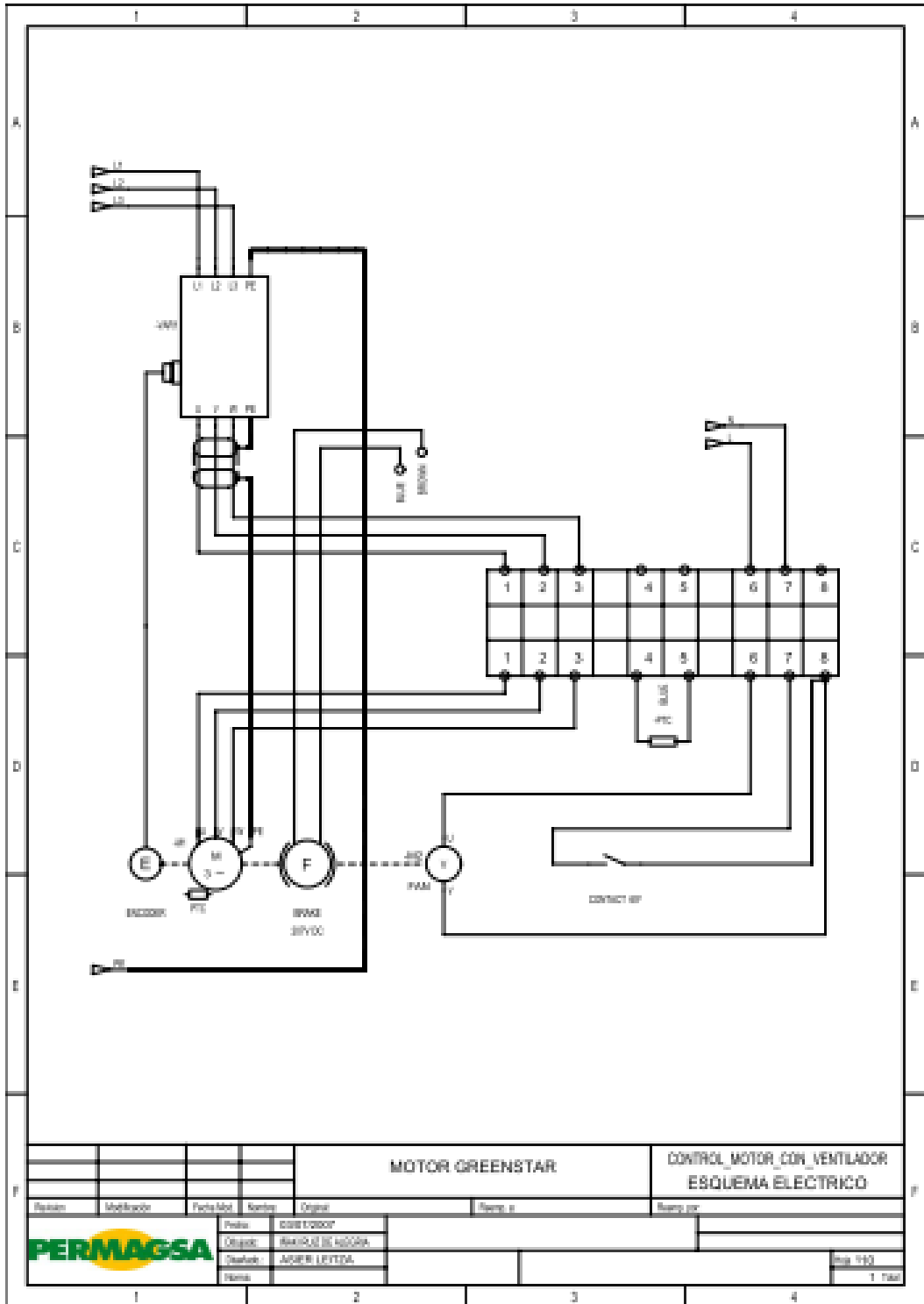
**Número "D":**

Tal y como se muestra en el esquema, D hace referencia en mm al diámetro de la polea de tracción. Según el catálogo de PERMAGSA, D puede tomar los siguiente valores: 160mm/240mm/320mm.

**Número "W":**

Este número hace referencia al tipo de bobinado que lleva cada motor. El valor de W coincide con la velocidad máxima, en r.p.m., a la que puede trabajar el motor.

**Fuente: (PERMAGSA S.A., 2020)**

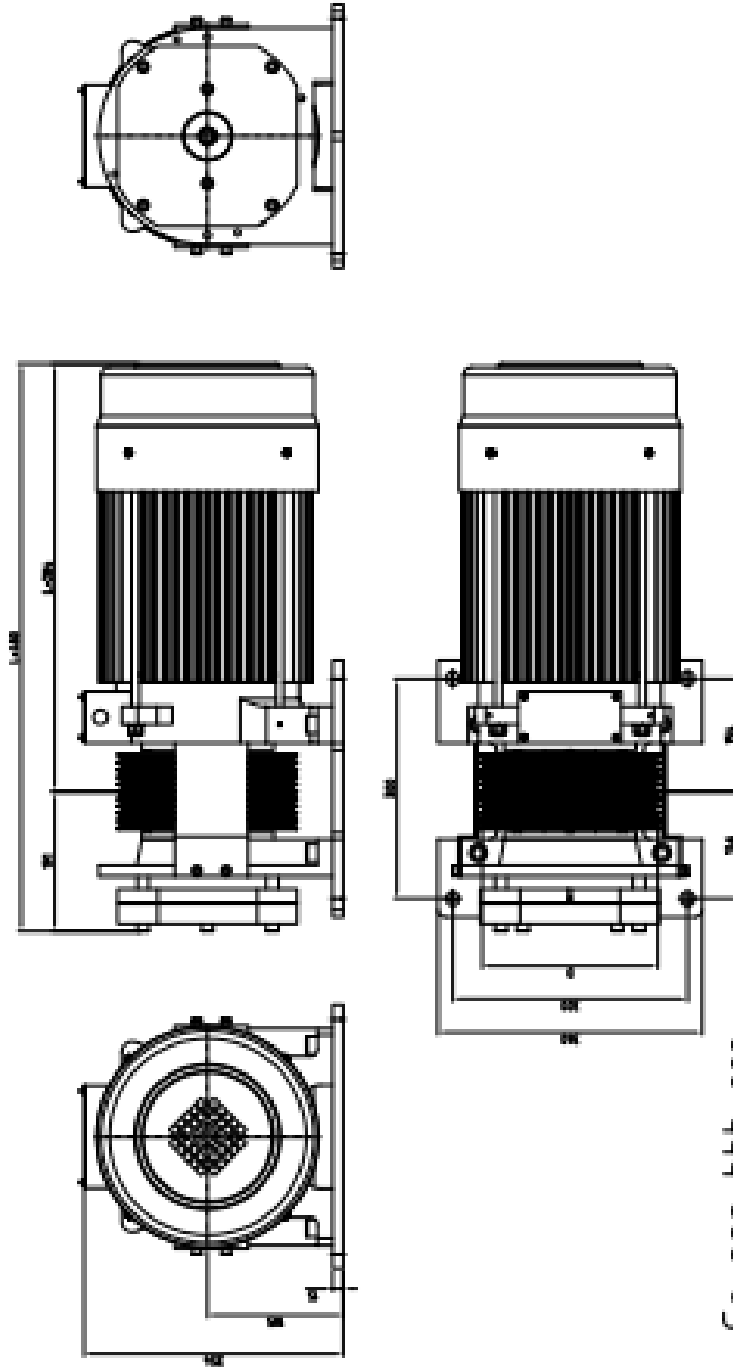


Fuente: (PERMAGSA S.A., 2020)



3.2.3 GREENSTAR 225/300/375

Dimensiones para L=225mm/300mm/375mm  
 Dimensions for L=225mm/300mm/375mm



Ge-aaa-bbb-ccc  
 L P W

Example:  
 ge-300-240-225  
 L=300mm  
 D=240mm

DESCRIPCIÓN	NO. DE DISEÑO	FECHA DE ELABORACIÓN
PERMAGSA	PERMAGSA	PERMAGSA
PROYECTO	NO. DE PROYECTO	FECHA DE PROYECTO
PROYECTISTA	NO. DE PROYECTISTA	FECHA DE PROYECTISTA
REVISOR	NO. DE REVISOR	FECHA DE REVISOR
PERMAGSA S.A. - PERMAGSA S.A. - PERMAGSA S.A. PERMAGSA S.A. - PERMAGSA S.A. - PERMAGSA S.A. PERMAGSA S.A. - PERMAGSA S.A. - PERMAGSA S.A.		
PERMAGSA S.A. - PERMAGSA S.A. - PERMAGSA S.A. PERMAGSA S.A. - PERMAGSA S.A. - PERMAGSA S.A. PERMAGSA S.A. - PERMAGSA S.A. - PERMAGSA S.A.		

Fuente: (PERMAGSA S.A., 2020)

4. CERTIFICADOS GREENSTAR  
4.1 TÜV



**TÜV**

---

**CERTIFICATE**

TÜV Internacional Grupo TÜV Rheinland  
hereby certifies that the company

**PERMAGSA**  
with their location

Pol. Ind. ONDARRA S/N 31500 ALSASUA NAVARRA (SPAIN)

That the described machine, was put under the tests and verifications described, according to the requirements established in the prevailing Regulation of Elevator machines in R.D. 1314/97 and with the Directive of Machines 88/37/EEC.

TYPE: TRACTOR GROUP FOR ELEVATOR MACHINES OF PERMANENT MAGNETS  
MODEL: GREENSTAR-1/23

This Certificate is issued on: 20-06-2005  
See file: 35131350

BILBAO, 20-06-2005

Inspector  
Juan Tomás Vega



TÜV Internacional  
Grupo TÜV Rheinland

PD 301801\_008

Rev.0: 01.03.05

30

Fuente: (PERMAGSA S.A., 2020)

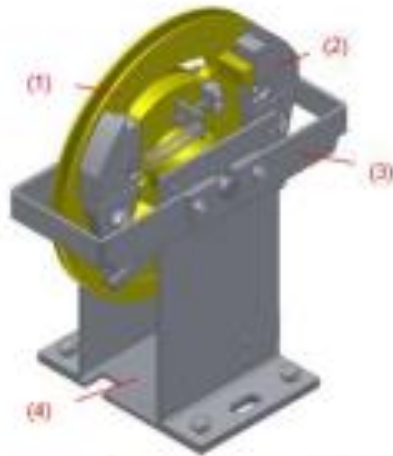


LIMITADOR DE VELOCIDAD/  
OVERSPEED GOVERNOR/  
LIMITEUR DE VITESSE/  
GESCHWINDIGKEITSBEGRENZER/

**LBD-300**

INSTRUCCIONES DE USO Y MANUTENCIÓN/  
INSTRUCTIONS FOR USE AND MAINTENANCE/  
INSTRUCTIONS D'USAGE ET ENTRETIEN/  
GEBRAUCHS- UND WARTUNGSANLEITUNG/

**Fuente: (DYNATECH, 2020)**



Donde:

- (1) Polea Principal.
- (2) Sistema Centrifugo.
- (3) Sistema de Bloqueo.
- (4) Placa de fijación a la losa.

Figura 1: Componentes LRD-300

#### 4 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

El limitador es de tipo centrifugo, y puede actuar tanto en movimiento descendente como en movimiento ascendente.

El limitador se amarra directamente a la losa en el cuarto de máquinas. Unido mediante el cable a su polea tensora ubicada en el foso.

Dicha polea tensora se amarra mediante bridas a la guía.

El cable circula por la garganta del limitador y la garganta de la polea tensora.

Los extremos del cable se fijan al amarra-cables de la timonera. De esta manera, cuando la cabina alcanza la velocidad de disparo, el movimiento relativo cable-limitador hará que este se bloquee.

El esquema de funcionamiento es el siguiente:



- (1) Limitador LRD-300
- (2) Cable del limitador
- (3) Polea Tensora

Figura 2: Esquema de funcionamiento

El limitador, como se ha dicho anteriormente, se amarra a la losa, en el cuarto de máquinas.

Fuente: (DYNATECH, 2020)

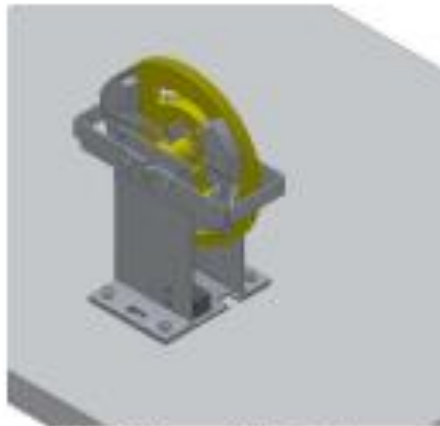


Figura 3: Anarri del limitador a laca

Los extremos del cable (2) se sujetan al amarra-cables (1) de la limonería, utilizándose guardacables.

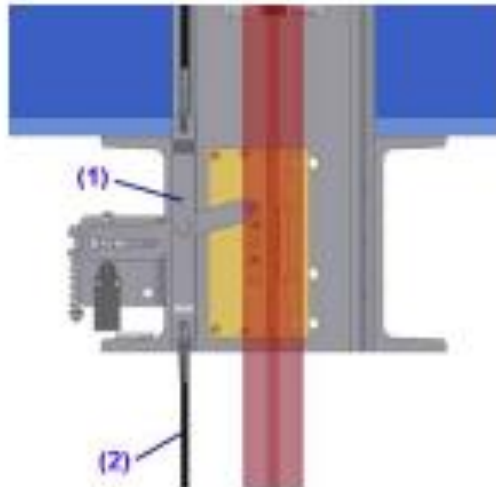


Figura 4: Anarri del cable

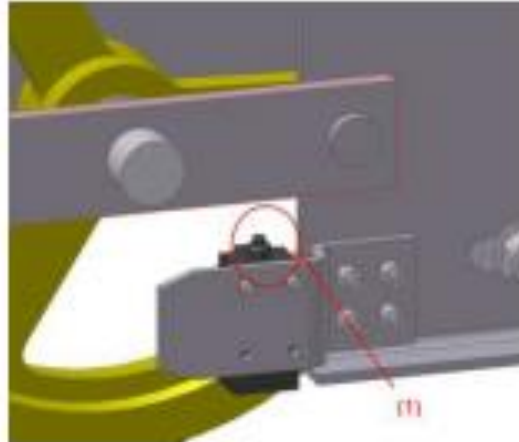
La pólsa tensora se sujeta a la guía mediante bridas.



Figura 5: Sujeción de la pólsa tensora

Fuente: (DYNATECH, 2020)

El cable debe tener la tensión suficiente (500 N en cada rama). Si esta tensión disminuyera o si se rompiera el cable, existe un "contacto de desdramatamiento" (1) que, conectado en serie a la línea de seguridad de la instalación, cortaría el paso de la corriente en la línea de seguridad.



Si el cable se desdramatara o incluso si se rompiera, la corriente se cortaría, gracias al contacto situado debajo de la barra porta pesos.

Debido al peso de las masas, el contacto está protegido frente a golpes mediante la pieza a la que va sujetado, por lo tanto, no hay riesgo de que el sensor sufra daños.

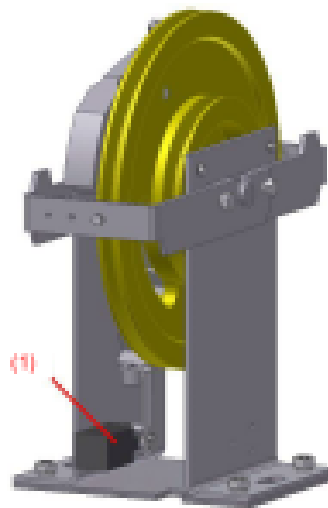
El conjunto polea tensora podrá amarrarse a ambos lados guía. Para que el contacto no sea un problema a la hora de cambiar de posición el conjunto, la chapa de amarrar a la guía lleva agujeros a ambos lados, para que el sensor pueda acoplarse en ambas manos.

#### 4.1 CONTACTO DE SOBREVELOCIDAD

El limitador lleva incorporado un contacto de sobrevelocidad.

A continuación, se muestra una imagen de la situación del contacto de sobrevelocidad (1) en el limitador.

Fuente: (DYNATECH, 2020)



**Figura 9: Contacto de sobrevelocidad**

El contacto actuará cuando el limitador alcance una velocidad superior a la nominal, pero inferior a la de actuación del limitador.

Cuando este contacto dispara, corta la corriente de la serie de seguridad.

Dicho sistema es de resorte manual, esto quiere decir que una vez disparado el contacto no vuelve a su posición inicial, a menos que se haga manualmente.

#### **4.2 GARGANTA ENDURECIDA**

Se ofrece la posibilidad de pedir el limitador con la garganta endurecida. Para considerar cuándo es interesante pedir el limitador con esta opción, se ofrecen estos datos para su valoración.

Garganta sin endurecer: 500000 ciclos

Garganta endurecida: 1500000 ciclos

**Nota:** Estos datos son los resultados de ensayos hechos en las instalaciones de Dynatech; son orientativos. El desgaste depende del tipo de instalación, tráfico, tensión en el cable del limitador, velocidad, Etc...  
Es criterio del cliente la elección de esta opción según el tipo de instalación.

#### **5 FIJACIÓN A LA LOSA**

La figura muestra los puntos de anclaje del limitador a la losa. Las cotas están en milímetros.

**Fuente: (DYNATECH, 2020)**



PARACAÍDAS PROGRESIVO DYNATECH/  
DYNATECH PROGRESSIVE SAFETY GEAR/  
PARACHUTE À PRISE AMORTIE DYNATECH/  
BREMSFANGVORRICHTUNG DYNATECH/

## **PR-2500**

INSTRUCCIONES DE USO Y MANUTENCIÓN/  
INSTRUCTIONS FOR USE AND MAINTENANCE/  
INSTRUCTIONS D'USAGE ET ENTRETIEN/  
GEBRAUCHS- UND WARTUNGSANLEITUNG/

**Fuente: (DYNATECH, 2020)**



## 1 INDICACIONES GENERALES

Cada pareja de paracaídas suministrados está tarada en fábrica en función de las características de utilización requeridas: Masa total (P+Q) y espesor de guías. Estas características se muestran de forma indeleble, junto a la contraseña de homologación y el número de serie, en las chapas de protección que van sobre las cajas del paracaídas (ver apartado 2.1).

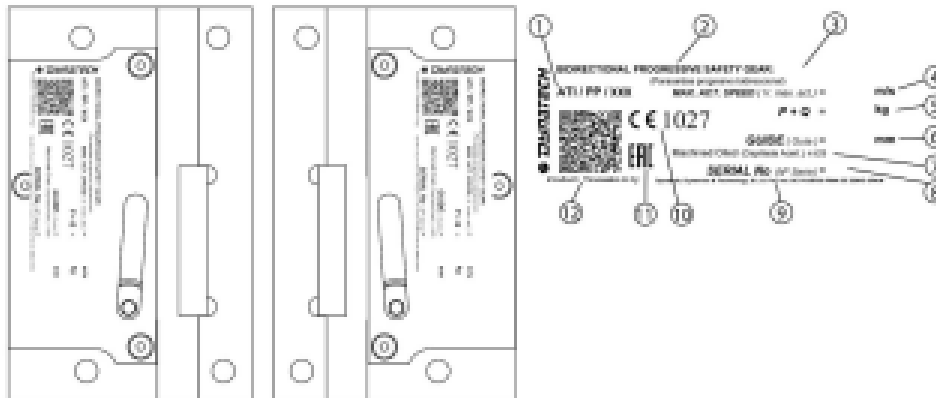
Se prohíbe terminantemente:

- Combinar y montar cajas de paracaídas con números de serie distintos.
- Utilizar una pareja de paracaídas para instalaciones con características diferentes a las indicadas sobre las chapas de protección de esa pareja de paracaídas.
- Intervenir sobre cualquier elemento del paracaídas.

DYNATECH DYNAMICS & TECHNOLOGY, S.L. no se responsabilizará de los daños causados por la no observancia de cualquiera de los puntos de estas indicaciones generales.

## 2 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL PARACAÍDAS

### 2.1 IDENTIFICACIÓN



PEGATINA DE IDENTIFICACIÓN PARACAÍDAS			
1	Nº de certificado de examen U.E. de tipo	7	Tipo de guía
2	Tipo de paracaídas	8	Número de serie
3	Modelo del paracaídas	9	Dirección postal de Dynatech
4	Velocidad máxima de actuación del paracaídas (m/s)	10	Marcado C.E. de garantía de calidad y número de organismo notificado.
5	Carga total (Kg)	11	Marcado para acceso al mercado de los estados miembros de la unión Aduanera
6	Espesor de guía (mm)	12	Código QR trazabilidad del producto

Figura 1: Identificación de los paracaídas

### 2.2 CARACTERÍSTICAS Y USO DEL PARACAÍDAS

- Las guías a utilizar deben ser calibradas (trefiladas). Las tolerancias admisibles en los espesores de las guías deben estar entre los límites fijados por la norma: ISO 7465:2007.
- Este paracaídas debe utilizarse en guías lubricadas. El aceite lubricante recomendado es del tipo de máquinas según ISO VG 150, aunque otras viscosidades dentro de los márgenes de la ISO-VG pueden ser aceptadas.
- Este paracaídas puede aplicarse hasta una velocidad máxima de actuación de 2,5 m/s.
- Espesores de guía admisibles: 7 – 16 mm.
- Superficie de frenado de la guía igual o superior a 25 mm.
- Este paracaídas sólo actúa en sentido descendente.

Fuente: (DYNATECH, 2020)

### 3 INSTALACIÓN Y AJUSTE

#### 3.1 MONTAJE EN EL CHASIS

En los largueros del bastidor, deberán hacerse los agujeros de fijación del paracaídas según dimensiones y posición que se muestran en los planos adjuntos del paracaídas (DYN 03.C001.02), garantizando el centrado del eje de la guía con respecto al bastidor.

Como sugerencia para la fijación del paracaídas al bastidor, el par de apriete de los tornillos de M12 de calidad 8.8 es de 79,09 Nm y para los de calidad 10.9 es de 111 Nm.

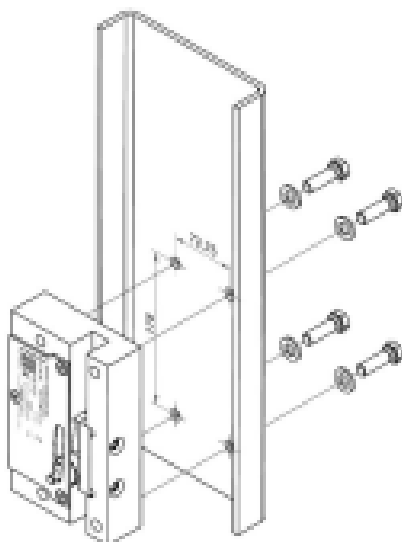


Figura 2: Montaje paracaídas en el chasis (1)

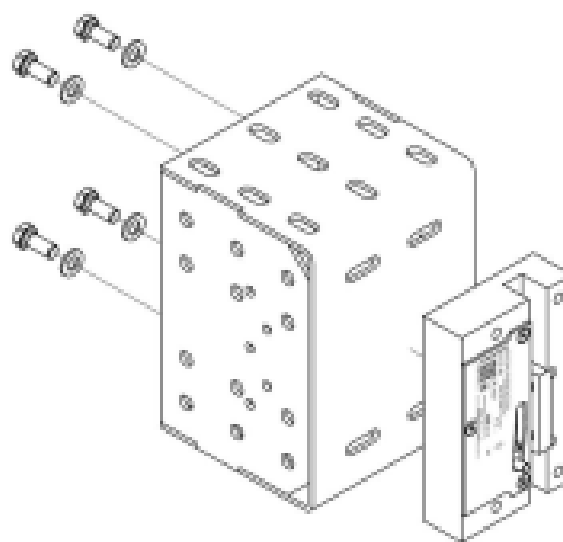


Figura 3: Montaje paracaídas en el chasis (2)

#### Posición de los paracaídas:

- La dirección de la posición del montaje de los paracaídas deberá ser como la que se muestra en la Figura 4.
- El rodillo se encuentra en la parte inferior del paracaídas.

Fuente: (DYNATECH, 2020)

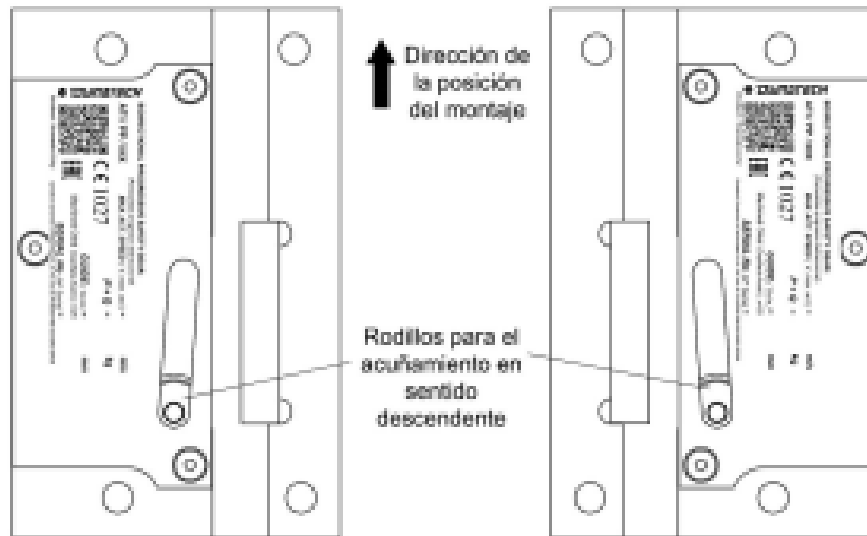


Figura 4: Dirección de la posición del montaje

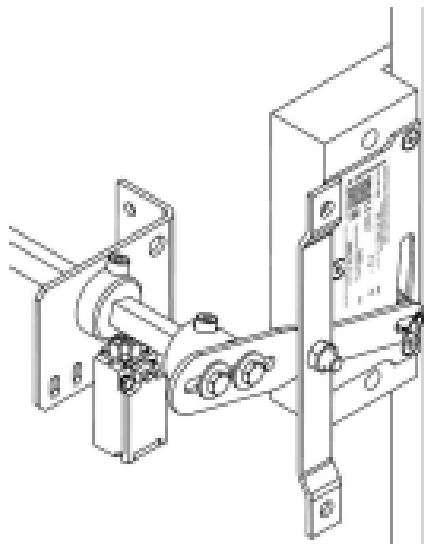


Figura 5: Posición del paracaídas

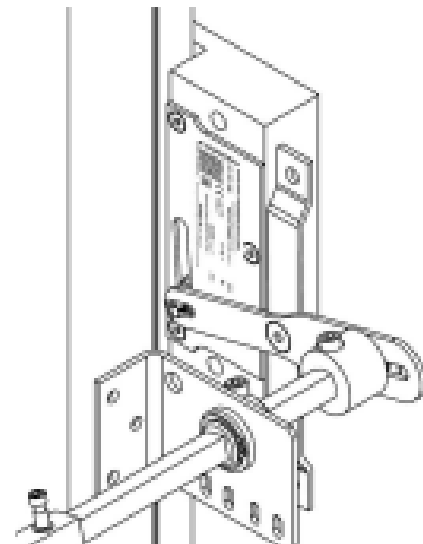


Figura 6: Posición del paracaídas en guías invertidas

En el montaje, el paracaídas debe estar perfectamente alineado tanto vertical como horizontalmente con la guía. Un montaje incorrecto puede provocar mal funcionamiento del mismo.

Fuente: (DYNATECH, 2020)

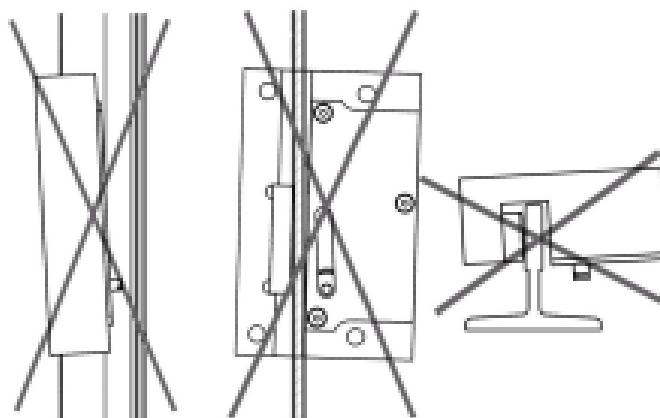




Figura 7: Montaje incorrecto

### 3.2 AJUSTES DE LOS PARACAÍDAS

Se ajustará el posicionamiento de la guía en la caja de la siguiente forma: El flanco de la guía a 1,5 mm de la zapata de freno; la cabeza de la guía a 3 mm del fondo de la acanaladura (ver plano DYN 03.C001.02).

 Es muy importante para evitar problemas en el funcionamiento normal de la instalación, que el instalador observe rigurosamente las distancias mencionadas en este punto.

 Se debe cerciorar que el paracaídas esté colocado de manera el rodillo se encuentra en la parte inferior del paracaídas.

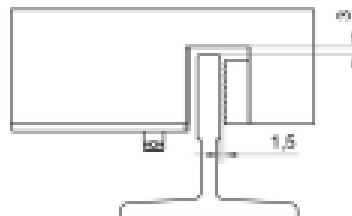


Figura 8: Ajuste del paracaídas respecto a la guía

### 3.3 ACOPLAMIENTO DE LA TIMONERÍA

Es responsabilidad del instalador la correcta posición de la timonería respecto a los paracaídas, así como la correcta sincronización de los paracaídas comandados por dicha timonería. Una correcta posición será cuando el rodillo se encuentre en la posición inferior de la chapa de protección.

Una vez colocado, y enganchados los rodillos del paracaídas a las barras de actuación de la timonería, deberá comprobarse que ambos rodillos actúan de forma simultánea por mandato de la timonería.

La fuerza mínima necesaria que debe generar el limitador de velocidad es el doble que aquella que asegure una actuación de los paracaídas de forma sincronizada.

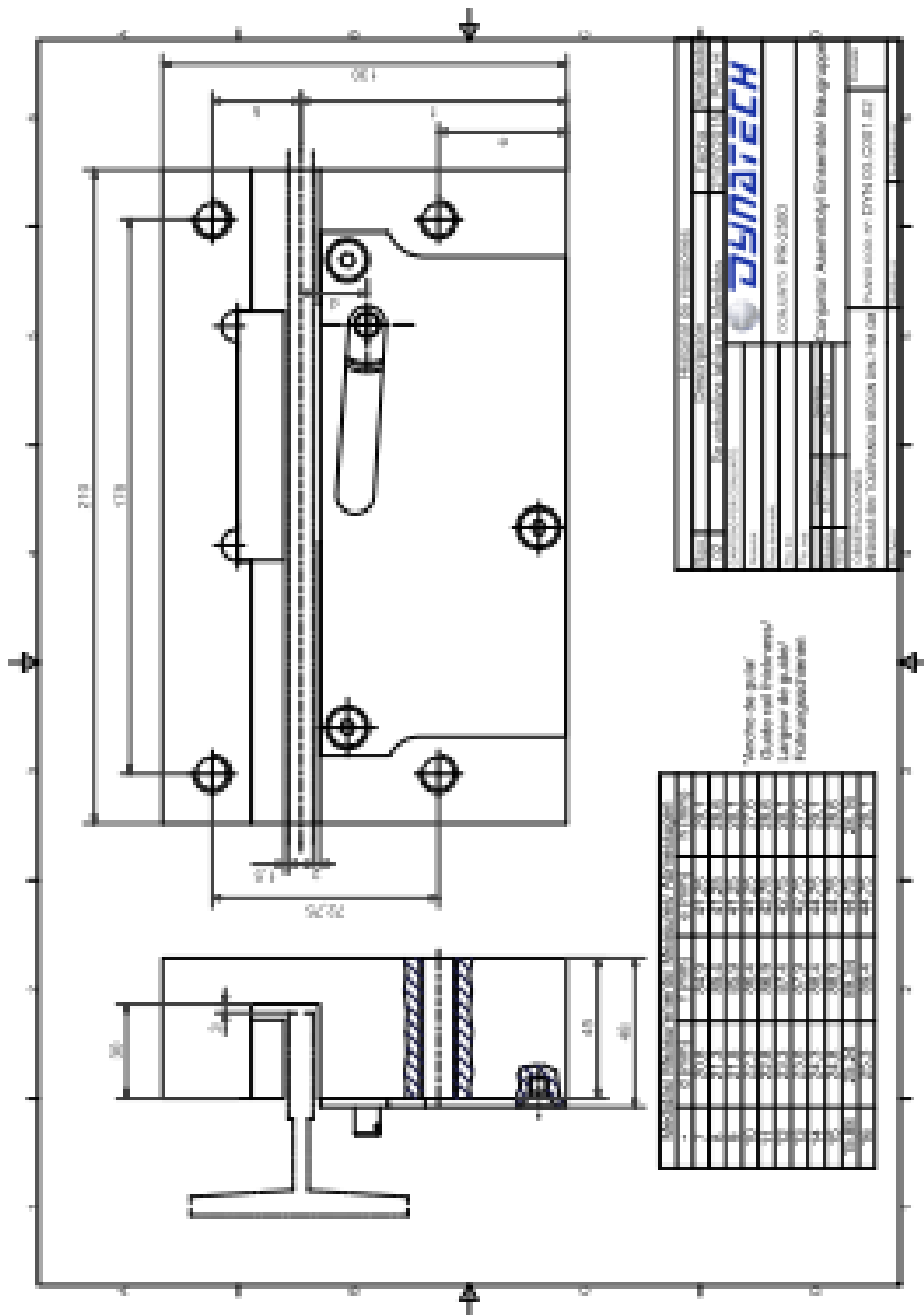
 La Norma exige que la instalación de los paracaídas debe llevar asociada un contacto de seguridad del tipo AC-15 o DC-13 según se define en la EN 60947-5-1.

#### 3.3.1 USO DE LA TIMONERÍA T-1 DE DYNATECH

La sincronización de ambos paracaídas puede realizarse mediante el montaje de la timonería T-1 de Dynatech. Para más información acerca del montaje de la timonería T-1, se recomienda consultar su manual: DYN04 – Instrucciones T-1.

 No se recomienda una fuerza máxima por parte del limitador de 1900 N.

Fuente: (DYNATECH, 2020)



Fuente: (DYNATECH, 2020)

## **Anexo N° 6: Cotización del Ascensor Eléctrico de 300kg de Capacidad**



COTIZACION N° T11

Callao 19 de febrero del 2021

Atta.: Ing. Roderick Pinto Yataco

EMPRESA: TASYCO SERVICIOS GENERALES S.A.C.

Estimado señor,

Mediante la presente cotización, ponemos a consideración nuestras especificaciones técnicas, costos técnicos y costo para el trabajo solicitado para su proyecto "ASCENSOR ELECTRICO DE 300 kg DE CAPACIDAD" los cuales describimos a continuación.

#### **Sistema estructural de soporte y rodadura**

El sistema estructural está diseñado para tres niveles de carga y acorde a la Norma EN.81-1, incluye:

- Sistema estructural acorde al plano RPFIME001 – Arreglo general,
- Rodaduras siguiendo recomendación de la Norma EN.81-1,
- Cables de tracción tipo Seale 6 x 19 (9+9+1) +1 textil de 8mm.
- Poleas de tracción de garganta semicirculares de 5 ranuras.
- Construcción de pozo para el ascensor acorde a la Norma EN.81-1 y A.120.
- Puertas de acceso tipo balientes magnetizadas en cada parada (3 und) bajo la Norma EN.81-1.
- Fabricación de accesorios que lo requiera el plano RPFIME001.
- Toda la estructura estará pintada con fondo anticorrosivo, según indicaciones y si es aplicable.

#### **Sistema eléctrico de control y mandos**

Incluye:

- Tablero de seguridad, guarda motor, encendido.
- Motor Ge 300-320-115 de la marca FERMACSA.
- Paracaidas PR-2500.
- Limitador de velocidad LMD000.
- Botoneras de control en cada piso y en interior de la cabina.
- Finales de carrera: uno superior y uno inferior, finales de carrera de emergencia.
- Variador de frecuencia para arranques suaves necesario para ascensores de discapacitados.
- Llamado de emergencia.

#### **CONTROL DE MANIOBRAS**

Tasyco Servicios Generales S.A.C

Ruc: 20557019031

Cel: 980145554