

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN ELEVADOR INDUSTRIAL DE CARGA PARA
LA EMPRESA CODIMEC**

**CATALINA MARIA GARCIA SIERRA
ALEJANDRO URIBE AGUIRRE**

**UNIVERSIDAD EAFIT
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA DE
DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLIN
2006**

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN ELEVADOR INDUSTRIAL DE CARGA PARA
LA EMPRESA CODIMEC**

**CATALINA MARIA GARCIA
ALEJANDRO URIBE**

**Trabajo de grado para optar al título de
Ingeniería de Diseño de Producto**

**Asesor
SERGIO ARISTIZABAL
Ingeniero de Producción**

**UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLÍN
2006**

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Medellín, Julio 7 de 2006

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
INTRODUCCION	1
1. CAPITULO 1	3
1.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO	3
1.2 JUSTIFICACION	4
1.3 OBJETIVOS	5
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	5
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
1.4 ALCANCE	6
1.5 DESCRIPCION DE LA EMPRESA	7
1.5.1 MISION	7
1.5.2 VISION	7
1.5.3 POLITICA DE CALIDAD	8
2. CAPITULO 2. MARCO TEORICO	9
2.1 ANTECEDENTES DE LOS ELEVADORES DE CARGA	9
2.2 ANALISIS DE LA COMPETENCIA	14
2.3 PRODUCTOS SUSTITUTOS	17
2.4 ANALISIS DEL ESTADO DEL ARTE DE LA EMPRESA	20
2.4.1 COLORS	20
2.4.2 INSTITUTO NEUROLOGICO	25
2.4.3 COLCAFE	29
2.5 COMPONENTES ELECTRICOS Y MECANICOS DE LOS ELEVADORES	32
3. CAPITULO 3. PROCESO DE DISEÑO	36
3.1 PROCESO CONCEPTUAL DE DISEÑO	36
3.2 ETAPA 1: CLARIFICACION DE OBJETIVOS	40
3.3 ETAPA 2: ESTABLECIMIENTO DE FUNCIONES	42
3.3.1 CAJA NEGRA	42
3.3.2 ESTRUCTURA FUNCIONAL	44

3.4 ETAPA 3 Y 4: FIJACION DE REQUERIMIENTOS Y ESTABLECIMIENTOS DE FUNCIONES	47
3.5 ETAPA 5: GENERACION DE ALTERNATIVAS	53
3.5.1 DIAGRAMA MORFOLOGICO	53
3.5.2 BRAIN WRITING	57
3.5.2.1 PROPUESTAS ESTRUCTURALES DEL ELEVADOR	57
3.5.2.2 PROPUESTAS DE DISEÑO EXTERNO DEL ELEVADOR	65
3.6 ETAPA 6: EVALUACION DE ALTERNATIVAS	72
3.6.1 MATRIZ EVALUATIVA	72
3.6.2 MATRIZ PONDERADA	73
3.6.3 SOLUCIONES FINALES DE LA ESTRUCTURA	74
3.6.4 DISEÑO DE DETALLE DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA	76
3.7 ETAPA 7: MEJORA DE DETALLES	77
3.7.1 OPTIMIZACION DE LA ESTRUCTURA	77
4. CAPITULO 4. ANALISIS ESTRUCTURAL	78
4.1 EVALUACION Y COMPARACION DE LAS PROPUESTAS VS EL DISEÑO ACTUAL DE LA EMPRESA, POR MEDIO DE UN ANALISIS DE ELEMENTOS FINITOS	78
4.2 SUPUESTOS	78
4.2.1 MATERIAL BASE A UTILIZAR	79
4.2.2 CONDICIONES DE FRONTERA DEL ANALISIS	81
4.3 ANALISIS DE RESULTADOS	85
4.3.1 ANALISIS DE LA ESTRUCTURA ACTUAL DE LA EMPRESA	85
4.3.2 ANALISIS DE LA PROPUESTA 1	87
4.3.3 ANALISIS DE LA PROPUESTA 2	92
4.3.4 MEJORA DE DETALLES DE LA ESTRUCTURA	97
4.4 PRUEBAS FISICAS A LAS ESTRUCTURAS EN LA MAQUINA UNIVERSAL	100
4.4.1 EVALUACION DE ELEMENTOS FINITOS DE LAS ESTRUCTURAS A ESCALA	100
4.4.2 CONSTRUCCION DE LAS ESTRUCTURAS	104
4.4.3 REALIZACION DE LAS PRUEBAS	106
4.4.4 ANALISIS DE LOS RESULTADOS	107
5. CAPITULO 5	108
5.1 DESARROLLO DEL CATALOGO DE PRODUCTOS	108

5.2 SEÑALIZACION DE LOS ELEVADORES	112
5.3 DISEÑO DE LOS CERRAMIENTOS	115
5.4 TABLA DE CONTROL DE COSTO DE LOS ELEVADORES	118
CONCLUSIONES	119
BIBLIOGRAFIA	121
ANEXOS	122

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.	Análisis de la competencia nacional	14
Tabla 2.	Análisis de la competencia internacional	16
Tabla 3.	Análisis de los productos sustitutos	17
Tabla 4.	Análisis de los componentes eléctricos y mecánicos de los elevadores realizados por la empresa	32
Tabla 5.	Descripción de las etapas de la metodología	38
Tabla 6.	Especificaciones de diseño de producto (PDS)	47
Tabla 7.	Matriz de evaluación de las propuestas de diseño de la estructura del elevador	71
Tabla 8.	Matriz ponderada (evaluación de concepto)	73
Tabla 9.	Composición química y propiedades mecánicas del acero estructural A36	79
Tabla 10.	Comparación de los resultados obtenidos en el análisis de elementos finitos de las estructuras con respecto a las pruebas realizadas en la maquina universal	108

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Shadoff	10
Figura 2.	Polipasto de dos rodillos	11
Figura 3.	Sistema de seguridad de los elevadores antiguos	13
Figura 4.	Análisis del estado del arte, elevador Colors (1)	21
Figura 5.	Análisis del estado del arte, elevador Colors (2)	21
Figura 6.	Análisis del estado del arte, elevador Colors (3)	22
Figura 7.	Análisis del estado del arte, elevador Colors (4)	23
Figura 8.	Análisis del estado del arte, elevador Colors (5)	23
Figura 9.	Análisis del estado del arte, elevador Colors (6)	24
Figura 10.	Análisis del estado del arte, elevador Colors (7)	24
Figura 11.	Análisis del estado del arte, elevador Instituto Neurológico (1)	25
Figura 12.	Análisis del estado del arte, elevador Instituto Neurológico (2)	26
Figura 13.	Análisis del estado del arte, elevador Instituto Neurológico (3)	27
Figura 14.	Análisis del estado del arte, elevador Instituto Neurológico (4)	27
Figura 15.	Análisis del estado del arte, elevador Instituto Neurológico (5)	28
Figura 16.	Análisis del estado del arte, elevador Instituto Neurológico (6)	28
Figura 17.	Análisis del estado del arte, elevador Colcafé (1)	29
Figura 18.	Análisis del estado del arte, elevador Colcafé (2)	30
Figura 19.	Análisis del estado del arte, elevador Colcafé (3)	30
Figura 20.	Análisis del estado del arte, elevador Colcafé (4)	31
Figura 21.	Análisis del estado del arte, elevador Colcafé (5)	31
Figura 22.	Análisis del estado del arte, elevador Colcafé (6)	32
Figura 23.	Etapas del proceso de diseño	37
Figura 24.	Árbol de objetivos	42
Figura 25.	Flujo principal de la caja negra	43
Figura 26.	Caja Negra	44
Figura 27.	Estructura funcional	45
Figura 28.	Aproximación formal	46
Figura 29.	Matriz morfológica (1)	54
Figura 30.	Matriz morfológica (2)	55
Figura 31.	Matriz morfológica (3)	56
Figura 32.	Propuesta estructural (1)	58

Figura 33.	Propuesta estructural (2)	59
Figura 34.	Propuesta estructural (3)	60
Figura 35.	Propuesta estructural (4)	61
Figura 36.	Propuesta estructural (5)	62
Figura 37.	Propuesta estructural (6)	64
Figura 38.	Propuesta de diseño externo (1)	65
Figura 39.	Propuesta de diseño externo (2)	66
Figura 40.	Propuesta de diseño externo (3)	67
Figura 41.	Propuesta de diseño externo (4)	68
Figura 42.	Propuesta de diseño externo (5)	69
Figura 43.	Propuesta de diseño externo (6)	70
Figura 44.	Propuesta de diseño externo (7)	72
Figura 45.	Solución final de la estructura 1, sin cerramientos	76
Figura 46.	Solución final de la estructura 2, sin cerramientos	77
Figura 47.	Calibres de tubería de la estructura actual de la empresa	80
Figura 48.	Distribución de los calibres de tubería en la estructura actual de la empresa.	81
Figura 49.	Condiciones de frontera para la estructura de la empresa.	82
Figura 50.	Condiciones de frontera para la estructura propuesta 1	83
Figura 51.	Condiciones de frontera para la estructura propuesta 2.	84
Figura 52.	Esfuerzo Von Misses de la estructura actual de la empresa.	86
Figura 53.	Desplazamientos máximos en X de la estructura actual de la empresa	86
Figura 54.	Desplazamiento máximo en Y, de la estructura actual de la empresa	87
Figura 55.	Esfuerzo Von Mises, de la propuesta 1	88
Figura 56.	Desplazamiento máximo en X de la estructura propuesta 1	89
Figura 57.	Desplazamiento máximo en Y de la estructura propuesta 1	90
Figura 58.	Desplazamiento máximo en Y de la estructura propuesta 1 con la adición del perfil 1 en el techo y el perfil 3 en la base y en el techo	91
Figura 59.	Esfuerzo Von Mises de la estructura 1, con cambio en los perfiles	92
Figura 60.	Esfuerzo Von Mises de la propuesta 2	93

Figura 61.	Desplazamiento máximo en X, de la estructura propuesta 2	94
Figura 62.	Desplazamiento máximo en Y, de la estructura propuesta 2	95
Figura 63.	Desplazamiento máximo en Y de la estructura propuesta 2 con la adición del perfil 1 en el techo y el perfil 3 en la base	96
Figura 64.	Esfuerzo Von Mises de la estructura 2, con cambios de perfiles	97
Figura 65.	Solución final de la estructura 1, optimizada	98
Figura 66.	Solución final de la estructura 2, optimizada	99
Figura 67.	Condiciones de frontera para la estructura propuesta a escala 1	101
Figura 68.	Esfuerzo Von Mises de la estructura a escala 1	107
Figura 69.	Condiciones de frontera para la estructura propuesta a escala 2	108
Figura 70.	Esfuerzo Von Mises de la estructura a escala 2	109
Figura 71.	Construcción de los modelos a escala 1:5	110
Figura 72.	Estructuras a escala listas para la aplicación de la carga	111
Figura 73.	Montaje de la estructura 1 a escala en la maquina universal	112
Figura 74.	Montaje de la estructura 2 a escala en la maquina universal	112
Figura 75.	Página 1 del catálogo	109
Figura 76.	Página 2 del catálogo	110
Figura 77.	Página 3 del catálogo	111
Figura 78.	Página 4 del catálogo	112
Figura 79.	Señalización de ubicación del elevador	113
Figura 80.	Señalización de precauciones del elevador	114
Figura 81.	Señalización de botoneras del elevador	115
Figura 82.	Normalización de la construcción de cerramientos (vista frontal)	116
Figura 83.	Normalización de la construcción de cerramientos (vista lateral)	117
Figura 84.	Normalización de la construcción de cerramientos (distancias botoneras)	118
Figura 85.	Formato de relación de costos elevadores de carga	119

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1.	Licencias otorgadas por curadurías	129
Anexo 2.	Especificaciones de los elevadores realizados por la empresa desde 1999	131
Anexo 3.	Diseño de detalle de la alternativa elegida	132
Anexo 4.	Teoría de falla para materiales dúctiles	140
Anexo 5.	Diseño de detalle de la alternativa final 1 optimizada	142
Anexo 6.	Diseño de detalle de la alternativa final 2 optimizada	148
Anexo 7.	Planos de la estructura 1 a escala	154
Anexo 8.	Planos de la estructura 2 a escala	156

RESUMEN

Este proyecto pretende entregar el diseño de una estructura que permita crear diferentes configuraciones de elevadores de carga para diferentes aplicaciones, creando así la línea de elevadores que requiere la empresa CODIMEC LTDA, empresa antioqueña que ha venido incursionando hace unos años en la construcción de elevadores de carga. Además el proyecto creó un catálogo de elevadores de carga, por medio del cual la empresa puede ofrecer los elevadores.

Por medio de la aplicación de la metodología propuesta por la universidad EAFIT, en la materia diseño metódico se llegó al desarrollo de una estructura que permite la flexibilidad exigida por el proyecto, presentando diferentes propuestas de elevadores, en los cuales se evidencia una disminución en los perfiles de tubería, facilitando con ello la manufactura de la estructura y por ende los tiempos de producción y entrega de la misma.

Para validar el diseño propuesto de la estructura se realizó un análisis de elementos finitos, que por medio de la construcción de dos modelos de prueba a escala 1:5, sometidos a una prueba de tensión en la máquina Universal, del laboratorio de ensayos de la universidad EAFIT, se pudo comprobar que la resistencia estructural propuesta por el proyecto es la adecuada para aplicaciones a las que las estructuras estarán sometidas.

INTRODUCCION

Este proyecto de grado pretende ser la conclusión de la etapa de formación profesional del estudiante, mediante la aplicación de todos los conocimientos adquiridos en la carrera Ingeniería de Diseño de Producto, por medio de un desarrollo de producto útil a la sociedad y acorde a los conocimientos adquiridos.

La propuesta para el desarrollo de este proyecto de grado, es la creación de una línea de elevadores de carga, para la empresa antioqueña CODIMEC S.A., la cual lleva varios años incursionando en el mercado de elevadores de carga de forma indirecta, pero ante el incremento de los pedidos y el desarrollo del mercado, ven en la creación de una línea de ascensores de carga una fuerte oportunidad para entrar a un mercado y atender la creciente demanda; esta oportunidad requiere aplicación de conocimientos en las cuatro áreas que fundamentan la existencia de la ingeniería de diseño de productos como son el área del diseño, área de valores y cultura, el área de producción y el área de mercadeo.

Un elevador de carga, es un mecanismo de transporte que es difícil de adaptar a las diferentes aplicaciones del medio, por limitantes como el espacio y el costo, por lo que el mayor reto de entrar a competir en el mercado, es la presentación de elevadores de carga adaptables a las diferentes necesidades que ofrece el medio, teniendo en cuenta un alto grado de innovación que permita generar precios competitivos.

Para desarrollar el proyecto se utilizó la metodología propuesta por la universidad EAFIT en la materia Diseño Metódico, la cual permite cierto grado de flexibilidad, conveniente para el desarrollo de este proyecto. Esta metodología está basada en

los métodos propuestos por Nigel Cross, en su libro Métodos de Diseño, donde se plantean alternativas para la búsqueda de ideas, para la exploración de la estructura del problema y para la evaluación del proyecto. Para lograr resultados más eficiente desde el punto de vista de la ingeniería se realizó un análisis de elementos finitos, el cual permitió optimizar las estructuras para mejorar su desempeño real.

El principio del desarrollo del proyecto es diseñar una estructura que permita flexibilidad en cuanto apariencia y funcionalidad, que ofrezca resistencia a las cargas más comunes exigidas por los clientes, y que su diseño permita el mínimo uso de cantidad y tipos de perfiles, con el fin de reducir tiempos y costos de fabricación.

El proyecto pretende entregar a la empresa el diseño de una estructura base con cierto grado de flexibilidad que permite crear diferentes configuraciones para diferentes aplicaciones, creando así la línea de elevadores que requiere la empresa. Para facilitar su presentación al mercado, se propuso un catálogo de elevadores donde se visualizan los elevadores realizados por la empresa y los propuestos por el proyecto.

CAPITULO 1

1.1 ANTECEDENTES DEL PROYECTO

La ciudad de Medellín, en los últimos años, ha estado presentando un alto incremento en el crecimiento vertical del sector industrial, en donde este ha adjudicado 42.477 mt²¹ en licencias para almacenamientos y bodegajes, desde el año 2002, hasta este momento.

Debido a este incremento, se ha generando la necesidad de crear nuevos sistemas de transporte de carga, lo que representa una oportunidad de negocio para la empresa CODIMEC.

CODIMEC es una empresa especializada en el diseño y construcción de estructuras metálicas para el sector industrial, y que comenzó en el año 1999 con la construcción de elevadores de carga², ante pedidos especiales de sus clientes que los conocían por proyectos anteriores; hasta el momento la empresa ha construido 6 elevadores de carga con capacidades entre 500kg y 2000kg de peso, con alturas hasta de 12m; pero ante el incremento de los pedidos y el desarrollo del mercado, ven en la creación de una línea de ascensores de carga una fuerte oportunidad para entrar a un mercado y atender la creciente demanda.

El proyecto plantea el diseño y desarrollo de un elevador industrial de carga que cumpla con los estándares internacionales para este tipo de productos y con las especificaciones requeridas por los clientes, para lograr por medio de este, una disminución en los tiempos de producción y un aumento de la eficiencia en el diseño de ascensores personalizados, para lo que se creara una línea de

¹ Ver anexo 1. Licencias Otorgadas por curadurías 2002 - 2005

² Ver anexo 2. Especificaciones de los ascensores realizados por CODIMEC, desde 1999.

elevadores, presentada en un catalogo con modelaciones 3D, en el cual los clientes podrán explorar diferentes alternativas de productos, en cuanto a innovación y diseño.

1.2 JUSTIFICACIÓN

De acuerdo con los antecedentes, se justifica su realización como proyecto de grado de la carrera ingeniería de diseño de producto, ya que éste, permite la creación de una nueva línea de productos para la empresa CODIMEC, que incursionará inmediatamente en el mercado nacional. La solución desarrollada en el proyecto, permite la disminución de tiempos de producción, ampliar el portafolio del productos, y reducir los costos de producción.

Para la empresa el proyecto pretende disminuir los tiempos de producción, por medio de reducción de los componentes estructurales de los elevadores, reduciendo costos y tiempos de desarrollo, al no diseñar y desarrollar cada elevador por separado sino en base a la estructura planteada. De esta forma se contribuye también a cumplir los objetivos corporativos con respecto a la mejora continua, ya que daríamos cumplimiento a los requisitos establecidos por la norma ISO 9000, donde se busca normalizar y documentar los procesos con el fin de facilitar no sólo el análisis de los indicadores de gestión para los procesos, sino facilitar los procesos de inducción, formación y capacitación del personal, además el cumplimiento de los requisitos de entradas y salidas del diseño³. En paralelo, esta documentación genera la información de entrada para la creación de un catálogo, en donde se presenten diferentes tipos de elevadores que solucionen necesidades y requerimientos de cada cliente.

³ Numeral 7.3, norma ISO 9001 versión 2000, diseño y desarrollo

Este proyecto contiene alto nivel de ingeniería y diseño, ya que pretende el desarrollo total del elevador, que implica la elección de materiales, selección de procesos de manufactura, aplicaciones de metodologías de diseño, funcionalidad y estética; por lo que, como ingenieros de diseño de producto, éste representa una oportunidad de demostrar y aplicar los conocimientos y las capacidades que se han aprendido y desarrollado, en el transcurso de la carrera, al ser este un producto que requiere de alto nivel de ingeniería, que su desarrollo permite la innovación en sistemas de producción para la empresa, y la introducción al mercado de un producto altamente competitivo en cuanto a calidad, diseño y flexibilidad.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un elevador industrial de carga con base en la aplicación de la metodología de diseño, propuesta por la Universidad EAFIT, para crear una nueva línea de productos en la empresa CODIMEC.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Visitar la totalidad de las obras que se presenten en el tiempo de desarrollo del proyecto, así como los elevadores construidos anteriormente por la empresa, como retroalimentación de las necesidades del cliente.
- Diseñar la línea de elevadores de carga con base a la norma internacional UNE-EN81-1:1998, ya que es aplicable al medio Colombiano.

- Aplicar la metodología propuesta por la Universidad Eafit, en la materia diseño metódico, basada en la metodología propuesta por Nigel Cross, como base para el desarrollo del proyecto.
- Evaluar el elevador propuesto respecto al fabricado por la empresa, por medio de un análisis de elementos finitos.
- Construir un modelo a escala 1:5 de una las propuestas finales, para realizar pruebas sobre éste que validen los resultados de los análisis de elementos finitos.
- Realizar un catalogo con diferentes alternativas de elevadores, presentados por medio de modelaciones en 3D, que permita a la empresa presentar un estándar de elevadores a sus clientes que se adapte a sus necesidades.

1.4 ALCANCE DEL PROYECTO

El proyecto pretende entregar a la empresa el diseño de una estructura base con cierto grado de flexibilidad que permite crear diferentes configuraciones para diferentes aplicaciones, creando así la línea de elevadores que requiere la empresa. Para facilitar su presentación al mercado, se propuso un catálogo de elevadores donde se visualizan los elevadores realizados por la empresa y los propuestos por el proyecto.

1.5 DESCRIPCION DE LA EMPRESA

El desarrollo de este proyecto se realizó en conjunto con la empresa CODIMEC LTDA., la cual se dedica principalmente a la creación de estructuras metálicas y ha incursionado desde hace 7 años en el desarrollo de elevadores de carga en pequeña escala en la ciudad de Medellín.

A continuación se presenta una pequeña descripción de la empresa.

1.5.1 MISIÓN:

Nuestra empresa, con una experiencia superior a los 22 años, ofrece el diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas para cubiertas, puentes, torres, amoblamiento urbano, mezanines, edificios y la aplicación de todo tipo de soldaduras para montaje y ensamble de elementos estructurales. Igualmente, somos el primer constructor Colombiano de plantas en Acero para el faenado aéreo de bovinos y porcinos. Contamos con un riguroso proceso de calidad, que incluye el cumplimiento de estándares internacionales, como las normas ASTM y AWS. En la actualidad estamos certificados por el sistema de gestión de la calidad bajo la norma NTC ISO 9001 versión 2000, a cargo de la SGS Colombia S.A. Sector System & Service Certification. Disponemos de un estricto manual de seguridad industrial y cumplimos completamente la normatividad ambiental vigente.

1.5.2 VISIÓN:

Para el año 2010 ser líderes en el diseño, fabricación Y montaje de estructuras metálicas, con miras a expandir nuestra cobertura a nivel internacional, teniendo presente la calidad, cumplimiento y confiabilidad como pilares básicos de nuestra

gestión.

1.5.3 POLITICA DE CALIDAD:

Codimec Ltda. tiene como política ¡sin horario ni calendario trabaja para usted!, Lo cual implica mantener y mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad (S.G.C) que nos permita ser líderes en el diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas a nivel nacional e internacional; disponiendo de un equipo humano calificado, garantizando el cumplimiento de los requisitos y la satisfacción del cliente.

CAPITULO 2. MARCO TEORICO

Un elevador o ascensor, es un objeto que sirve para trasladar personas o cosas (en cuyo caso se llama montacargas) de unos pisos a otros.

Para este proyecto se desarrollará un elevador industrial de carga, el cual es principalmente una cabina movilizada por un polipasto por medio de una cadena, dirigido por un sistema eléctrico que permite su manipulación, en donde su diseño debe tener en cuenta, el peso para el cual es requerido, el material a transportar, la seguridad de los usuarios y coherencia formal.

Los elevadores de carga o montacargas mantienen los mismos principios generales de los ascensores, en donde la única variante se encuentra en la cabina, la cual no esta adecuada para el transporte de personas.

2.1 ANTECEDENTES DE LOS ELEVADORES DE CARGA

Tomado del libro Transporte Vertical de Antonio Miravete y Emilio Larrodé

RESEÑA HISTORICA

Los primeros dispositivos de elevación y transporte fueron las palancas, las poleas los rodillos y los planos inclinados, por lo que la realización de grandes trabajos de construcción con este tipo de equipamiento requería de enorme cantidad de personas.

Para las primeras instalaciones de transporte vertical se empleaban lianas, correas de de cuero, fibras de papiro y por ultimo cuerdas de cáñamo (esta

creación china, resulto ser altamente resistente, tanto a la tracción como a las inclemencias del clima).

Hacia 1550 a.C. se generaliza el empleo del Shadoof, en Egipto y Mesopotamia, utilizado para elevar el agua procedente de los ríos con el fin de regar los campos, este mecanismo consistía en montar sobre una columna fija, una palanca de dos brazos alrededor de un eje que pueda girar en dirección horizontal, los brazos son de longitudes diferentes, disponiendo el mas corto de ellos con el contrapeso de una piedra, suficiente para elevar el cubo que va sujeto al extremo de brazo mas largo.

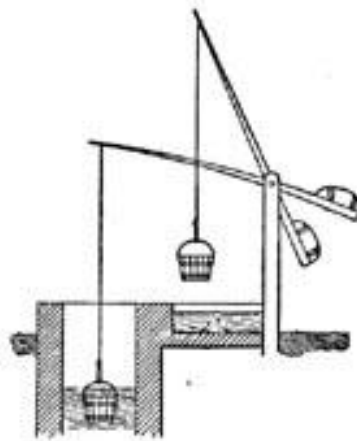


Figura 1. SHADOFF, tomado de www.discover.edventures.com

El shadoof llega a su máxima expresión en la grúa egipcia que se emplea en la construcción.

A medida que el hombre ocupaba más de un piso de altura, se tenía en cuenta algún tipo de transporte vertical, siendo sus formas más primitivas las escaleras de mano, las grúas movidas por tracción animal o tornos accionados manualmente.

Un elemento clave en la elevación es la polea compuesta, desarrollada por mecánicos griegos por medio de la descomposición de fuerzas, esta polea compuesta era comúnmente llamada polipasto que se compone de una polea fija y una segunda sujeta al objeto a desplazar, por las que transcurre una cuerda, partiendo de un punto fijo, primero alrededor de la polea móvil y después de la fija, desplazando la carga la mitad de la distancia que lo hace el extremo libre. Con este principio se construyeron grandes grúas para cargas muy pesadas, por medio de uno o dos árboles inclinados y sujetos mediante cabos.

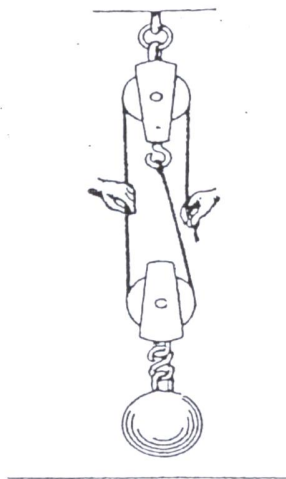


Figura 2. Polipasto de dos rodillos, año 700 a.C. Tomado del libro Transporte Vertical de Antonio Miravete y Emilio Larrodé

Muchas tareas en donde se necesitaba emplear grandes cantidades de fuerza, hicieron necesaria la creación de mecanismos de transmisión de fuerza, lo que llevó al gran desarrollo, por parte de los ingenieros romanos de, los engranajes de ruedas con dientes tallados.

El primer diseño de elevador mas aproximado al actual, fue el instalado en el Palacio de Nerón, en donde se encontró una cabina en madera suspendida de un cable de cáñamo y guiada por cuatro carriles de madera dura, al suelo de la cabina se encontraba un cojín de cuero de un metro de espesor que servía de dispositivo de seguridad, los esclavos movían la cabina por medio de un torno accionado después de recibir la orden de marcha, por medio de una campana, la altura total del recorrido de la cabina eran 40 metros aproximadamente.

A medida que evolucionaba el mundo, más necesario era el desarrollo de estos sistemas para la construcción, el transporte de carga y el transporte de personas; esto llevó al diseño y desarrollo de diferentes sistemas como: grúa móvil (Leonardo DaVinci), el uso de contrapesos, los frenos mecánicos, las máquinas de vapor como sistemas de tracción y elevadores accionados hidráulicamente; estas tecnologías fueron desarrolladas hasta el año de 1845.

La seguridad

Como se mencionó anteriormente, los sistemas de seguridad también eran muy tomados en cuenta para estos desarrollos. En el año de 1852, Elisha Graves Otis (mecánico especialista y fundador de una de las primeras empresas constructora de elevadores), diseñó lo que se llamó el primer ascensor seguro, ya que disponía de un dispositivo automático de seguridad que evitaba la caída del elevador cuando el cable se rompía; este sistema de seguridad consistía en una cabina con trinquetes que unos resortes obligaban a engranar con muescas dispuestas a los lados del foso del ascensor en el momento que se rompía el cable.

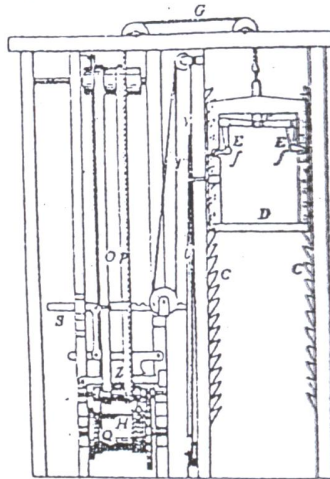


Figura 3. Sistema de seguridad. Tomado del libro Transporte Vertical de Antonio Miravete y Emilio Larrodé

El siglo XX

Los principales desarrollos entre 1867 y 1912 son el ascensor hidráulico y el sistema de tracción eléctrica.

Con el desarrollo del ascensor eléctrico era lógica la adecuación de un interruptor (conectado a la sala de máquinas por medio de un cable eléctrico) en la cabina que permitiera accionar el ascensor en ambos sentidos y permitiera detener el ascensor cuando se ubicara en el piso deseado.


A medida que pasaba el tiempo, aumentaba la eficiencia de estos dispositivos electrónicos, permitiendo la automatización de las puertas, el aumento de la velocidad de transporte, la exactitud de detención de la cabina, la eliminación de un operador tiempo completo, guardar memoria de llamadas, protección de los usuarios respecto a las puertas.


Por último, el desarrollo de los circuitos integrados y el microprocesador proporcionan un grado de eficiencia, rendimiento y disponibilidad sin límites, proporcionando la creación de un nuevo grupo de elevadores flexibles a todo tipo de necesidades y requerimientos que exija el futuro.

2.2 ANALISIS DE LA COMPETENCIA

En el mercado nacional se identifican principalmente 3 empresas constructoras de elevadores de carga. Aunque es posible encontrar pequeñas empresas en las principales ciudades que presenten el servicio de construcción, pero no especializadas para esto.

Tabla 1. Análisis de la competencia a nivel nacional

EMPRESA	DESCRIPCION
 <p>Tomado de http://www.paginasamarillas.com/clientes/maquinpo/maquinpoe.asp</p>	<p>(Medellín), dirección: Carrera 82b no. 49bb-65, Teléfono: 264 91 05 - 234 54 67, Fax: 264 91 06, Construidos con normas de seguridad y con altos requerimientos para la seguridad Industrial del cliente. Principalmente, esta fabricación es muy personalizada y de acuerdo a su espacio y necesidad.</p>

 <p>Tomado de: http://www.empresario.com.co/imeda/</p>	<p>Calle 36 Sur No. 65 - 57 Teléfonos: 4506558 Fax: 4513293 Bogotá D.C. .Comenzó con la fabricación en serie de autopartes y a través del tiempo ha diversificado su producto inicial, dando paso a la fabricación de montacargas o elevadores de carga, piezas mecanizadas, estructuras para el almacenamiento y manejo de materias primas, enfatizando en el diseño de todos sus productos.</p>
 <p>Tomado de: www.coservicios.com</p>	<p>Es la única empresa en el país que produce ascensores tipo exportación, posee el 30% del mercado nacional y sus productos son de alto nivel de ingeniería y tecnología; con costos que oscilan entre los 50 – 60 millones de pesos.</p>

En cuanto a la competencia internacional en Colombia la gran cantidad de los elevadores de carga existentes, son producidos por empresas extranjeras con representaciones en el país.

Tabla 2. Análisis de la competencia a nivel internacional


EMPRESA	DESCRIPCION
 <p>Tomado de: www.otis.com/otis</p>	<p>Representada en Colombia por medio de Internacional Elevador Inc., con sede en Bogota. Esta empresa comercializa una amplia gama de productos para el transporte vertical (ascensores de pasajeros, montacargas, plataformas hidráulicas y minicargas), ofreciendo capacidades para cada requerimiento de los clientes, con altos niveles de innovación y estética.</p>
 <p>Tomado de: www.mitsubishicorp.com/en/index.html</p>	<p>(Japón), representada en Colombia por MELCO de Colombia (Bogota), que ofrece ascensores de carga y de pasajeros, con gran respaldo técnico en todos los lugares del país, y excelente servicio de mantenimiento.</p>
 <p>Tomado de: www.orona.es</p>	<p>(España) Se especializa en la investigación y diseño de montacargas para satisfacer necesidades de transporte vertical de mercancías, que pueden ir acompañadas de personas. Posee una amplia gama de posibilidades tanto con accionamiento eléctrico como hidráulico y prestaciones técnicas con múltiples posibilidades. Acabados en cabina con materiales de alta resistencia a golpes y rozaduras.</p>

 <p>ThyssenKrupp Elevadores</p> <p>Tomado de: www.thyssenkruppelevadores.com</p>	<p>(EUROPA) Las plataformas elevadoras se construyen para mover cargas desde 100 hasta 40.000 kg, bien como instalaciones aisladas de elevación en industrias, almacenes, comercios, etc. o integradas en algún proceso productivo o como proyectos especiales en escenarios móviles para teatros y otras salas de espectáculos. En Colombia tienen representación propia en Bogota D.C. Calle 33 # 6B - 24, Piso 8.</p>
--	--

2.3 PRODUCTOS SUSTITUTOS

Tanto en el mercado nacional como en el internacional, se encuentra una gran cantidad de sistemas para solucionar el transporte vertical de carga, a continuación se presentan los mas comerciales y conocidos.

Tabla 3. Análisis de los productos sustitutos

PRODUCTO	DESCRIPCION	IMAGEN
<p>PLATAFORMAS HIDRAULICAS</p>	<p>Las plataformas hidráulicas incorporan recorridos de hasta 12 metros sin limitación del número de paradas y su flexibilidad de transporte permite ser utilizado en diferentes lugares.</p> <p>Estas plataformas son utilizadas comúnmente para cargas de 1 tonelada</p>	

<p>PLATAFORMAS DE TIJERA</p>	<p>Las plataformas de tijera se construyen para mover cargas desde 100 hasta 40.000 kg, bien como instalaciones aisladas de elevación en industrias, almacenes, comercios, etc. o integradas en algún proceso productivo o como proyectos especiales en escenarios móviles para teatros y otras salas de espectáculos.</p>	
<p>MINICARGAS</p>	<p>Las minicargas, tanto de impulsión hidráulica como eléctrica, facilitan el transporte de pequeñas cargas como platos, instrumentos o documentos. Sus aplicaciones son múltiples, siendo muy necesarias en restaurantes, hoteles, oficinas, hospitales, bibliotecas, laboratorios, etc. Disponen de un cuadro de maniobras en una caja cerrada con los elementos necesarios para su funcionamiento automático.</p>	
<p>ASCENSOR DE PERSONAS</p>	<p>Tienen alta capacidad de adaptabilidad para transporte de carga, especialmente en empresas con limitaciones de espacio y presupuesto para tener uno de carga.</p>	
<p>MONTACARGAS</p>	<p>Ideal para usos en bodegas, ya que permite estivar y transportar la carga tanto vertical como horizontalmente. La altura de estas montacargas está limitada por las guías verticales y su capacidad promedio de carga es mayor a 1 tonelada.</p>	

<p>MALACATES</p>	<p>Tienen alta capacidad de adaptabilidad para transporte de carga, especialmente en empresas con limitaciones de espacio y presupuesto para tener un elevador de carga.</p>	
<p>LEVANTAMIENTO DE TIJERA ELECTRICO</p>	<p>Diseñadas para alta eficiencia y durabilidad, perfecta para trabajos profesionales, las baterías son de larga duración para evitar continuas recargas, permitiendo realizar trabajos sin interrupciones.</p> <p>Tienen una altura entre los 18 pies de altura a plataforma.</p> <p>Tamaño de plataforma 30 x 73.5 pulg</p> <p>Capacidad de 500 libras</p> <p>Precio aproximado 13.024 dólares</p> <p>Usos: construcción, mantenimiento industrial, almacenamiento, recreación.</p>	
<p>ELEVADORES PERSONALES</p>	<p>Estos elevadores son perfectos para espacios pequeños, los mástiles son de aluminio rígido y funcionan por medio de baterías.</p> <p>Capacidad de 300 libras</p> <p>Altura promedio a plataforma 25 pies</p> <p>Compuerta de entrada</p> <p>tema de control de mando en la plataforma</p>	

2.4 ANALISIS DEL ESTADO DEL ARTE DE LA EMPRESA

La empresa desde 1999 ha construido elevadores de carga, de los cuales se escogieron tres elevadores, para realizar el análisis del estado del arte y proceder en base a estos a la creación de la nueva línea de elevadores de la empresa.

Los elevadores analizados son los siguientes:

2.4.1 COLORS

Para este proyecto se requería subir la carga (telas y producto terminado), desde el sótano a un tercer piso (4 paradas), con una capacidad de carga bruta máxima de 500 kilogramos y una altura total de recorrido de 14 mts.

A continuación se presenta el análisis del elevador en la etapa de construcción:

Estado del arte: Elevador COLORS		
C A R A C T E R I S T I C A S	CABINA	MOTOR
		
	<p>Tamaño de 1.50 x 1.50 x 2.20 mts altura (Estructura en perfiles tubulares) Piso en lámina alfajor de 1/8" Cerramiento exterior en lámina perforada cal. 16</p>	<p>Polipasto eléctrico para 1 Ton, motor de 1 HP Conexión eléctrica 220 Voltios - trifásico Velocidad vertical de 15 Pies / minuto Sujeción de cabina con cadena sencilla</p>

Figura 4. Análisis del estado del arte, elevador Colors (1)

Estado del arte: Elevador COLORS			
C A R A C T E R I S T I C A S	PUERTA	SUJECION	TECHO
			
	<p>Puerta plegable tipo ballesta de 1.20 x 2.0 mts</p>	<p>Platina 1/4", para enganche de la cadena del polipasto Sujeción con cadena sencilla de 4 mts</p>	<p>Tubería de 40x40x100 mm (ASTM A572 grado 50) Con estructura y platina para enganche de cadena del polipasto.</p>

Figura 5. Análisis del estado del arte, elevador Colors (2)

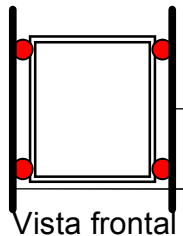

Estado del arte: Elevador COLORS		
C A R A C T E R I S T I C A S	GUIAS	VIGAS
	<p>4 rodachinas, montadas en rodamientos, ubicadas en la siguiente forma</p>  <p style="text-align: center;">Vista frontal</p>	 <p style="text-align: center;">2 rieles en I</p>

Figura 6. Análisis del estado del arte, elevador Colors (3)

El siguiente análisis se le realizo al elevador totalmente terminado:



Figura 7. Análisis del estado del arte, elevador Colors (4)



Figura 8. Análisis del estado del arte, elevador Colors (5)

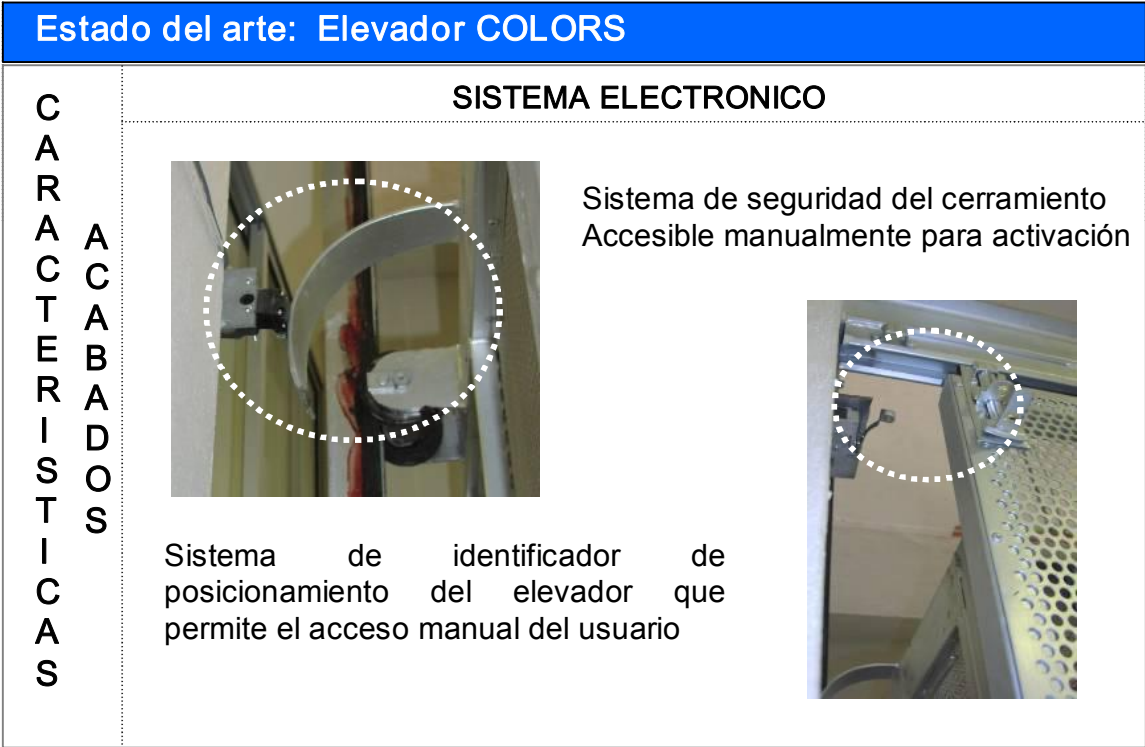


Figura 9. Análisis del estado del arte, elevador Colors (6)



Figura 10. Análisis del estado del arte, elevador Colors (7)

2.4.2 INSTITUTO NEUROLOGICO

En este elevador se deben transportar los carros que almacenan los alimentos de los pacientes desde la cocina hasta el cuarto piso y viceversa. Para el transporte de los alimentos emplean carros en acero inoxidable para una carga total de 1000 kg incluyendo el peso de la cabina y con una altura total de recorrido de 3.5 mts.

A continuación se presenta el análisis del elevador en la etapa de construcción:





Estado del arte: Elevador Instituto Neurológico				
C A R A C T E R I S T I C A S	CABINA	PUERTA	SUJECION	TECHO
				
	Tamaño de 1.10 x 1.30 x 1.90 mis altura (Estructura en perfiles tubulares) Piso en lámina alfajor de 1/8" en aluminio Cerramiento exterior y techo en lámina perforada cal.16	Puerta plegable tipo ballesta, de 0.90 x 1.90 mts	Platina 1/4", para enganche de la cadena del polipasto Sujeción con cadena sencilla de 4 mts	Tubería de 40 x 40 x 100 mm (ASTM A572 grado 50)

Figura 11. Análisis del estado del arte, elevador Instituto Neurológico (1)




Estado del arte: Elevador Instituto Neurológico				
C A R A C T E R I S T I C A S	VIGAS	DESPLAZAMIENTO		MOTOR
				
	2 rieles en I	4 rodachinas, montadas en rodamientos		Polipasto eléctrico para 1 Ton Motor de 1 HP , Conexión eléctrica a 220 Voltios - trifásico Velocidad vertical de 15 Pies / minuto Sujeción de cabina con cadena sencilla

Figura 12. Análisis del estado del arte, elevador Instituto Neurológico (2)

El siguiente análisis se le realizo al elevador totalmente terminado:

Estado del arte: Elevador Instituto Neurológico



Figura 13. Análisis del estado del arte, elevador Instituto Neurológico (3)

Estado del arte: Elevador Instituto Neurológico

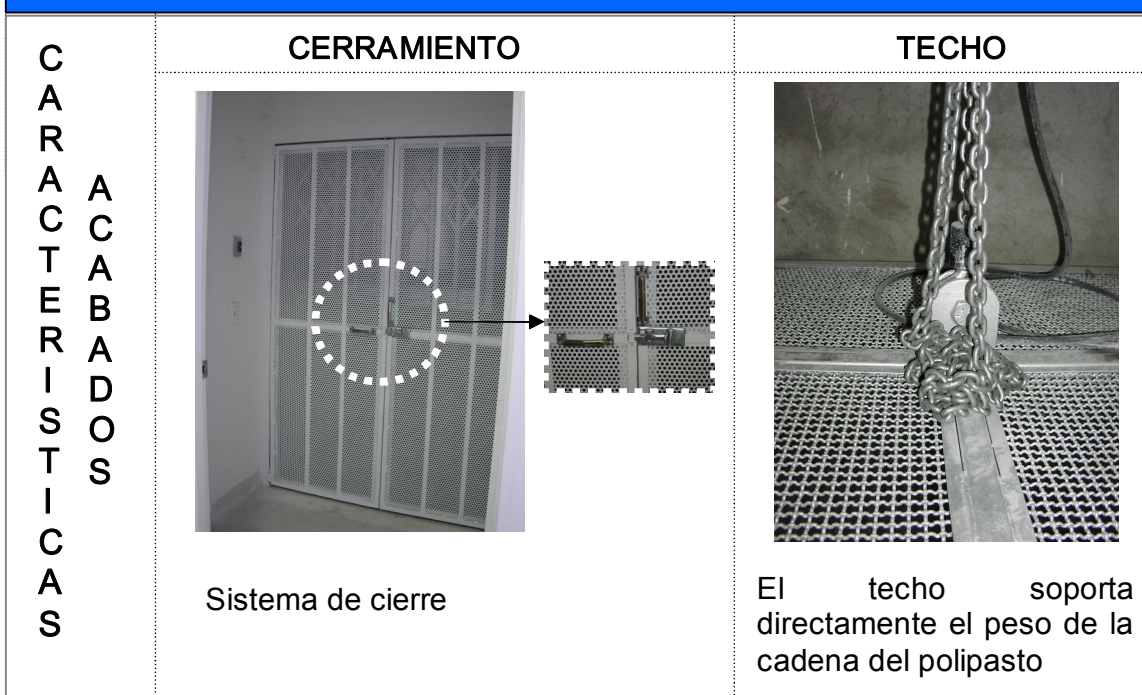


Figura 14. Análisis del estado del arte, elevador Instituto Neurológico (4)

Estado del arte: Elevador Instituto Neurológico

C A R A C T E R I S T I C A S A C C I O N E S	BOTONERIA	SEÑALIZACION
	 <p>No se encuentra ningún tipo de señalización informativa</p>	 <p>Señalización del cuarto del elevador</p>

Figura 15. Análisis del estado del arte, elevador Instituto Neurológico (5)

Estado del arte: Elevador Instituto Neurológico

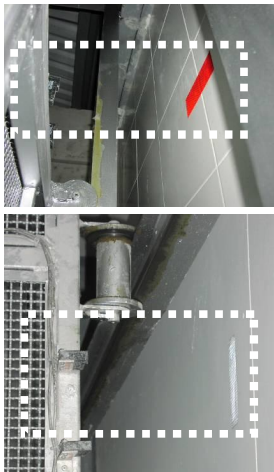


C A R A C T E R I S T I C A S A C C I O N E S	SISTEMA ELECTRONICO		
	 <p>Cintas reflectivas que le indican al sensor el lugar de parada</p>		 <p>Sensores de proximidad ubicados en cerramientos y puerta de la cabina</p>

Figura 16. Análisis del estado del arte, elevador Instituto Neurológico (6)

2.4.3 COLCAFE

El elevador de Colcafe S.A., posee puerta doble en la cabina, y es utilizado para el transporte de suministros alimenticios para la cafetería, tiene un recorrido de dos pisos, en donde el acceso del primer piso es frontal y el acceso del segundo piso es por la parte trasera, por lo que se requirió una cabina doble puerta.

Este elevador se analizó totalmente terminado, ya que al comenzar el proyecto ya estaba terminado, y se escogió por ser uno de los más complejos realizados por la empresa.



Figura 17. Análisis del estado del arte, elevador Colcafé (1)

Estado del arte: Elevador COLCAFE		
C A R A C T E R I S T I C A S	PUERTAS	CIERRE CERRAMIENTOS
	 <p>Sistema doble puerta, -frontal primer piso -trasera segundo piso.</p> <p>Puertas tipo ballesta</p>	 <p>Sistema de cierre de los cerramientos</p>

Figura 18. Análisis del estado del arte, elevador Colcafé (2)



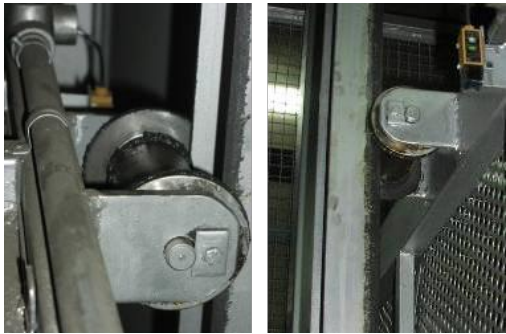
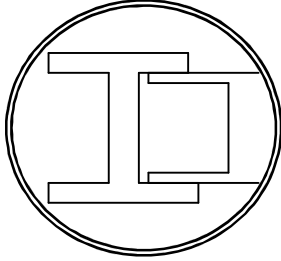
Estado del arte: Elevador COLCAFE		
C A R A C T E R I S T I C A S	SUJECION	GUIAS
	  <p>Polipasto de 1 Ton</p> <p>Sujeción de gancho</p>	  <p>Sistema riel</p>

Figura 19. Análisis del estado del arte, elevador Colcafé (3)

Estado del arte: Elevador COLCAFE		
C A R A C T E R I S T I C A S	TECHO	PISO
	<p>El techo permite soportar el peso de una persona para realizar mantenimientos y limpiezas</p> <p>La cadena no cae sobre el techo, ya que es sostenida por un sistema de almacenamiento en el polipasto</p>	<p>En el piso se adicionaron esquinas, para facilitar la limpieza y derrames fuera de la cabina</p>
	 	 

Figura 20. Análisis del estado del arte, elevador Colcafé (4)

Estado del arte: Elevador COLCAFE	
C A R A C T E R I S T I C A S	SISTEMA ELECTRONICO
	<p>Sensores de seguridad en las puertas</p> <p>Sensores de seguridad en los cerramientos</p> <p>Lamina reflectiva que indica la posición a los sensores de proximidad</p>
	    

Figura 21. Análisis del estado del arte, elevador Colcafé (5)



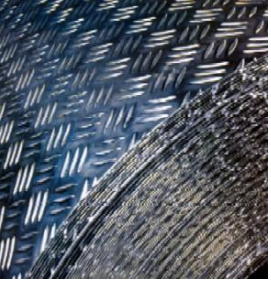
Estado del arte: Elevador COLCAFE	
C A R A C T E R I S T I C A S	SEÑALIZACIONES
	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: right;">Señalización de control del elevador Botinería señalizada Led lateral, indicador de energía</p>
	<p>Señalización de Precaución</p> <p>Peso máximo, cierre de puertas, uso exclusivo de carga y manejo de personal autorizado</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>
	<p>Distancia entre control y cerramientos, para evitar el transporte de personas</p>

Figura 22. Análisis del estado del arte, elevador Colcafé (6)

2.5 COMPONENTES ELECTRICOS Y MECANICOS DE LOS ELEVADORES

Por medio del análisis del estado del arte, se realizó un cuadro con los principales componentes eléctricos y mecánicos que conforman los elevadores que realiza la empresa.

Tabla 4. Análisis de los componentes eléctricos y mecánicos de los elevadores realizados por la empresa

COMPONENTE	DESCRIPCION	IMAGEN
<p>SISTEMA MOTRIZ</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ POLIPASTO CM 	<p>De 500 kg a 2000 kg</p> <p>Estos polipastos no requieren cambio de aceite en su vida de uso (a menos de goteos), la cadena también asegura larga vida y suavidad en su funcionamiento. Es ideal para el transporte de comida, papel, textiles y aplicaciones farmacéuticas</p>	
<p>CABINA</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ESTRUCTURA ○ PISO 	<p>Los perfiles tubulares que conforman la estructura del elevador son de acero estructural ASTM A572 Grado 50</p> <p>40 cm x 40 cm x 2 cm 60 cm x 40 cm x 2 cm 100 cm x 40 cm x 2.5 cm</p> <p>El piso del elevador esta conformado por una lamina de alfajor de 1/8"</p>	 

	MICROSWITCH	
	PLC Controlador lógico programable	
	FOTOCELDAS	

CAPITULO 3. PROCESO DE DISEÑO

3.1 PROCESO CONCEPTUAL DE DISEÑO

METODOLOGIA

La metodología a emplear es la propuesta por la universidad EAFIT, en la materia diseño metódico¹, ya que esta es una metodología con la cual ya hemos experimentado y que presenta cierto grado de flexibilidad, conveniente para el desarrollo del proyecto; esta metodología se basa en los métodos propuestos por Nigel Cross², en donde se plantean alternativas para la búsqueda de ideas, para la exploración de la estructura del problema y para la evaluación del proyecto. Este método plantea las etapas mencionadas en la figura 1:

¹ Documento "Puntos a desarrollar en un trabajo de diseño metódico", según Sergio Aristizabal Restrepo.

² NIGEL, Cross. Métodos de Diseño. Estrategias para el diseño de productos. México, 1999.

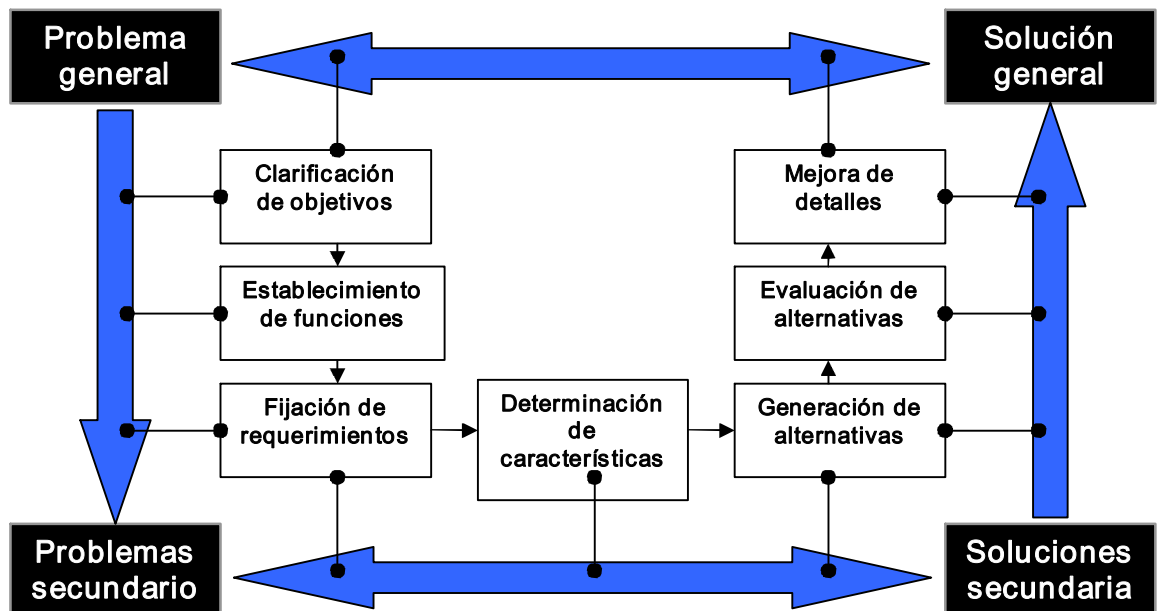


Figura 23. Etapas del proceso de diseño.

ETAPA 1: Clarificación de objetivos

La finalidad de esta etapa es identificar los objetivos y los sub-objetivos del proyecto y como se relacionan entre si.

ETAPA 2: Establecimiento de funciones

En esta etapa se establecen los límites del sistema, y se utilizan las técnicas de diseño conceptual como las cajas negras y transparentes.

ESTAPA 3: Fijación de requerimientos

La finalidad de esta etapa es cuantificar las necesidades que presenta el cliente convirtiéndolas en características del diseño. Para esto se utilizara el modelo de PDS propuesto por Stuart Pugh.

ETAPA 4: Determinación de las características

En este punto se fijan las metas que van a dar cumplimiento a los objetivos.

ETAPA 5: Generación de Alternativas

Supone generar soluciones a la situación de diseño planteada, se utilizan técnicas como el brain writing y el diagrama morfológico.

ETAPA 6: Evaluación de Alternativas

Para la evaluación de las alternativas, se compararan los valores de utilidad de las propuestas contra los objetivos ponderados para así encontrar la mejor solución.

ETAPA 7: Mejora de detalles

Busca aumentar o mantener el valor de un producto para su comprador, reduciendo al mismo tiempo el costo para su productor. En este punto se utilizara la ingeniería de valor, el diseño para la manufactura y diseño para el ensamble.

La metodología se resume de acuerdo la siguiente tabla de las etapas:

Tabla 5. Descripción de las etapas de la metodología

Etapa	Nombre	Actividades a desarrollar	Objetivo
1	Clarificación de objetivos	Elaboración del árbol de objetivos.	Identificar los objetivos y sub-objetivos del proyecto y sus interrelaciones

2	Establecimiento de funciones	Elaboración de la caja Negra y transparente Elaboración de la estructura funcional	Establecer los límites del sistema
3	Fijación de requerimientos	Elaboración del PDS	Cuantificar necesidades que presenta el cliente convirtiéndolas en características del diseño.
4	Determinación de las características		Fijar las metas para dar cumplimiento a los objetivos
5	Generación de Alternativas	Diagrama morfológico Brain writting	Generar soluciones a la situación de diseño planteada
6	Evaluación de Alternativas	la ponderación de objetivos Check list	Comparar los valores de utilidad de las propuestas contra los objetivos ponderados.
7	Mejora de detalles	Diseño para el ensamble Diseño para la manufactura Ingeniería del valor	Aumentar o mantener el valor de un producto para su comprador, reduciendo al mismo tiempo el costo para su productor.

3.2 ETAPA 1. CLARIFICACION DE OBJETIVOS

ARBOL DE OBJETIVOS

Este es un primer paso muy importante ya que permite realizar un planteamiento claro y completo de las necesidades que el diseño del elevador debe cumplir, mediante un diagrama que permite relacionar y jerarquizar los diferentes objetivos entre sí, a la vez que presenta los medios para alcanzarlos. Para la realización del árbol de objetivos se siguieron los siguientes pasos propuestos en la metodología anteriormente mencionada:

- a. Preparar una lista de los objetivos de diseño.
- b. Ordenar la lista en conjuntos de objetivos de nivel superior y de nivel inferior.
- c. Dibujar el diagrama en un árbol de objetivos que muestre las relaciones jerárquicas y las interconexiones.

TRANSPORTAR CARGA VERTICALMENTE

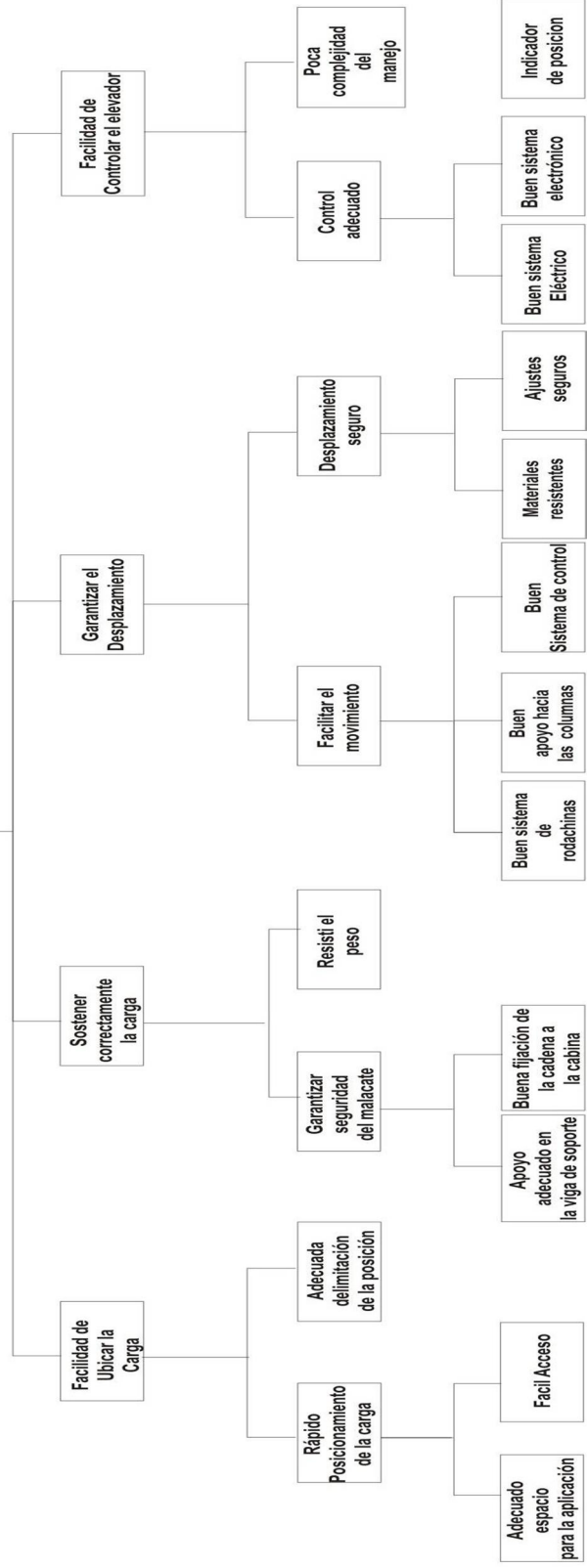


Figura 24. Árbol de objetivos

3.3 ETAPA 2: ESTABLECIMIENTO DE FUNCIONES

Antes de entrar a analizar una configuración inmediata del elevador, se deben identificar las funciones primordiales que cualquier tipo de solución final debe satisfacer, para cual se requiere un establecimiento de funciones esenciales que no estén supeditadas al tipo de componentes físicos que puedan utilizarse.

Los pasos propuestos por la metodología para realizar este establecimiento de funciones, son:

- a. Realizar la caja negra
- b. Realizar la estructura funcional

3.3.1 CAJA NEGRA

La caja negra es la forma mas sencilla de representar lo que es el producto, consiste en representar las entradas al sistema y las salidas, en cuyo centro se encuentra la función principal del producto que es capaz de convertir dichas entradas en dichas salidas.

Flujos de entrada: energía eléctrica, fuerza humana, carga, señal de mando, fuerza de fricción (vigas)

Flujos de salida: caja transportada, calor, vibración, ruido, señal de posición

Función principal: transportar carga vertical

Flujo principal: carga

CONVENCIONES DEL DIAGRAMA

E.M. = Energía Mecánica

F.H = Fuerza Humana

F.F = Fuerza de Fricción



FLUJOS

————> Energía

.....> Señal (información)

..... Límites del sistema

FLUJO PRINCIPAL

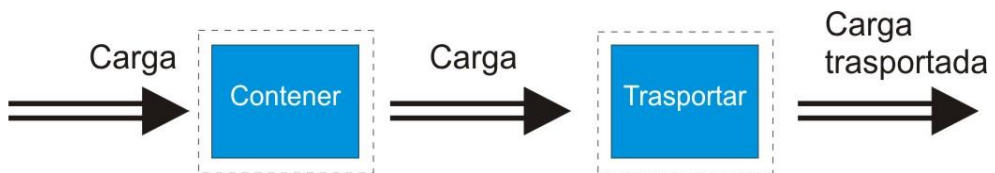


Figura 25. Flujo Principal de la caja negra

CAJA NEGRA

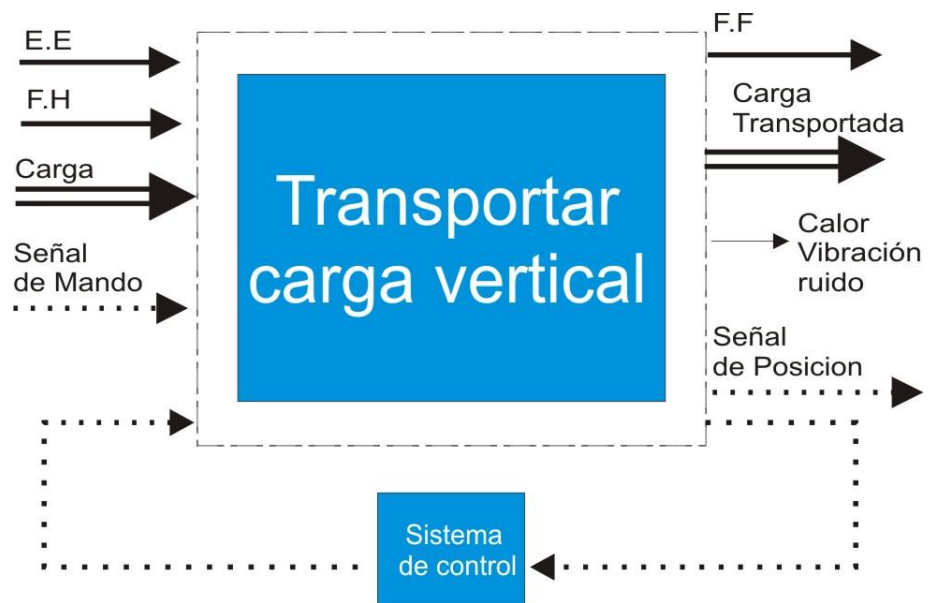


Figura 26. Caja Negra

3.3.2 ESTRUCTURA FUNCIONAL

La estructura funcional o caja transparente, es una caja negra vista en forma interna, en donde la función principal se convierte en funciones secundarias que permiten la transformación de las entradas en las salidas de forma individual.

CONVENCIONES DEL DIAGRAMA

E.M. = Energía Mecánica

F.H = Fuerza Humana

F.F = Fuerza de Fricción

FLUJOS

————> Energía

.....> Señal (información)

..... Límites

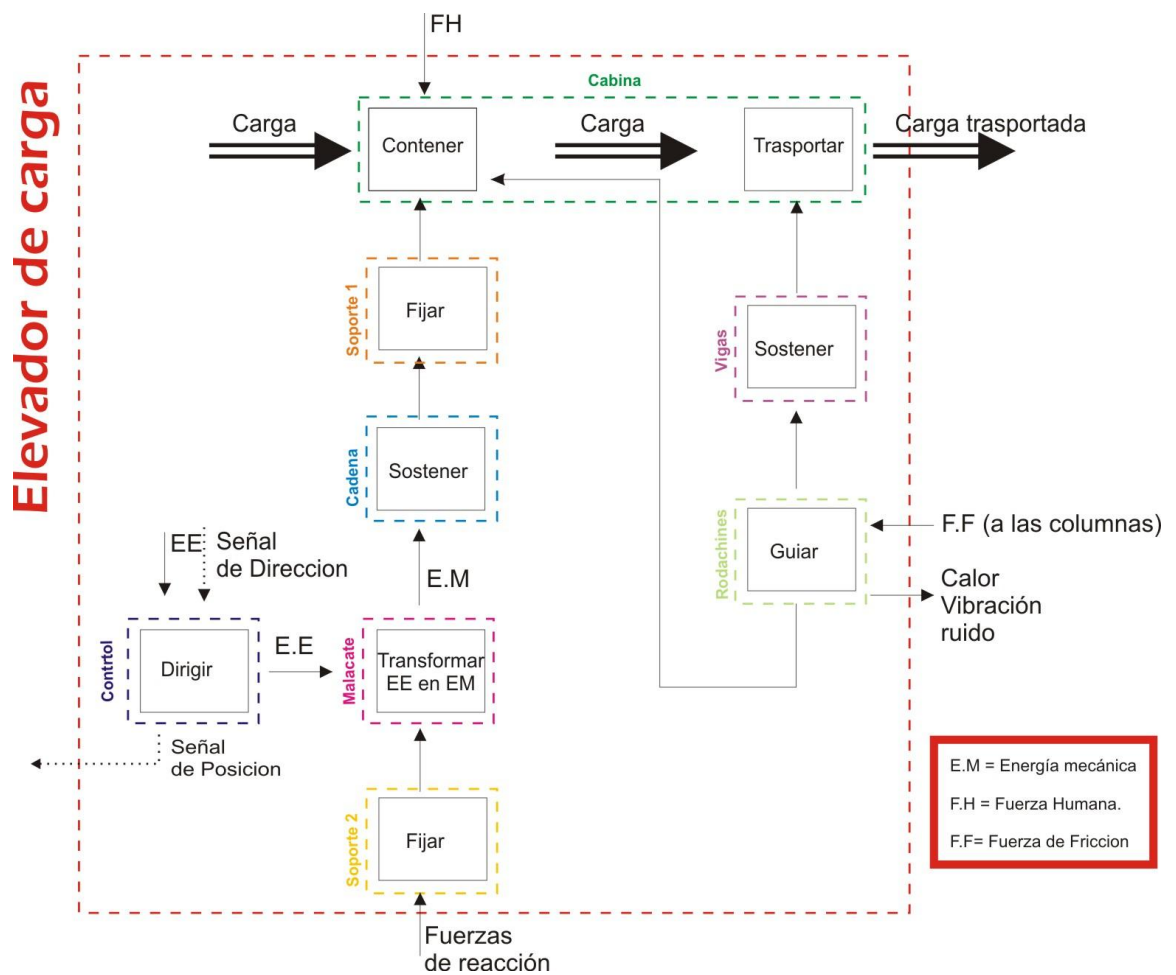


Figura 27. Estructura Funcional

Aproximación formal

En la aproximación formal, las funciones se convierten en portadores físicos, para una mejor visualización del sistema

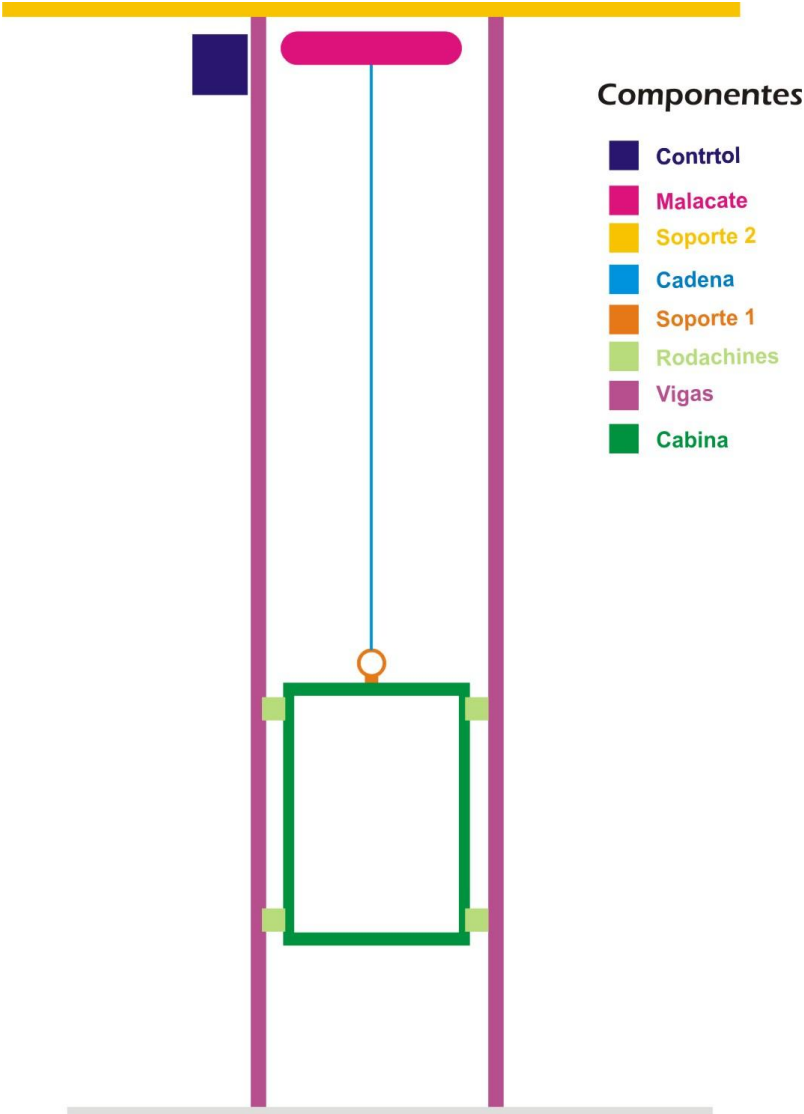


Figura 28. Aproximación Formal

3.4 ETAPA 3 Y 4: FIJACION DE REQUERIMIENTOS Y DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS

En esta etapa se fijan los límites de las especificaciones de diseño que requiere el producto, estos límites proporcionan al diseñador suficiente espacio para realizar las propuestas sin posibilidad de desviarse de las necesidades y en cuanto a la determinación de las características es necesario asegurar que se entienda adecuadamente la relación entre los atributos de producto (determinados por el cliente) y las características de ingeniería, ya que una correcta identificación de los atributos del producto se traducen en las especificaciones apropiadas de las características de ingeniería.

Las especificaciones de diseño del elevador, se desarrollaron por medio del análisis a los elevadores realizados por la empresa (estado del arte) y de acuerdo a las especificaciones tomadas de la norma UNE-EN811 (características técnicas de los elevadores de carga)

Tabla 6. Especificaciones de Diseño de Producto (PDS)

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO DE PRODUCTO - PDS-							
	Necesidad	Interpretación	Métrica	Importancia	Unidad	Valor	D/d
Usuario	Que el usuario no tenga que esforzarse mucho para manejar el elevador por primera vez	Que el manejo de los controles del elevador sea intuitivo	Tiempo de aprendizaje	4	min	<1	D

Mantenimiento	Que los componentes se reemplacen rápidamente	Que sean paneles intercambiables con ensambles simples	Tiempo de ensamble por # de componentes	5	min	<60	D
	Que sea fácil conseguir los componentes del elevador	Que el total de las piezas sean de consecución comercial nacional	# de componentes	5	semana	<1	D
	Que el desgaste de los rodamientos no afecte el desempeño del elevador	Cambio de rodamiento de las guías, aproximadamente cada dos años	Tiempo	5	Años	>2	D
	Que el motor no se detenga mientras se encuentra en funcionamiento	Revisión anual al clutch del motor	Tiempo	5	Años	<1	D
	Que no se encuentre óxido, ni fisuras en la cabina del ascensor	Revisión anual de los puntos de unión de la cabina	Tiempo	5	Años	<1	D
Calida y confiabilidad	Que los proveedores de materia prima, aseguren la calidad de los materiales	Que los proveedores tengan garantías y certificaciones de calidad de sus productos	Tiempo Garantía	4	Meses	>3	d
	Que al abrirse una de las puertas del cerramiento, se detenga el elevador	Que el elevador se detenga al momento de abrirse cualquier puerta de los cerramientos	Numero de sensores	5	Sensores/piso	≥1	d
	Que la puerta no se deforme con la carga	La puerta debe resistir el peso de la carga sin deformación permanente	Distancia	4	mm	<15	D

	Que las paredes no se deformen con la carga	Las paredes deben resistir el peso de la carga sin deformación permanente	Distancia	4	mm	<15	D
	Que el elevador se dirija siempre al lugar al que sea enviado	Garantizar que la programación del control ejecute las ordenes	Numero de sensores	5	Sensores/piso	≥ 1	D
Desempeño	Nosotros no producimos elevadores de mas de 2Ton	Capacidad máxima de carga 2 Ton	Peso	3	Ton	<2	D
	Que la puerta permita el fácil acceso de la carga al elevador	Que las puertas permitan que se aproveche el mayor espacio dentro de la cabina	Distancia libre de entrada de la carga	4	m	base > 1.20 altura > 1.80	D
	Que el elevador cumpla con los requerimientos de peso de la carga para el que fue diseñado	Al ascensor se le realizan pruebas de carga, que aseguren su eficiente desempeño.	Peso	5	kg	<1000	D
	Que el peso de la estructura no interfiera con la capacidad de carga	Que el peso de la estructura (caja), sea de 200 kg aproximadamente.	Peso	4	Kg	<200	D
	Que la velocidad sea la ideal para transportar carga	Velocidad de marcha 0.6 m/s	Velocidad	4	m/s	0,6	d
	Precisión en las paradas	Los sensores garantizan la exactitud en las paradas	Distancia	5	mm	10	D
Estética	Que el elevador haga parte del entorno	Que las formas y colores sean acordes al lugar y el uso	Coherencia formal	4	# de colores	≤ 2	D

	Que se entienda el manejo del elevador	Que se empleen aplicaciones graficas al producto	Numero de señales indicativas	4	Señale s/ piso	>1	d
Seguridad	Que el malacate sea el adecuado para el peso de la carga	El tipo malacate depende del peso requerido por el cliente más el peso de la estructura	peso	5	kg	<1000	D
	Que los puntos de unión de la cabina, resistan el trabajo al que va a ser expuesto	Verificación visual de la soldadura	revisiones	5	# revisiones	2	D
	Que el sistema de tracción sea respaldado por la empresa que lo produce	el sistema de tracción es adquirido en empresas certificadas internacionalmente	Tiempo de garantía	5	Meses	>3	D
	Que las guías soporten el peso del elevador y la carga	La resistencia de las guías, las uniones y sus fijaciones deben ser suficientes para soportar las cargas y fuerzas a las que se someten	(carga máxima) x (1+factor de seguridad)	5	kg	<2060	D
	Que la cabina no se destruya por completo al momento de un impacto.	Que en el foso existan resortes que amortigüen posibles caídas	cantidad de resortes	4	# de resortes	4	d
	Que al usuario se le advierta de los posibles peligros que pueden existir al usar un elevador de carga	Que haya gráficos de advertencia en zonas de peligro y carga máxima	Cantidad de gráficos	4	# de gráficos	1 por situación	D

	Que no se permita el acceso al foso del elevador	Cerramientos laterales en el foso	Cantidad de cerramientos	5	# de cerramientos	1 por piso	D
	Que cuando las puertas del cerramiento y de la cabina se cierren, no queden espacios	El único espacio que quedara disponible serán las holguras necesarias de funcionamiento	Distancia	5	mm	<10	D
	Que no existan riesgos de daños debidos a un atrapamiento de una parte del cuerpo, ropa u objeto utilizados	Las puertas y sus inmediaciones deben diseñarse de manera que se reduzcan al mínimo los riesgos de daños a los usuarios	Distancia	5	mm	<20	D
	Que el usuario no tenga acceso a las instalaciones eléctricas	Las instalaciones eléctricas están fuera de alcance del usuario	cantidad de protecciones por instalación	5	# de protecciones	>1	D
Ergonomía	Que los botones sean del tamaño adecuado	La botonería posee las características estándar exigidas	Área	4	mm ²	30 x 30	D
Partes estándar	Que las columnas que guían el elevador y los rodamientos sean los estándares de la empresa	Las vigas en I IPE120, son estandarizadas para todos los elevadores de la empresa	Tipo de guías y rodamientos	5	# de tipos de guías y rodamientos	≤1	D
	Que haya varios tipos de cabinas, una para cargas pesadas y otra para cargas livianas	Que el diseño de la estructura sea flexible para cargas de 250kg hasta 1Ton y de 1Ton a 2Ton	Peso	4	kg	250< x <1000, 1000< x <2000	D

	Que las laminas que dan el acabado a la cabina sean de fácil ensamble y estandarizar sus puntos de unión.	Garantizar mediante paneles intercambiables con sujeción fija que el ensamble de estos a la cabina sea el mismo	geometrías estándar por diseño	5	# de geometrías estándar por diseño	<3	D
Instalación	Verificar que en el punto de instalación exista siempre una toma de 220V para sacar de esta los 110V y los 5V necesarios para el control del elevador	Garantizar conexiones a 110 V, 220 V y 5 V	Voltaje	5	v	5, 110, 220	D
	La instalación eléctrica se hace en el lugar final	La instalación eléctrica se hace después de instalado el elevador	Tiempo	5	Días	>45	D
Limitaciones de la compañía	No se pueden producir mas de 5 elevadores al mes	Capacidad máxima de producción 5 elevadores mes	Cantidad de elevadores	4	# de elevadores	<5	D
Costo y precio del producto	Que la ganancia del elevador este de acuerdo a su inversión en trabajo	Los costos de los elevadores no excedan el 75% del precio de venta	Dinero	5	pesos	<75%	D
Materiales	Que los materiales se consigan en el mercado nacional	Los proveedores se encuentran en la ciudad de fabricación	Cantidad de distribuidores por ciudad	4	# de distribuidores por ciudad	>2	D

	Utilizar los materiales que se han trabajado anteriormente para la fabricación de los elevadores	Los materiales usados para el acabado de la caja del ascensor serán : lamina inoxidable, lamina coldroll y malla ondulada	Materiales estándar	4	# de materiales	<3	D
Vida de servicio	Los elevadores están presupuestados para una vida de servicio mínima de 15 años	La vida útil estándar de los elevadores es de 15 años, con sus respectivos mantenimientos	Tiempo	3	Años	>15	d
Procesos de Manufactura	Disminuir tiempos de entrega	los tiempos de entrega se reducirán por medio de la estandarización de los procesos	Tiempo	5	días	45	D

3.5 ETAPA 5: GENERACION DE ALTERNATIVAS

3.5.1 DIAGRAMA MORFOLOGICO

Portadores de funciones

Se utiliza para identificar combinaciones novedosas sobre los diferentes números de componentes del producto, y así generar diferentes propuestas de combinación e identificar la que más se aplique al proyecto.

En el siguiente diagrama se presentan las funciones principales del elevador, y las posibles soluciones para cada una, con la ayuda gráfica.

Etapa 2
Diseño

ELEVADOR DE CARGA

MATRIZ MORFOLOGICA:.

1 Contener <i>A la carga</i>	 Cabina cerrada	 Cabina abierta	 Plataforma	 Rieles	 Patines
2 Guiar <i>Al sistema</i>	 Rodachinas	 Engranajes	 Rodillos	 Rieles	 Patines
3 Sostener <i>la función contener</i>	 Cadena	 Cable	 Cable	 Rieles	 Patines
4 Transformar <i>la EE en EM</i>	 Malaquite electrico	 Pistón hidraulico	 Motor	 Malaquite manual	 Tijera

Figura 29. Matriz Morfológica (1)

Elevador de carga

Etapa 2
Diseño → **MATRIZ MORFOLOGICA:.**

5 Fijar El sistema	Soldadura	Tornillos	Cemento		
6 Dirijir Al sistema	Control manual	Control programado	Automatico		
7 Sostener la función transportar	Cemento	Platinas	Cuñas		

Figura 30. Matriz Morfológica (2)

Etapa 2
Diseño

ELEVADOR DE CARGA

MATRIZ MORFOLOGICA:.

8 Contener El elevador	Pared-Puerta 	Angeo completo 	Lamina completo 	Cerramiento parcial 	Puerta completa 
	Visualizacion completa 	Paneles prefabricados 			
9 Cerrar El sistema	Visagra Manual 	Cierre electronico 	Chapa 	Magnetico 	
10 Cerrar El sistema de contener	Tipo Ballesta 	Plegable 	Paralelas 	Tipo Visagra 	

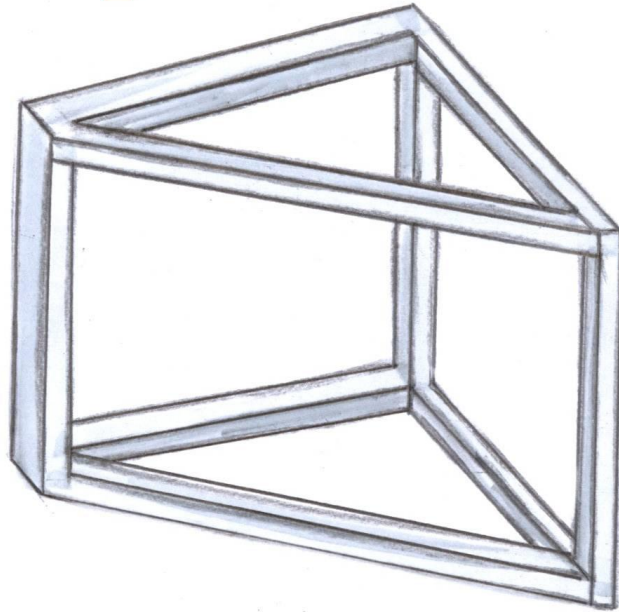
Figura 31. Matriz Morfológica (3)

3.5.2 BRAIN WRITING

Para el desarrollo de este paso, se dividieron las propuestas en dos partes. La primera parte son las propuestas de la estructura del elevador, la cual será la base de partida para las propuestas de diseño externo del elevador. La segunda parte presenta las propuestas de diseño externo, de las cuales se escogerán las mejores para conformar las diferentes configuraciones que la empresa presentará al mercado.

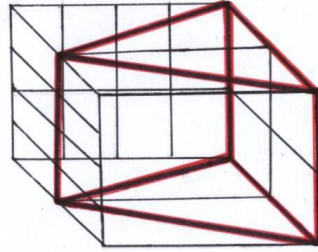
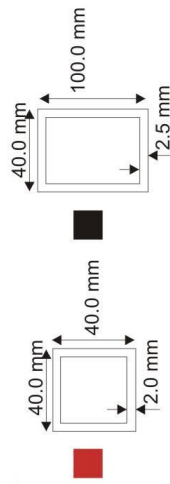
3.5.2.1 PROPUESTAS ESTRUCTURALES DEL ELEVADOR

➔ **PROPUESTA ESTRUCTURAL 1:**



Estructura Principal

Estructura Completa



Vistas de la estructura

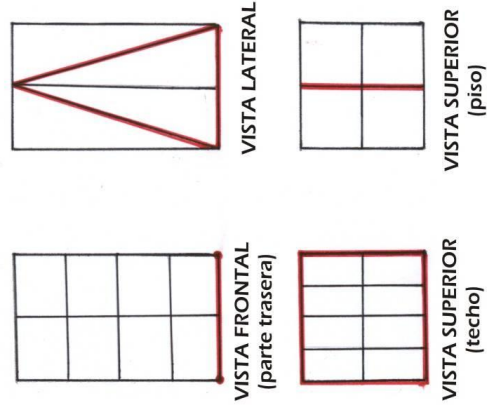
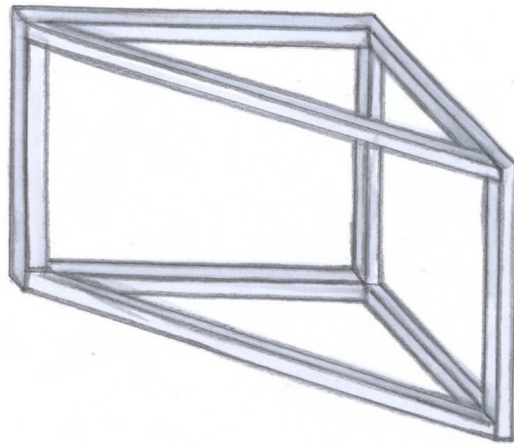


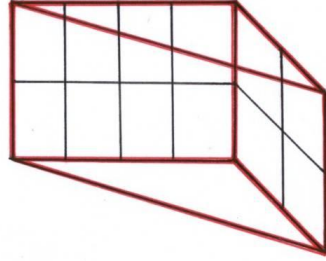
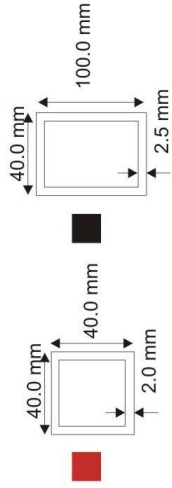
Figura 32. Propuesta estructural 1

➔ **PROPUESTA ESTRUCTURAL 2:**

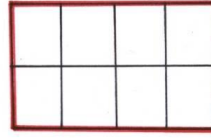


Estructura Principal

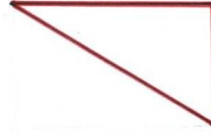
Estructura Completa



Vistas de la estructura



VISTA FRONTAL
(parte trasera)



VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR
(piso)

Figura 33. Propuesta estructural 2

➔ **PROPUESTA ESTRUCTURAL 3:**

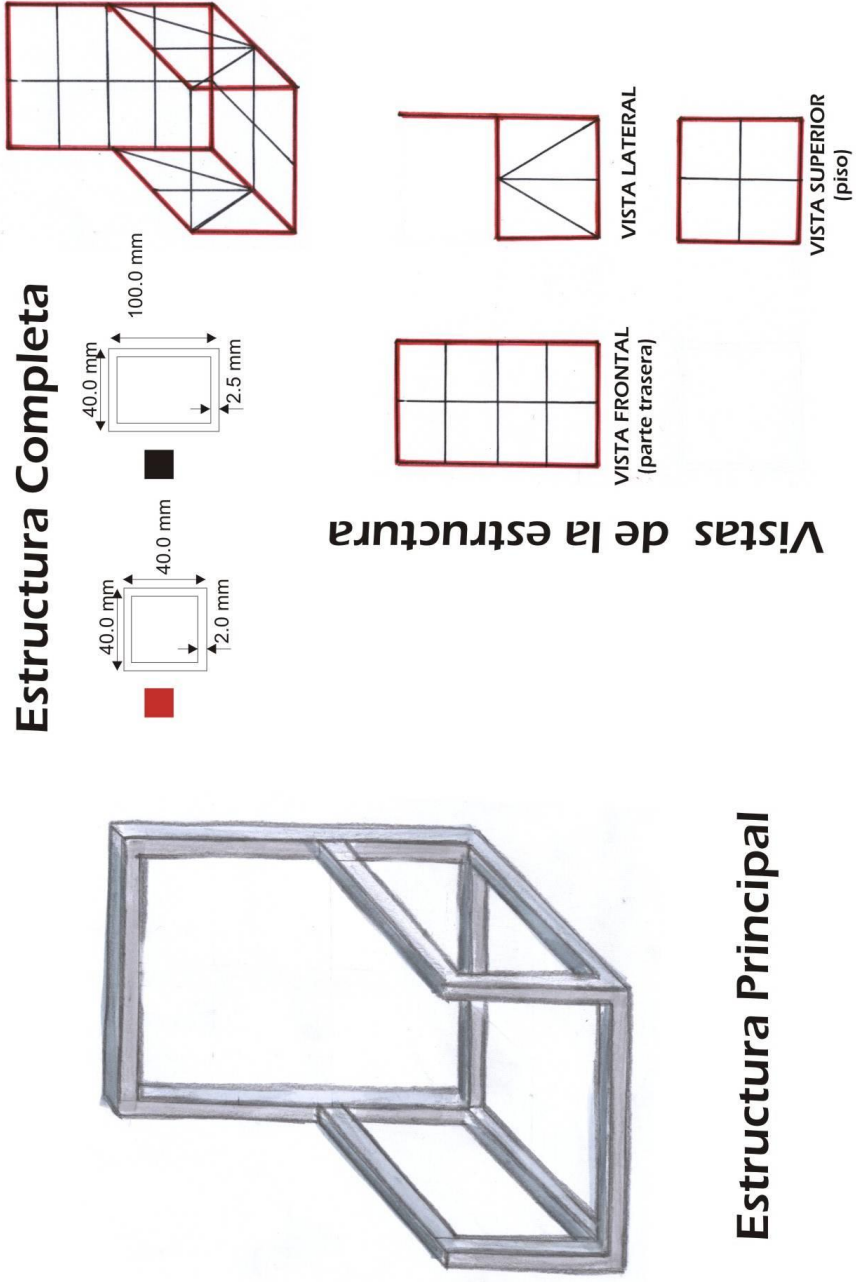


Figura 34. Propuesta estructural 3

➔ **PROPUESTA ESTRUCTURAL 4:**

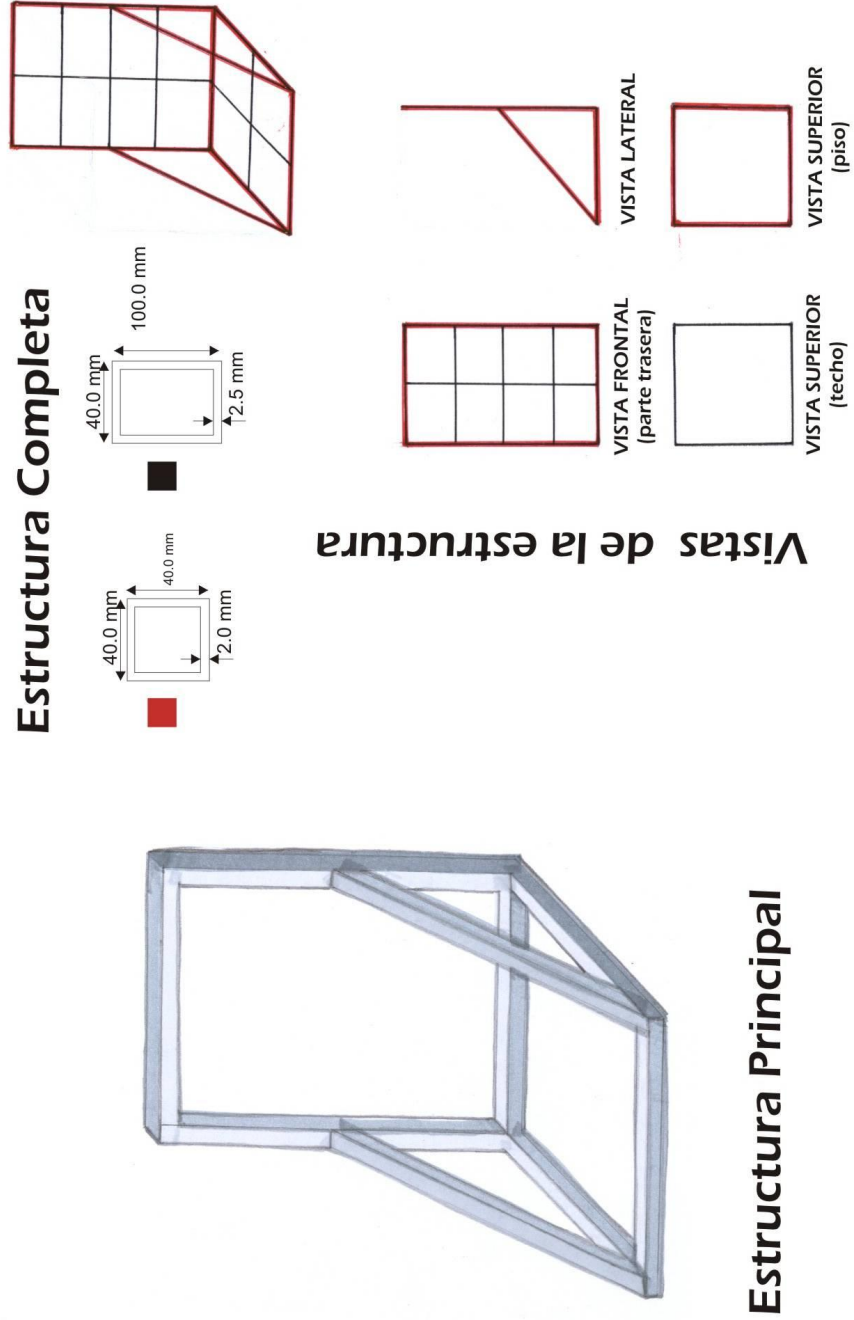
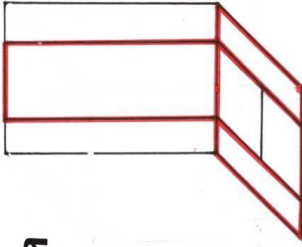
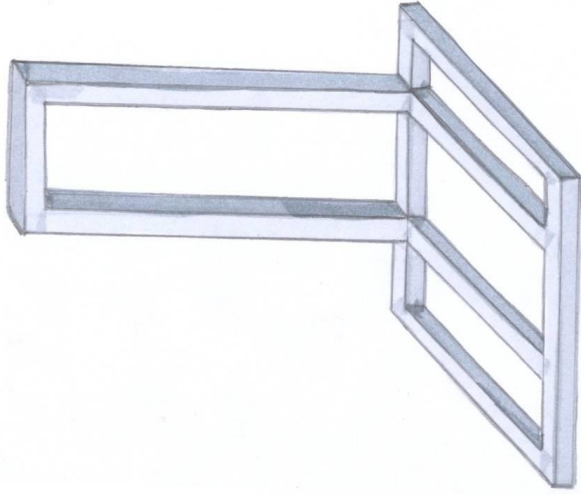
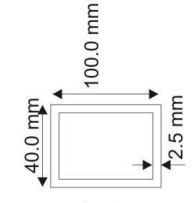
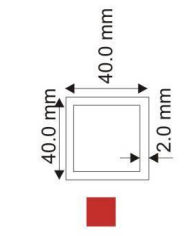


Figura 35. Propuesta estructural 4

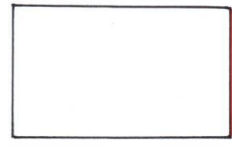


Estructura Completa

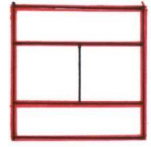


Estructura Principal

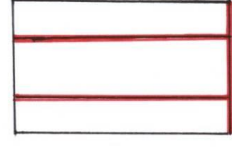
Vistas de la estructura



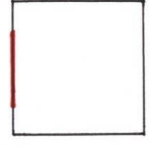
VISTA LATERAL



VISTA SUPERIOR (piso)



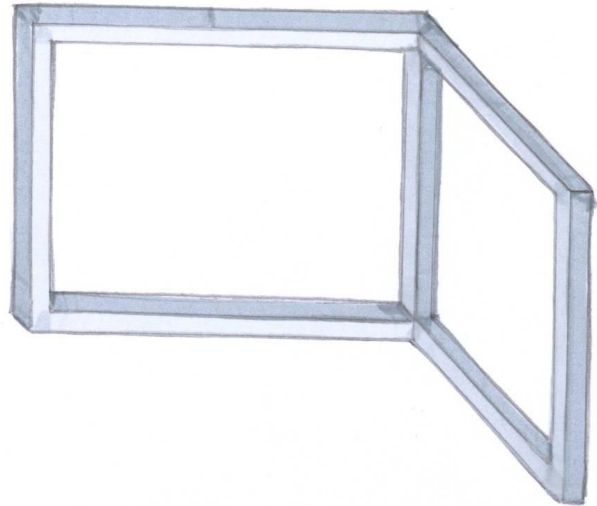
VISTA FRONTAL (parte trasera)



VISTA SUPERIOR (techo)

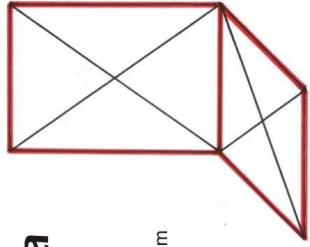
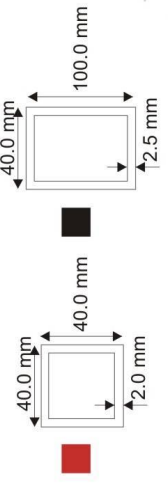
Figura 36. Propuesta estructural 5

➔ **PROPUESTA ESTRUCTURAL 6:**



Estructura Principal

Estructura Completa



Vistas de la estructura

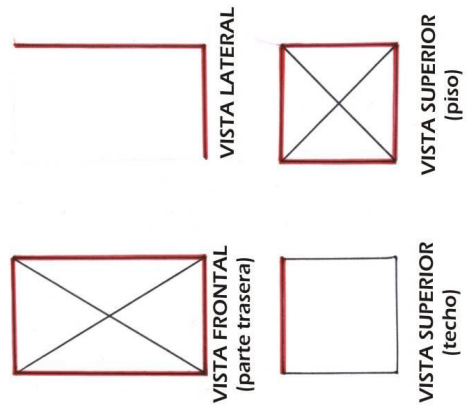
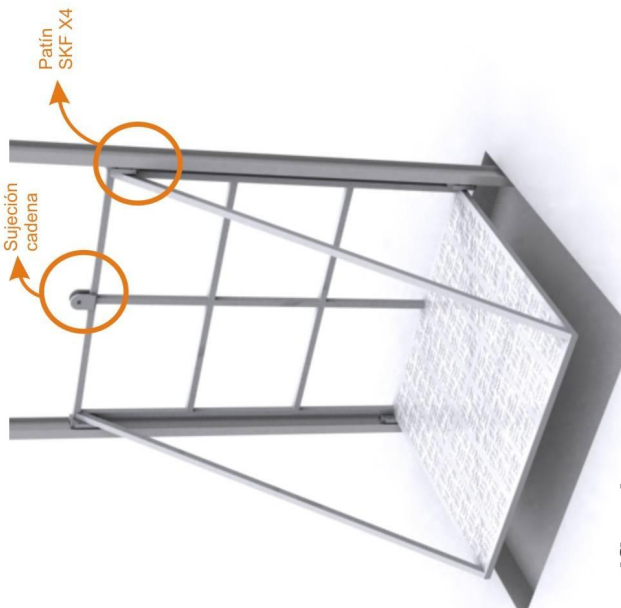


Figura 37. Propuesta estructural 6

➔ **PROPUESTA DE DISEÑO EXTERNO 1:**

Estructura base:



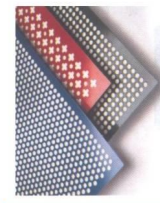
Sujeción cadena

Patin SKF X4

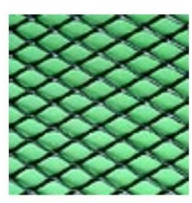
Especificaciones

- Capacidad de carga: 1 a 2 TON
- Medidas generales de la estructura: 1.5X1.5X2m
- Tubería estructural: 40X40X2 mm
- Piso: lamina de alijajor
- Laterales: Ver configuraciones
- Puerta: Sin puerta
- Desplazamiento: Patin SKF ref. LRHS 45


Configuraciones:



Lamina troquelada



Malla ondulada

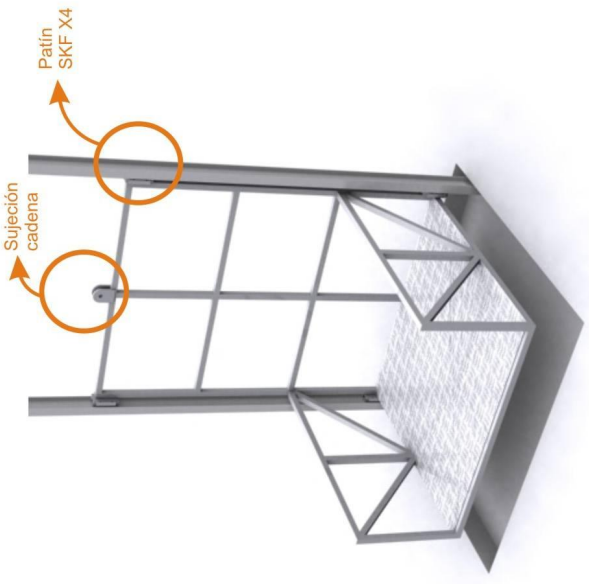


Lamina acero INOX

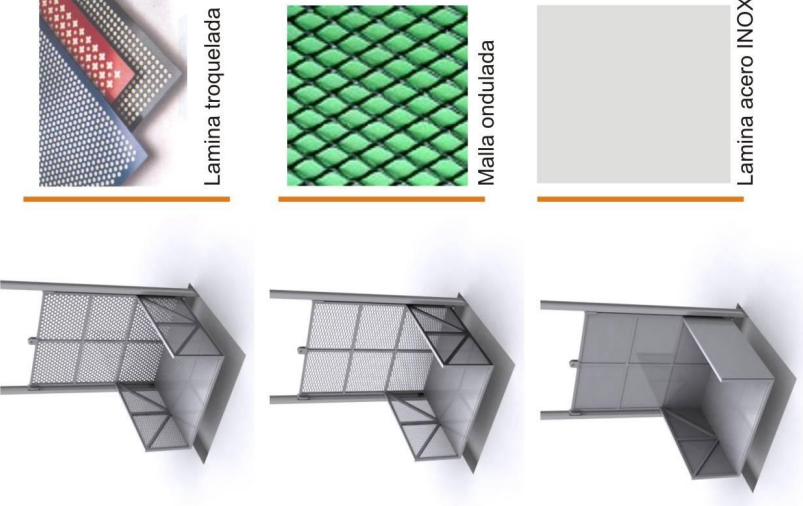
Figura 38. Propuesta de diseño externo 1

PROPUESTA DE DISEÑO EXTERNO 2:

Estructura base:



Configuraciones:



Lamina troquelada

Malla ondulada

Lamina acero INOX

Especificaciones

- Capacidad de carga: 1 a 2 TON
- Medidas generales de la estructura: 1.5X1.5X2m
- Tubería estructural: 40X40X2 mm
- Piso: lamina de alfiler
- Laterales: Ver configuraciones
- Puerta: Sin puerta
- Desplazamiento: Patin SKF ref: LRHS 45

Figura 39. Propuesta de diseño externo 2

➔ PROPUESTA DE DISEÑO EXTERNO 3:

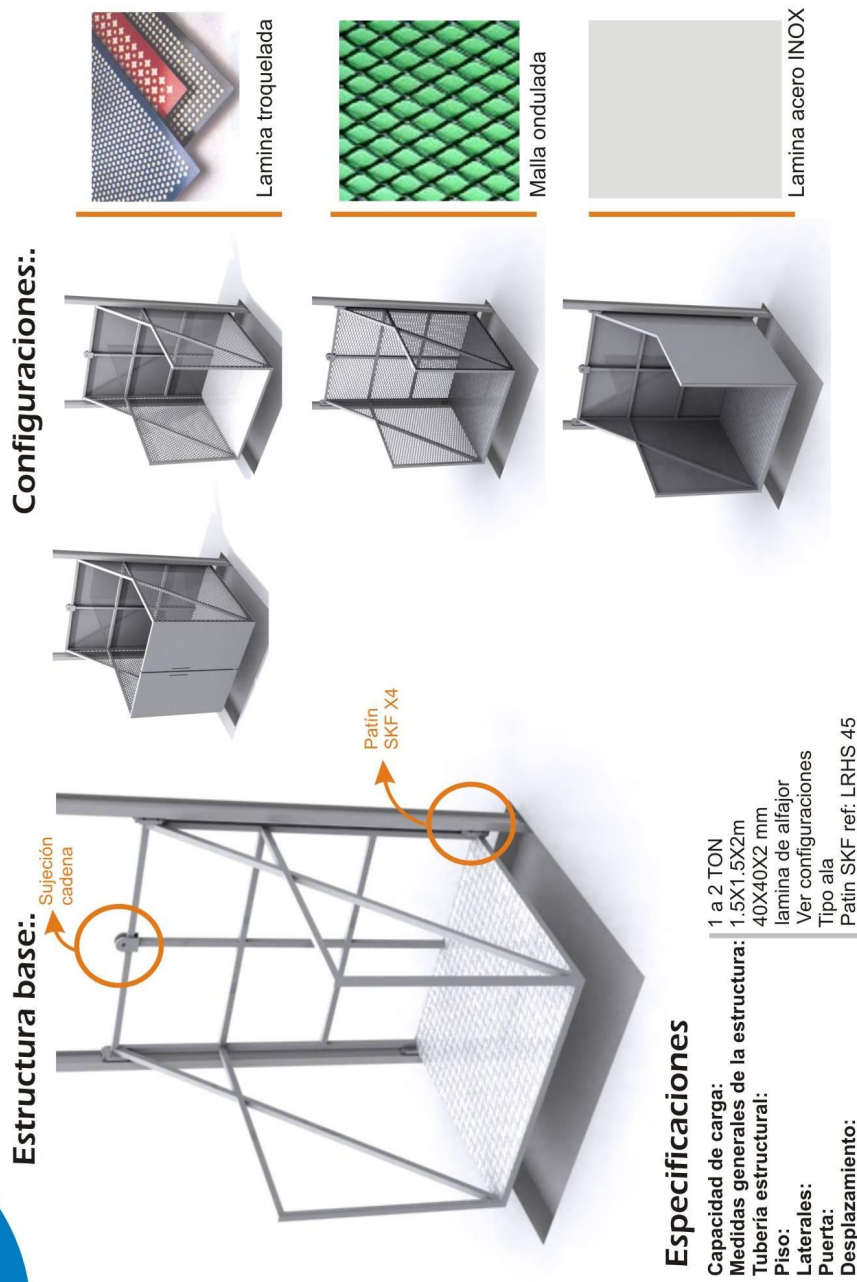
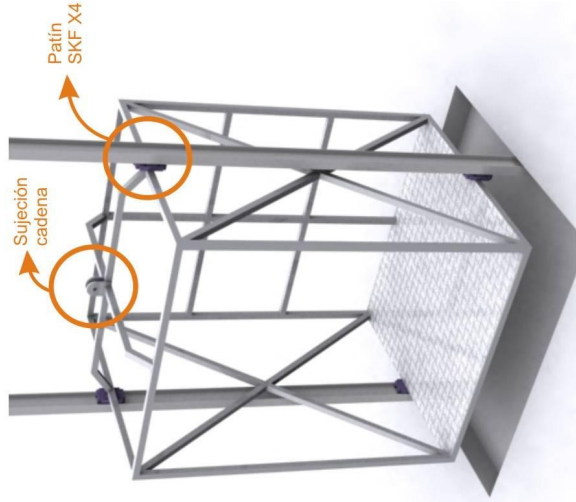


Figura 40. Propuesta de diseño externo 3

➔ **PROPUESTA DE DISEÑO EXTERNO 4:**

Estructura base:.



Especificaciones

Capacidad de carga: 1 a 2 TON
 Medidas generales de la estructura: 1.5X1.5X2m
 Tubería estructural: 40X40X2 mm
 Piso: lamina de alfajor
 Laterales: Ver configuraciones
 Puerta: Tipo ballesta
 Desplazamiento: Patin SKF ref: LRHS 45

Configuraciones:.

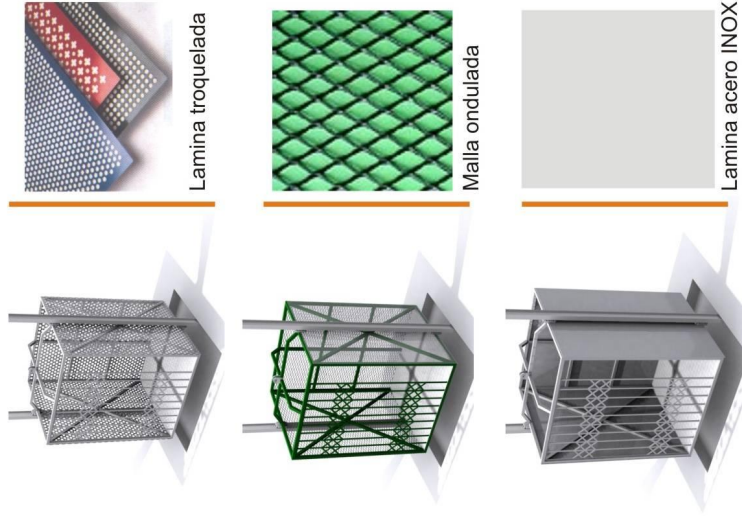
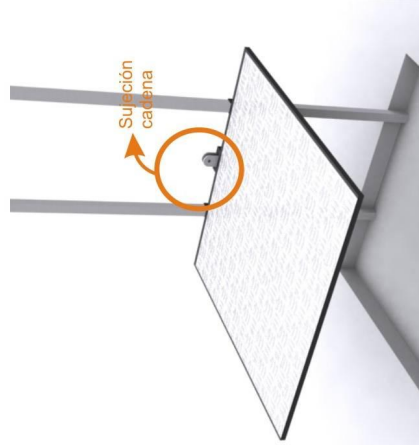


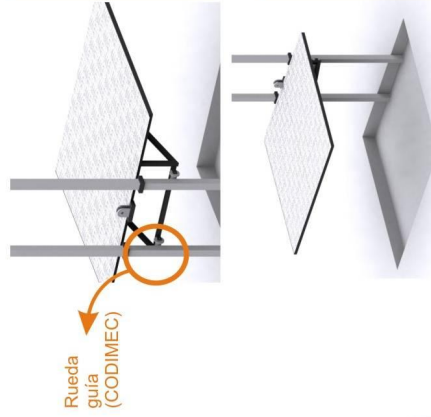
Figura 41. Propuesta de diseño externo 4

➔ **PROPUESTA DE DISEÑO EXTERNO 5:**

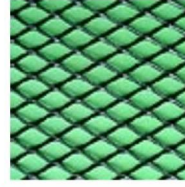
Estructura base:



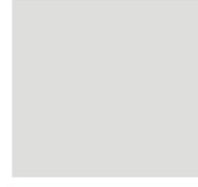
Configuraciones:



Lamina troquelada



Malla ondulada



Lamina acero INOX

Especificaciones

Capacidad de carga:	600 Kg
Medidas generales de la estructura:	2,2X2
Tubería estructural:	40X40X2 mm
Piso:	lamina de alifajor
Laterales:	No Aplica
Puerta:	No Aplica
Desplazamiento:	Rueda guía (CODIMEC)

Figura 42. Propuesta de diseño externo 5

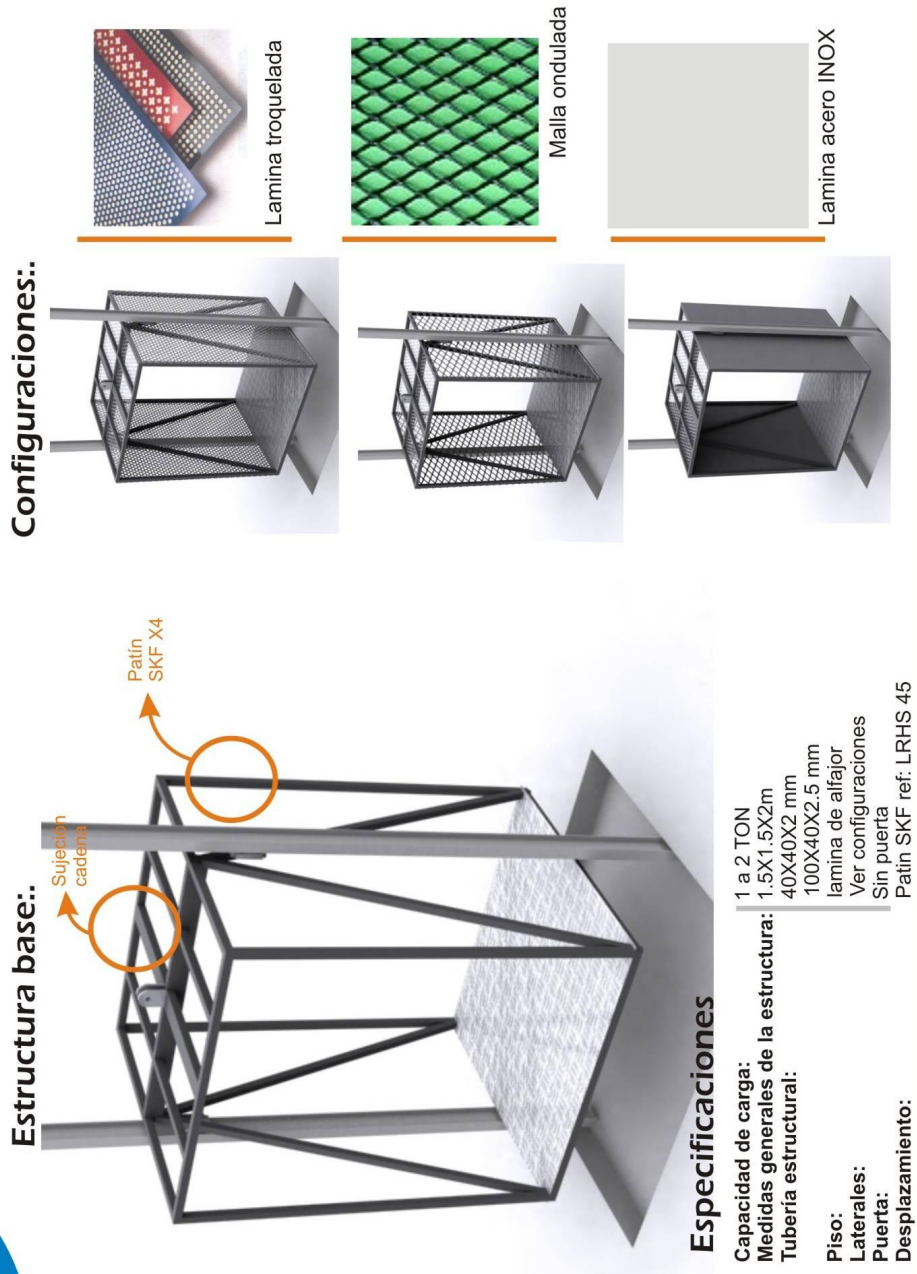
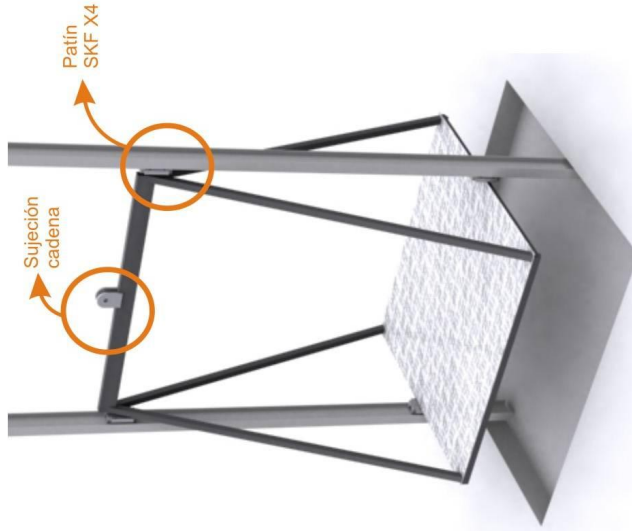


Figura 43. Propuesta de diseño externo 6

PROPUESTA DE DISEÑO EXTERNO 7:

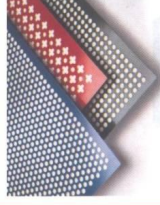
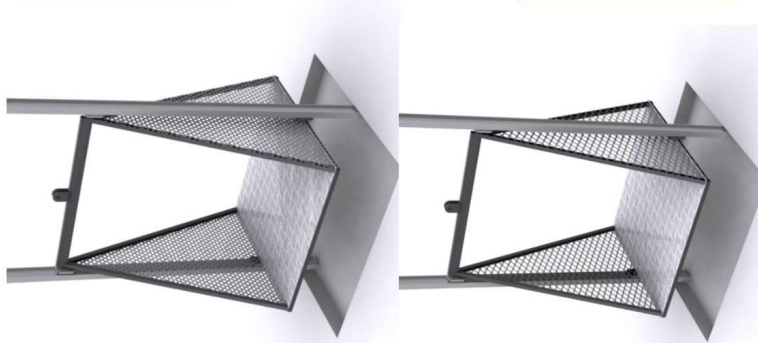
Estructura base:



Especificaciones

- Capacidad de carga: 0.5 a 1 TON
- Medidas generales de la estructura: 1.5X1.5X2m
- Tubería estructural: 40X40X2 mm
- 100X40X2.5 mm
- Piso: lamina de alifajor
- Laterales: Ver configuraciones
- Puerta: Sin puerta
- Desplazamiento: Patin SKF ref: LRHS 45

Configuraciones:



Lamina troquelada



Malla ondulada

Figura 44. Propuesta de diseño externo 7

3.6 ETAPA 6: EVALUACION DE ALTERNATIVAS

3.6.1 MATRIZ EVALUATIVA

A continuación se presenta la evaluación de las propuestas estructurales del elevador, por medio de la calificación de los criterios más relevantes para elegir la propuesta que mejor aplicación de éstos tenga.

En la matriz de evaluación, se analiza si las propuestas cumplen con los requisitos fundamentales de diseño de la estructura.

Tabla 7. Matriz de evaluación de las propuestas de diseño de la estructura del elevador

	Estructura 1	Estructura 2	Estructura 3	Estructura 4	Estructura 5	Estructura 6	Estructura 7
Adecuado espacio para ubicar la carga	+	+	+	+	+	+	+
Fácil acceso al elevador	+	+	+	+	+	+	+
Buen sistema de rodachinas	+	+	+	+	-	+	+
Buen apoyo a las columnas	+	+	+	+	+	+	+
Buen sistema de control	+	+	+	+	+	+	+
Materiales resistentes	+	+	+	+	+	+	+
Resiste el peso para el que fue diseñado	+	+	+	+	+	+	+

Adecuada distribución de las cargas a las que va a ser sometida	-	-	-	-	+	+	+
Flexibilidad de adaptarse a diferentes aplicaciones	-	-	-	-	+	-	+
Adecuada optimización de los calibres de tubería	+	+	+	-	+	+	+
Sumar +	8	8	8	7	9	9	10
Sumar 0	0	0	0	0	1	1	0
sumar -	2	2	2	3	1	1	0
Neto	6	6	7	4	9	9	10
Rango	5	7	6	4	3	2	1
Continuar con la propuesta?	NO	NO	NO	NO	SI	SI	Si

3.6.2 MATRIZ PONDERADA

EVALUACIÓN DEL CONCEPTO

En la siguiente tabla se evalúan las tres propuestas seleccionadas mediante la matriz evaluativa; en esta matriz ponderada se califican los mismos los aspectos, pero por medio de un valor de valor de cumplimiento de cada valor, en donde la que mejor cumpla estos requerimientos será la elegida.

Tabla 8. Matriz ponderada (evaluación de concepto)

	Peso	ESTRUCTURA (5)		ESTRUCTURA (6)		ESTRUCTURA (7)	
		Calificación	Puntuación ponderada	Calificación	Puntuación ponderada	Calificación	Puntuación ponderada
Adecuado espacio para ubicar la carga	%	5	0.5	5	0.5	5	0.5
Fácil acceso al elevador	%	5	0.3	5	0.5	5	0.5
Buen sistema de rodachinas	%	5	0.3	3	0.4	5	0.4
Buen apoyo a las columnas	%	5	0.3	3	0.4	5	0.4
Buen sistema de control	%	5	0.4	5	0.4	5	0.4
Materiales resistentes	%	5	0.5	5	0.5	5	0.5
Resiste el peso para el que fue diseñado	%	5	0.5	5	0.5	5	0.5
Adecuada distribución de las cargas a las que va a ser sometida	%	5	0.5	5	0.5	5	0.5
Flexibilidad de adaptarse a diferentes aplicaciones	%	5	0.5	5	0.5	5	0.5

Adecuada optimización de los calibres de tubería	8%	5	0.5	5	0.5	5	0.5
Puntuación total		4.3		4.7		4.7	
Rango		3		2		1	
Continuar con la propuesta?		SI		NO		SI	

3.6.3 SOLUCIONES FINALES DE LA ESTRUCTURA

Las dos soluciones finales, fueron seleccionadas por medio de las matrices de evaluación anteriores. Las siguientes modelaciones representan las soluciones finales de las estructura sin cerramientos.



Figura 45. Solución final de la estructura 1, sin cerramientos



Figura 46. Solución final de la estructura 2, sin cerramientos

3.6.4 DISEÑO DE DETALLE DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA

En el anexo 3 se presentan los planos de la estructura elegida 1 y 2.

3.7 ETAPA 7: MEJORA DE DETALLES

3.7.3 OPTIMIZACION DE LA ESTRUCTURA

Para esta etapa de la metodología, es necesario el análisis en elementos finitos que se le realizara a las estructuras, por lo que, la mejora de detalles y la optimización de la estructura final, se encuentra en el capítulo 4.

CAPITULO 4. ANALISIS ESTRUCTURAL

4.1 EVALUACION Y COMPARACION DE LAS PROPUESTAS VS EL DISEÑO ACTUAL DE LA EMPRESA, POR MEDIO DE UN ANALISIS DE ELEMENTOS FINITOS

Para evaluar la resistencia de las estructuras propuestas se utilizó el software ANSYS. En este se comparó la resistencia de la estructura que se emplea actualmente en la empresa para los elevadores de carga con respecto a las propuestas planteadas.

Por medio de la realización de este análisis se pretende:

- Identificar los puntos críticos de las estructuras y su comportamiento al aplicarle las cargas.
- Comparar los datos teóricos con los resultados obtenidos para la concentración de esfuerzos.
- Optimizar las estructuras por medio de la reducción de los perfiles de tubería y si es posible dejar solo una referencia de tubería.

4.2 SUPUESTOS:

Para el diseño de la estructura se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- La carga máxima que debe soportar la estructura propuesta 1 es de 2 Ton.
- La carga máxima que debe soportar la estructura propuesta 2 es de 1 Ton.

- Por requerimiento de la empresa se debe tener en cuenta un factor de seguridad de 3, por lo que en ningún punto de la estructura el esfuerzo máximo debe superar los 80GPa.

4.2.1 MATERIAL BASE A UTILIZAR

El material que se emplea para la construcción de la estructura del elevador es un acero estructural, el cual presenta propiedades óptimas para las condiciones de servicio a las que esta sometida, es un material bastante resistente, no es frágil, presenta buena ductilidad a la vez que su resistencia es aceptable.

Por estas razones y por ser un material de fácil adquisición y costos relativamente bajos en el mercado, se fabrica en tubería cuadrada de acero estructural ASTM A36, el cual presenta la composición química y propiedades mecánicas registradas en la Tabla 1:

Tabla 9. Composición química y propiedades mecánicas del acero estructural A36.¹

PROPIEDADES MECANICAS	METRICO	INGLES	COMENTARIOS
Tensile Strength, Ultimate	400 - 550 MPa	58000 - 79800 psi	
Tensile Strength, Yield	250 MPa	36300 psi	
Módulo de Elasticidad	200 GPa	29000 ksi	
Compressive Yield Strength	152 MPa	22000 psi	Allowable compressive strength
Poisson's Ratio	0.26	0.26	
Shear Modulus	79.3 GPa	11500 ksi	

PERFILES DE TUBERÍA QUE USA ACTUALMENTE LA EMPRESA:

Los perfiles de tubería que la empresa CODIMEC LTDA, ha empleado para la construcción de todos sus elevadores son los que se observan en la figura 1,

¹ Tomado de: www.matweb.com

todos son de consecución comercial. En la figura 2 se muestra la distribución de estos perfiles en la estructura. El perfil 1 forma el techo de la estructura, el perfil 2 forma el marco del piso, el perfil 3 forma los 4 párales laterales que le dan altura a la estructura y el perfil 4 es usado para dar soporte lateral y posterior a la estructura, además de servir como apoyo a las láminas de los cerramientos de la estructura.

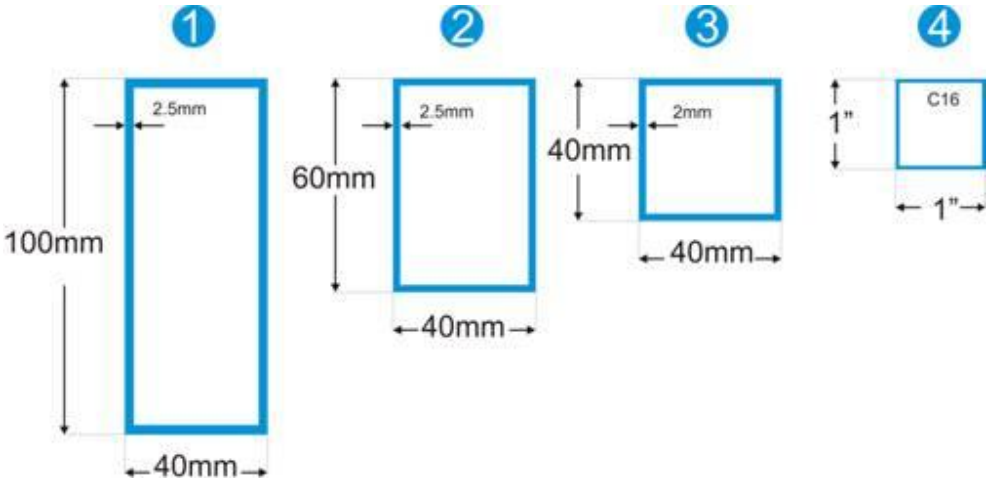


Figura 47. Calibres de tubería de la estructura actual de la empresa

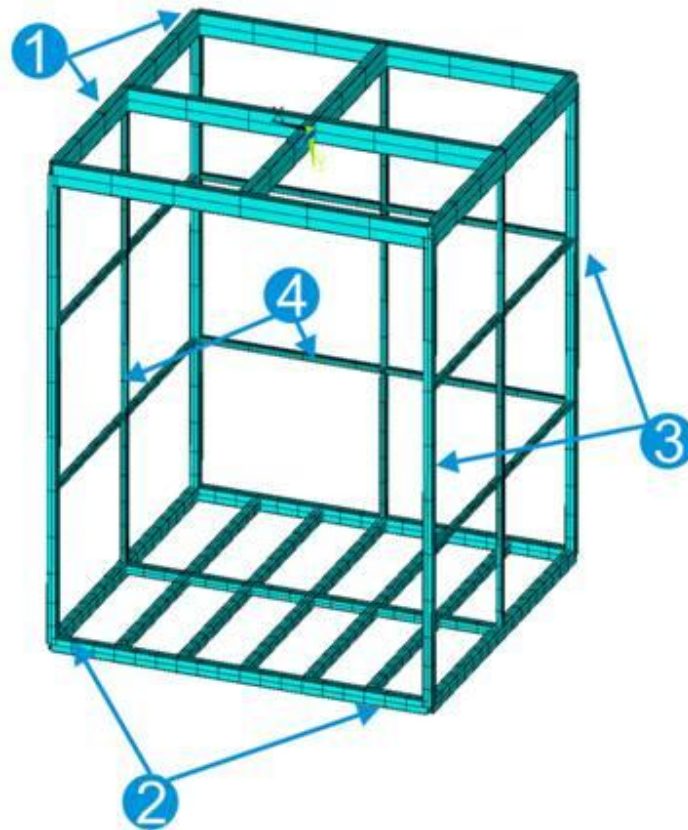


Figura 48. Distribución de los calibres de tubería en la estructura actual de la empresa.

4.2.2 CONDICIONES DE FRONTERA DEL ANALISIS

Para el análisis de las estructuras se modelaron en el programa de elementos finitos las estructuras completas, como se observa en las *figura 3, 4 y 5*; para el análisis de la estructura de la empresa se restringió el movimiento del punto A con respecto a el eje vertical, al eje horizontal, y se restringieron los momentos en todos los ejes, esto con el fin de acercarnos a la realidad, en la forma en la que se comportaría la estructura al ser jalada hacia arriba por el malacate. La fuerza \underline{F} representada por las flechas rojas en la *figura 3* actúa sobre el piso

de la estructura, lo que hace que esta tienda a expandirse en \underline{z} y a contraerse en dirección \underline{x} . Esto mismo aplica para las estructuras propuestas 1 y 2 como se observa en las *figuras 4 y 5*.

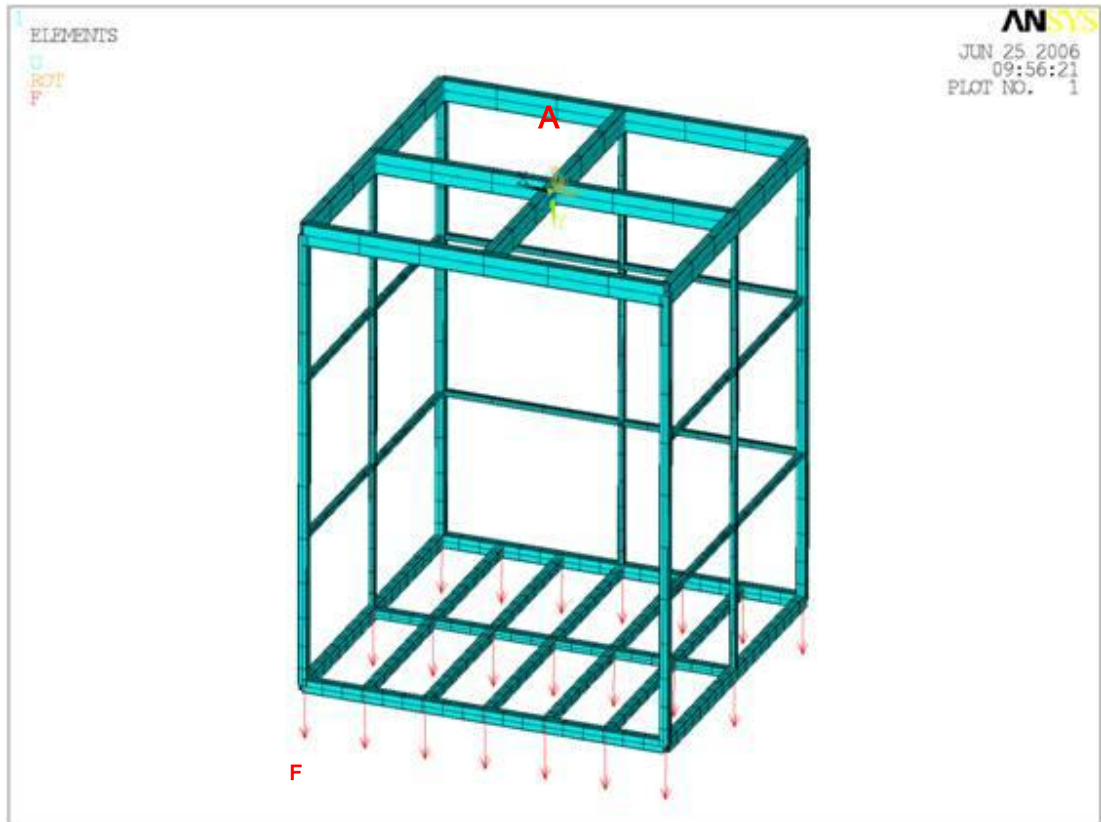


Figura 49. Condiciones de frontera para la estructura de la empresa.

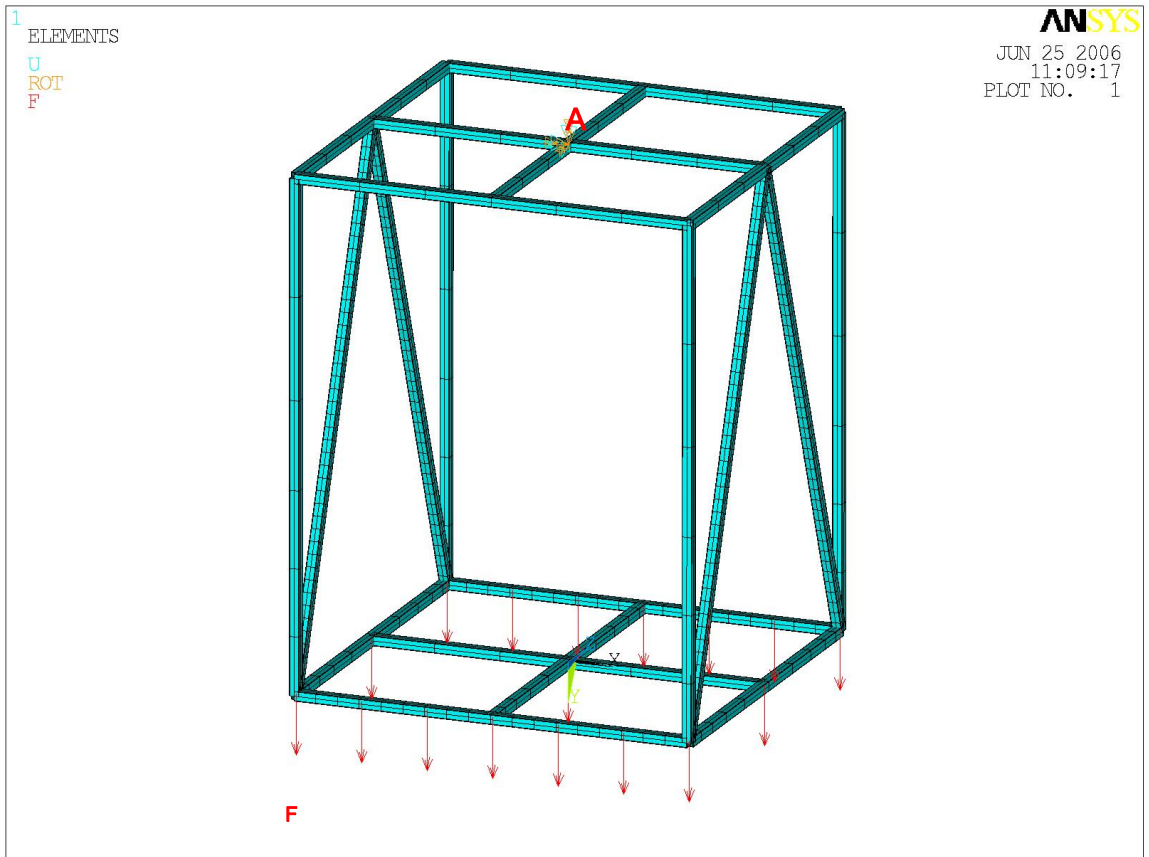


Figura 50. Condiciones de frontera para la estructura propuesta 1.

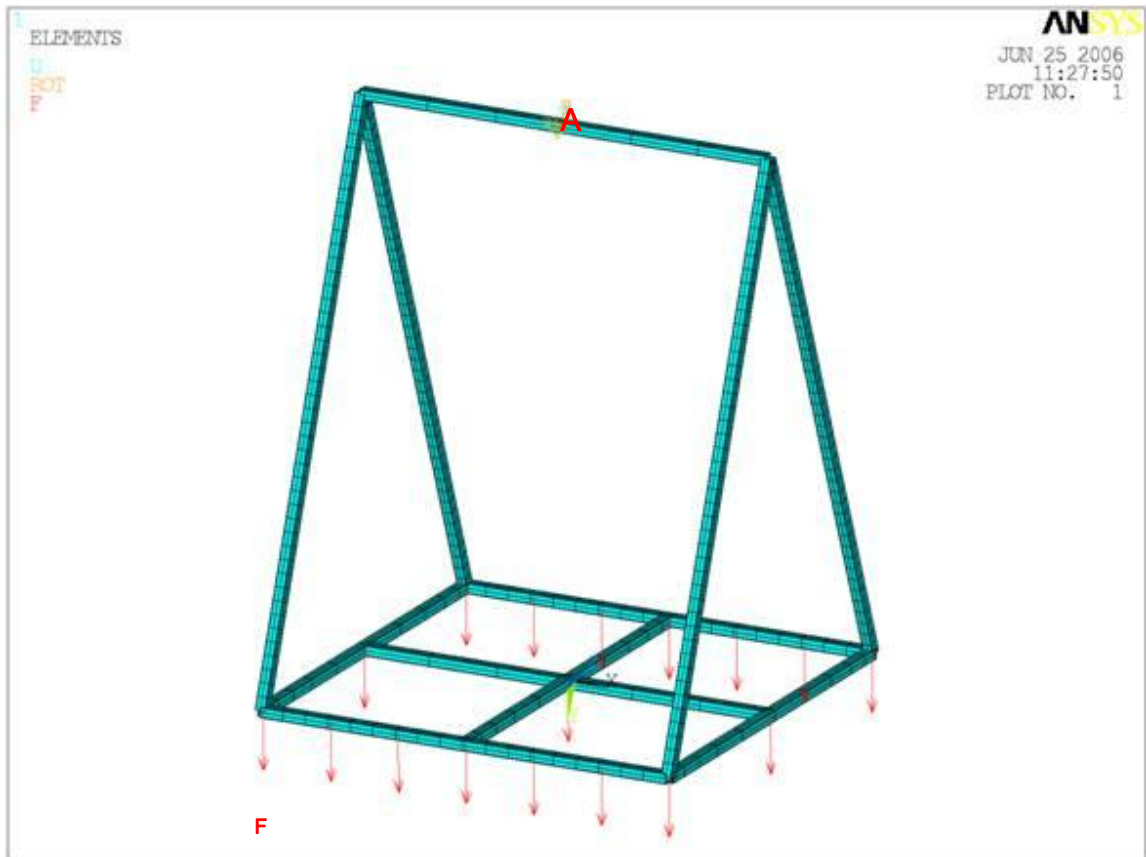


Figura 51. Condiciones de frontera para la estructura propuesta 2.

4.3 ANALISIS DE RESULTADOS

4.3.1 ANALISIS DE LA ESTRUCTURA ACTUAL DE LA EMPRESA

Como se observa en la figura 6, el esfuerzo máximo de 17.882 MPa se presenta en el techo de la estructura, justo donde es jalada la estructura por el malacate, además se observa una concentración de esfuerzos en el lado de la puerta del piso de la cabina de 15.895 MPa. Como el límite de fluencia del material es de 250 MPa y por requerimiento de la empresa se debe utilizar un factor de seguridad de 3, lo que quiere decir que el esfuerzo máximo no debe sobrepasar los 80 MPa en ningún punto de la estructura, se puede observar claramente que la estructura esta sobrediseñada presentando un factor de seguridad de aproximadamente 14.

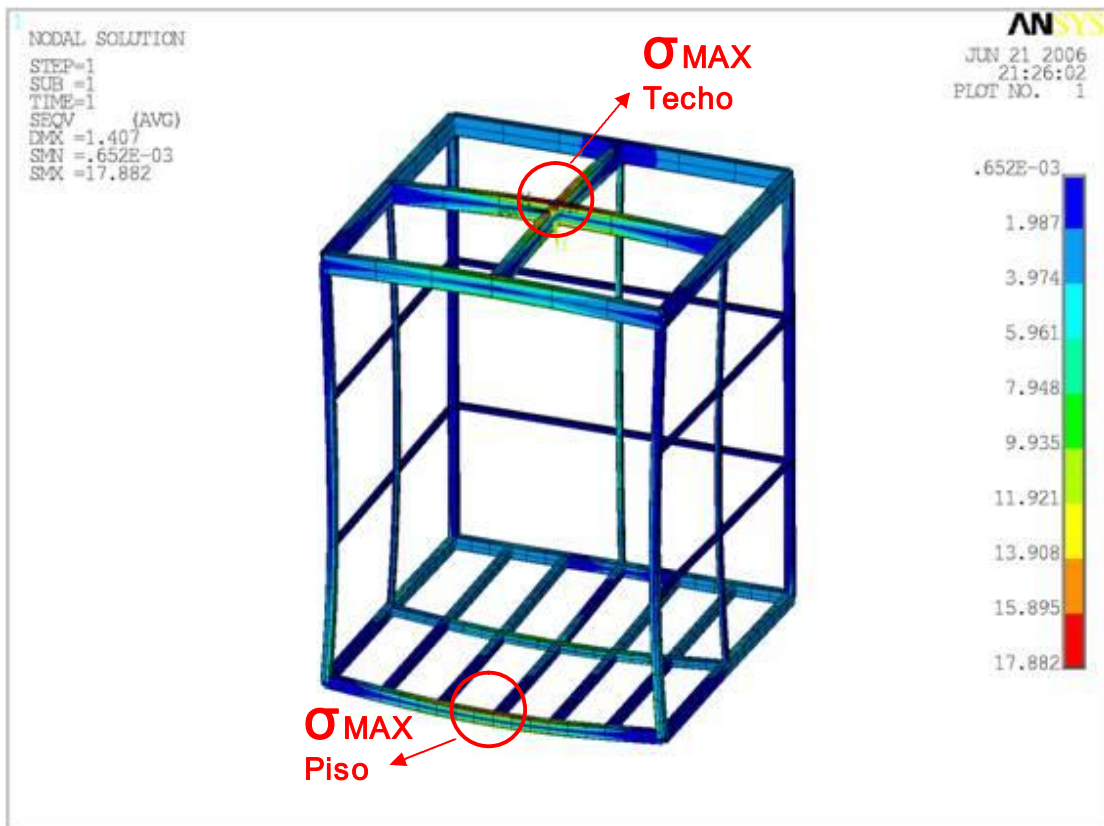


Figura 52. Esfuerzo Von Mises² de la estructura actual de la empresa.

En la figura 7 se observa que el máximo desplazamiento en X que presenta la estructura al ser sometida a las 2 Ton de carga es de 0.47mm, que ocurre justo en los laterales de la estructura desplazándose hacia el centro de la estructura, por lo que se puede afirmar que es un desplazamiento despreciable ya que no afecta para nada el desplazamiento vertical del elevador, por que no hay forma de que se amarre hacia los perfiles que guían las rodachinas.

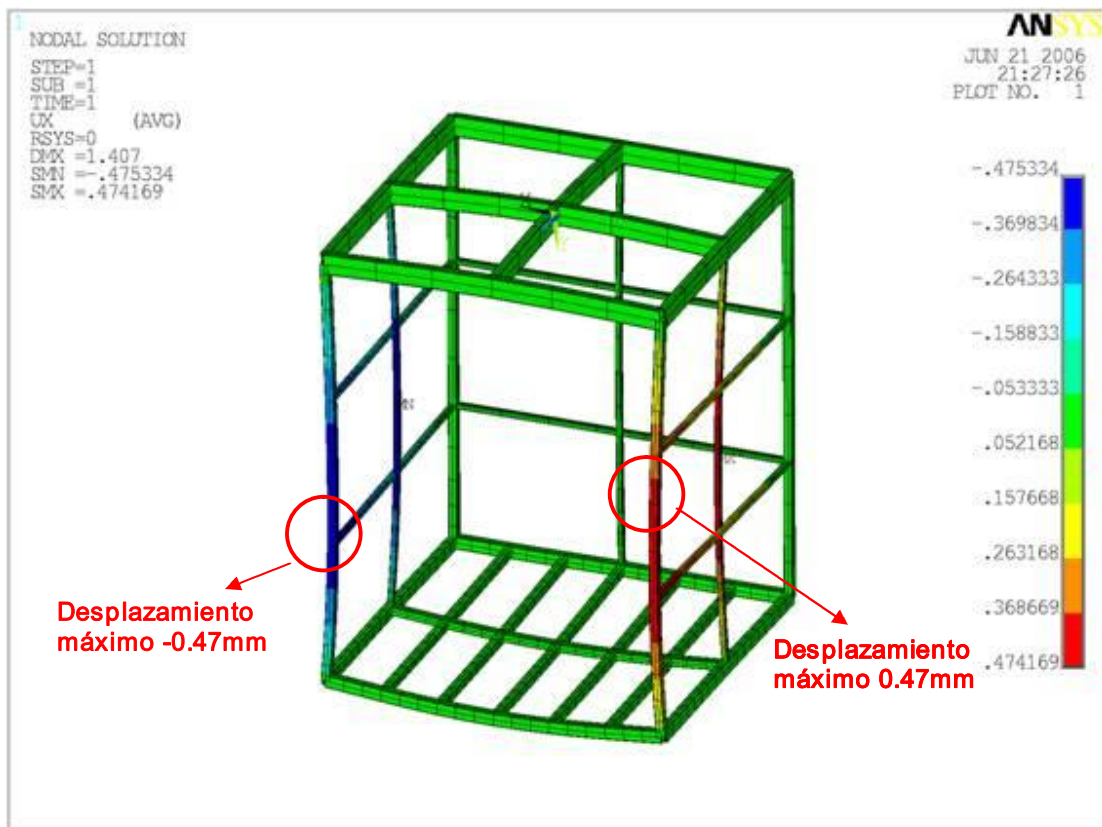


Figura 53. Desplazamientos máximos en X de la estructura actual de la empresa

² Dentro de las teorías de falla para materiales dúctiles existe la teoría de la máxima energía de distorsión, con la cual se indica que un elemento fallará cuando la máxima tensión σ' , llamada tensión de Von Mises, que se establezca en alguno de sus puntos, alcanza la tensión normal de falla S_{fe} que se defina con el mismo material, en ensayos a la tracción simple. Ver anexo 4 para ampliar información.

Los desplazamientos máximos en Y se puede observar en la figura 7, en donde es de suponerse que al no tener soporte la estructura en el lado de la puerta el desplazamiento mayor de 1.363mm este ubicado justo ahí. Este desplazamiento tampoco afecta el desempeño del elevador.

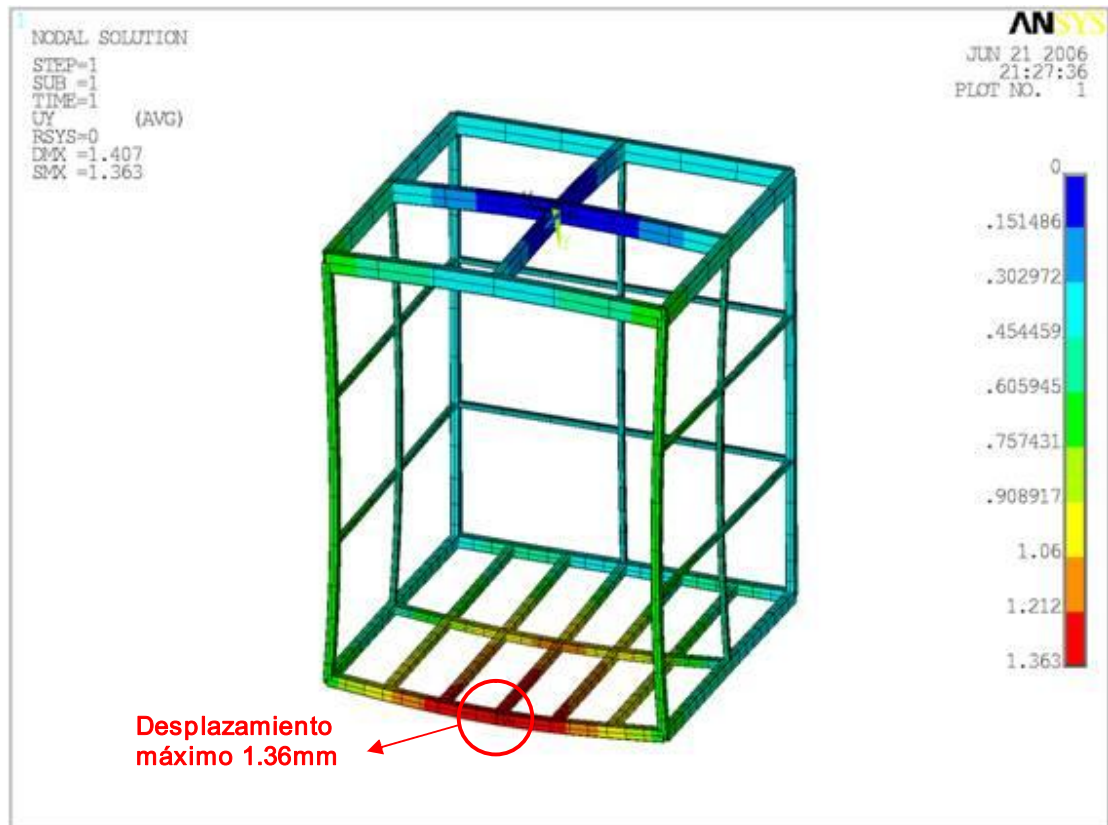


Figura 54. Desplazamiento máximo en Y, de la estructura actual de la empresa

4.3.2 ANALISIS DE LA PROPUESTA 1

Para la realización de este análisis se planteo la optimización de la estructura por medio de una notable reducción en los perfiles de tubería, eliminado 3 de ellos y dejando solo el perfil numero 3 de 40X40 mostrado en la figura 1.

Al igual que en el análisis de la estructura de la empresa, el esfuerzo máximo de 72.137 MPa se presenta en el techo de la estructura en donde esta es jalada por

el malacate, esto puede observarse en la figura 9. Como el esfuerzo máximo no supera los 80 MPa puede afirmarse que esta estructura cumple con el requisito de diseño de un factor de seguridad de 3.

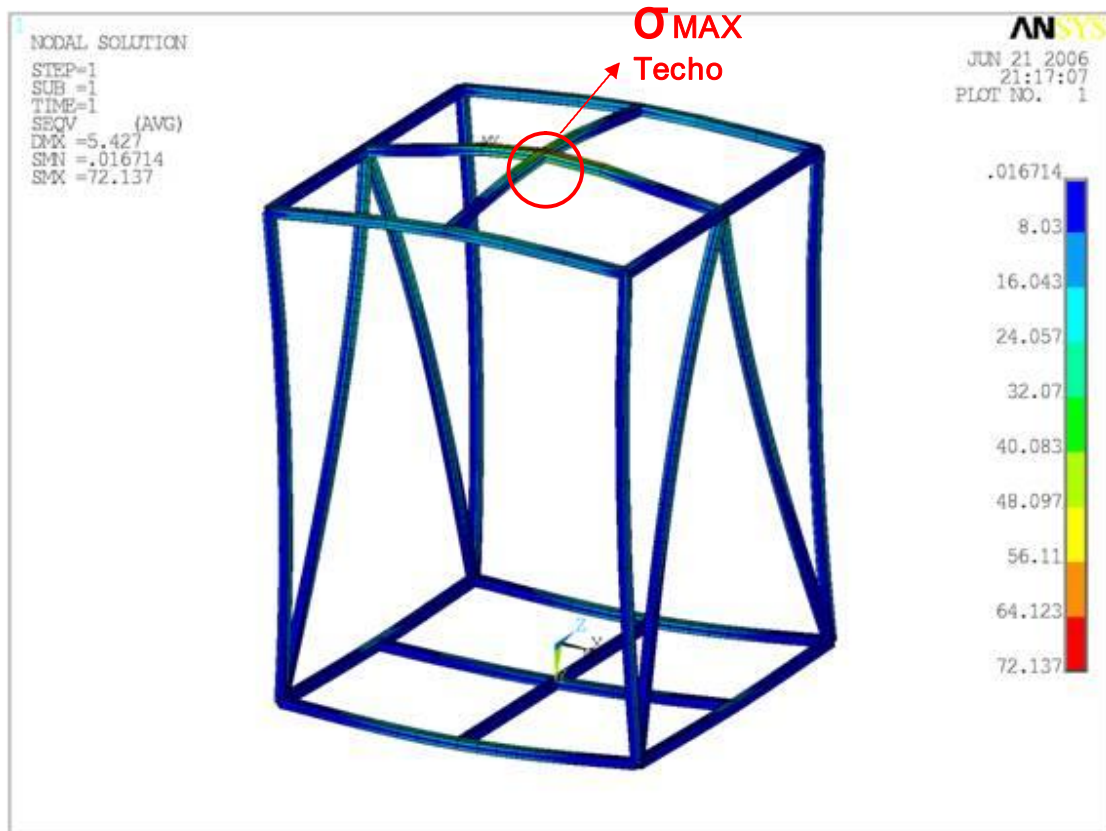


Figura 55. Esfuerzo Von Mises, de la propuesta 1

En la figura 10 se observa que el máximo desplazamiento en X que presenta la estructura al ser sometida a las 2 Ton de carga, es de 1.936mm, y al igual que en el caso de la estructura actual de la empresa esto ocurre justo en los laterales de la estructura desplazándose hacia el centro de la misma, por lo se puede afirmar que es un desplazamiento despreciable ya que no afecta para nada el desplazamiento vertical del elevador, porque no hay forma de que se amarre hacia los perfiles que guían las rodachinas.

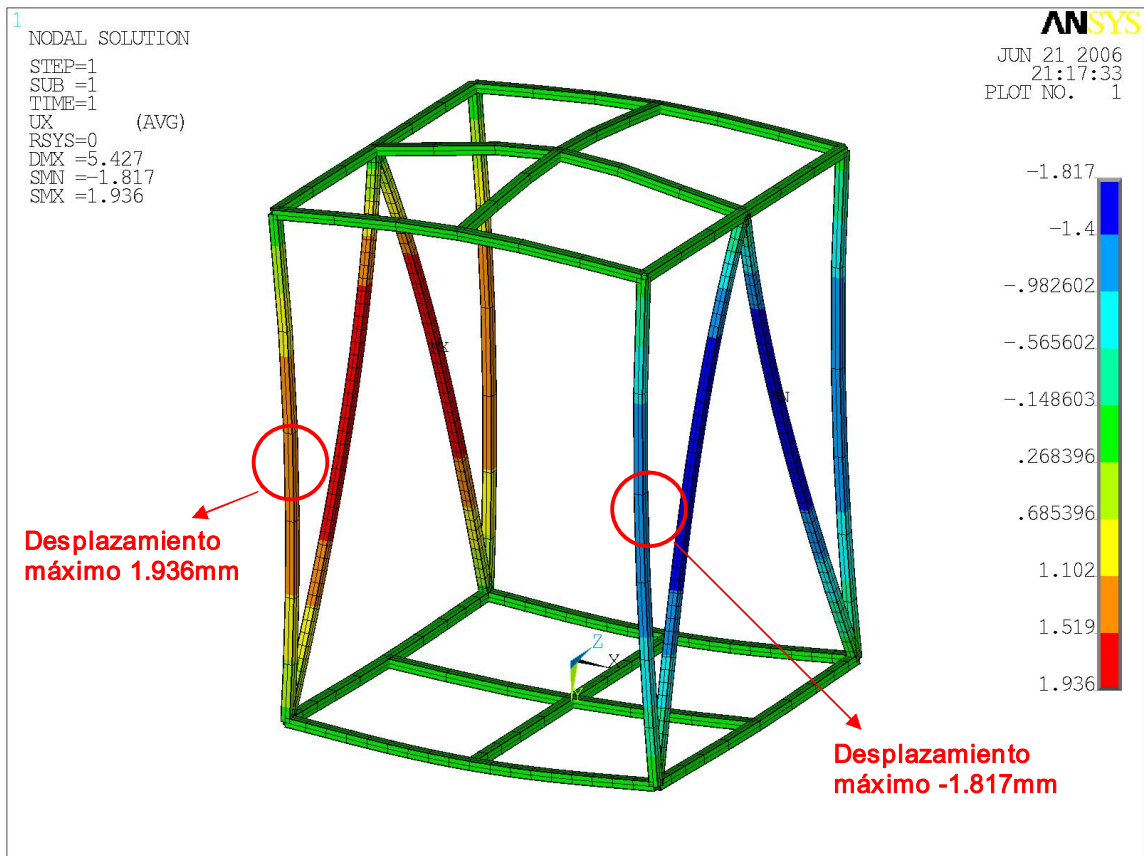


Figura 56. Desplazamiento máximo en X de la estructura propuesta 1

La figura 11 muestra el máximo desplazamiento sobre el eje Y de la estructura propuesta 1, como se observa, éste está ubicado en el piso de la estructura y posee un valor de 5.42mm. Aunque la estructura soporta muy bien los esfuerzos a los que va a ser sometida el desplazamiento máximo sobre el eje vertical hace que haya que replantear el diseño de ésta ya que 5.42mm es un valor muy alto.



Figura 57. Desplazamiento máximo en Y de la estructura propuesta 1

Como se muestra en la figura 11 el desplazamiento máximo de la estructura sobre el eje Y está muy alto por lo que es necesario replantear el diseño de la estructura, Para esto se replantea la adición del perfil 1 (ver figura 1) para reforzar la zona crítica del techo y la adición del perfil 3 en el techo y el piso para reforzar y dar estabilidad a las láminas del cerramiento.

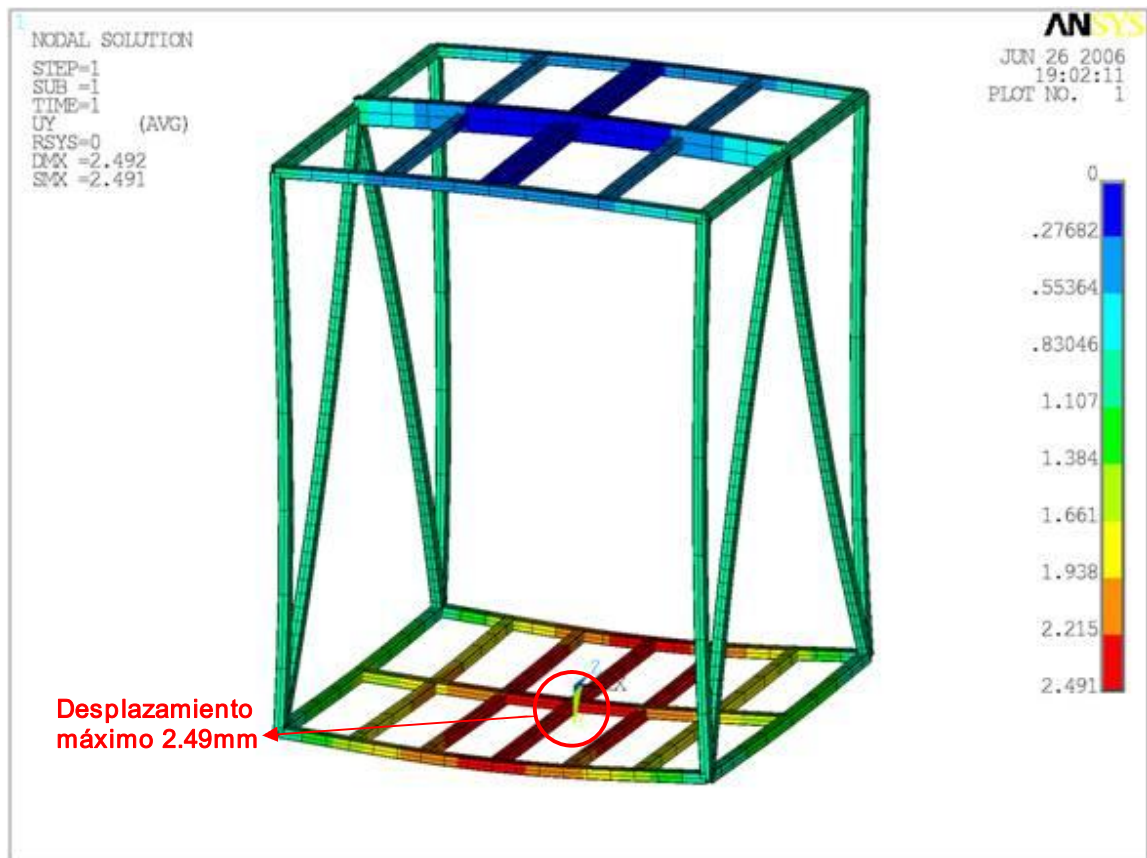


Figura 58. Desplazamiento máximo en Y de la estructura propuesta 1 con la adición del perfil 1 en el techo y el perfil 3 en la base y en el techo

En la figura 12 puede apreciarse que la adición del perfil 1 en el techo y la adición de perfiles 3 en la base y en el techo, ayudan a la estructura dándole la resistencia que se necesitaba, disminuyendo el desplazamiento de 5.42mm a 2.49mm, siendo este último aceptable para la aplicación. Así mismo en la figura 13 se ve la disminución de los esfuerzos de la estructura de 72.137 MPa a 38.075 MPa, esto aumenta el factor de seguridad de 3 a 6.5.

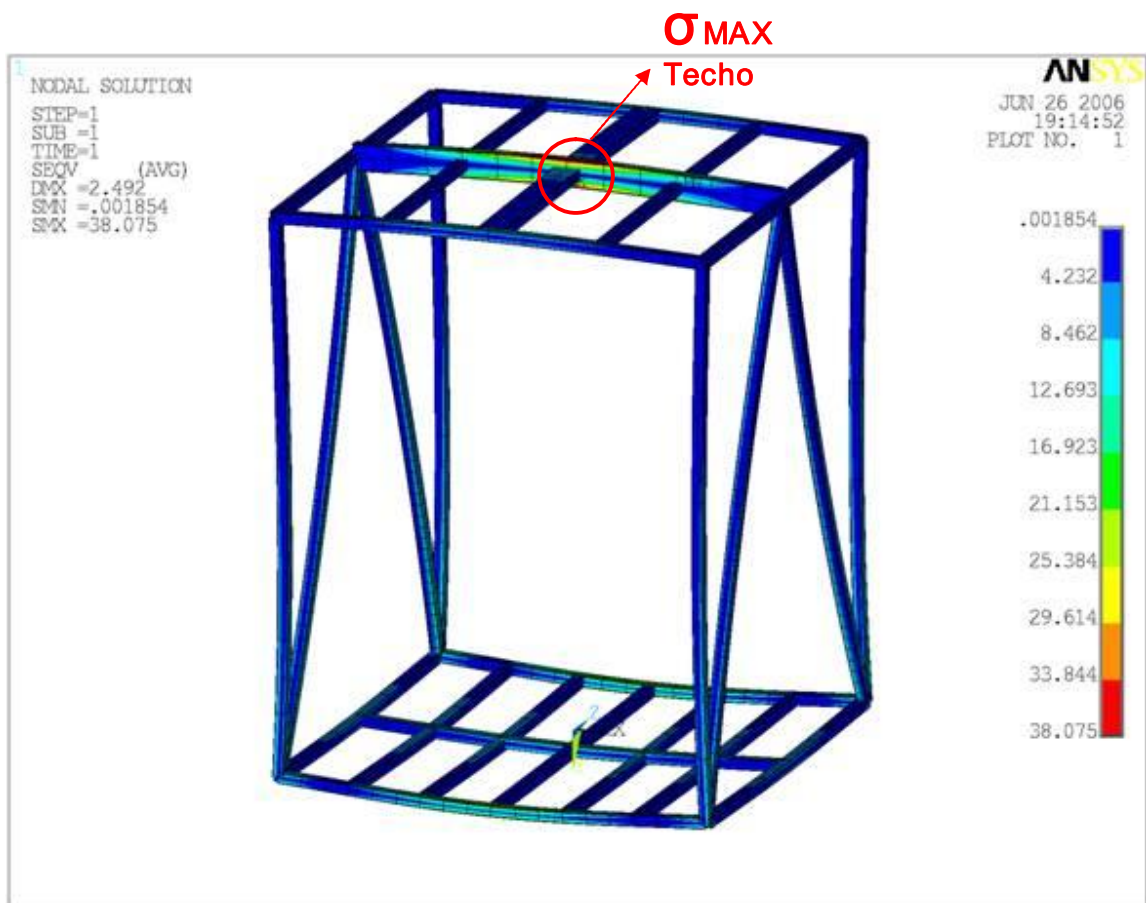


Figura 59. Esfuerzo Von Mises de la estructura 1, con cambio en los perfiles.

4.3.3 ANALISIS DE LA PROPUESTA 2

Al igual que para la propuesta 1 se planteó la optimización de la estructura por medio de la reducción en los perfiles de tubería. Pero como se observa en la figura 16 el desplazamiento de la estructura con respecto al eje vertical de 4.14mm está muy alto y aunque en la estructura el esfuerzo máximo como se ve en la figura 14 es de 56.48 MPa cumpliendo con el requisito de no sobrepasar los 80 MPa se debe replantear la adición de un perfil que disminuya el desplazamiento vertical de la deformación de la estructura.

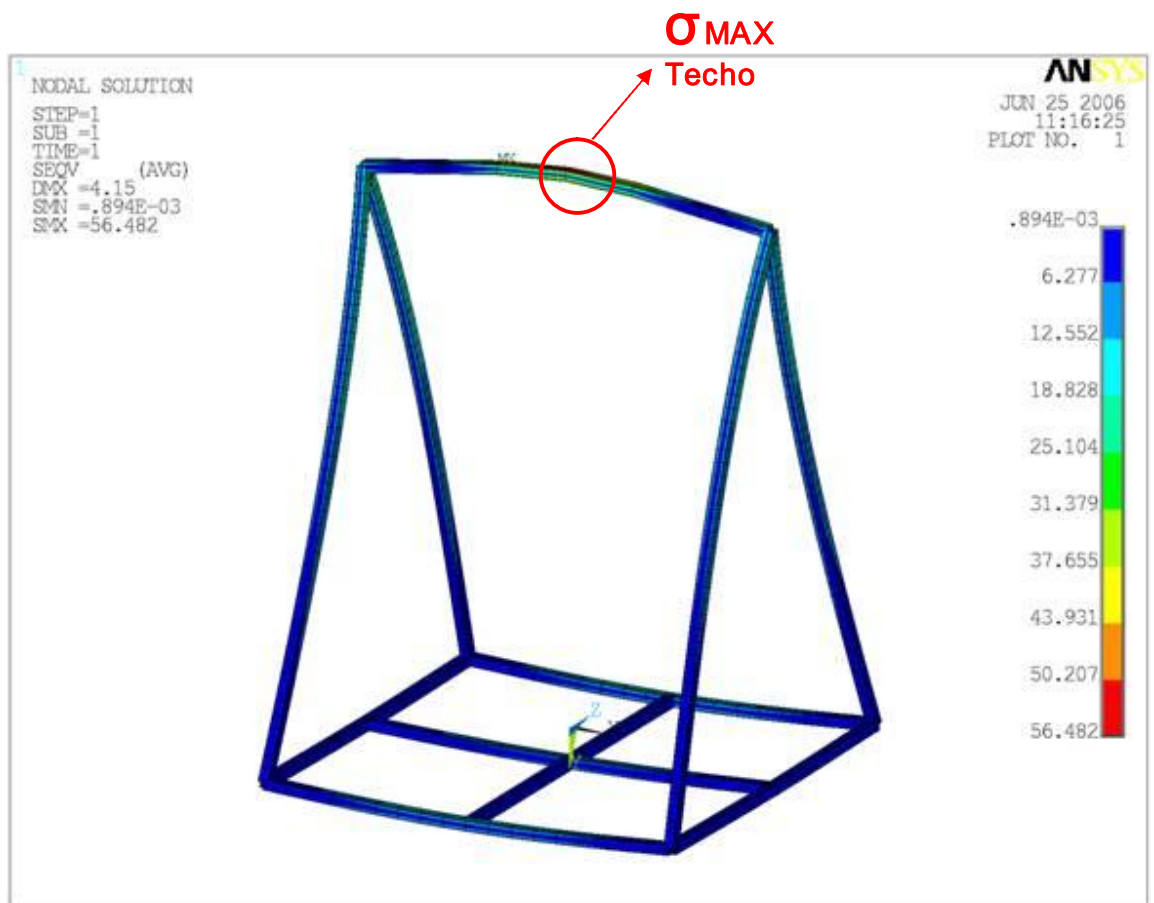


Figura 60. Esfuerzo Von Mises de la propuesta 2.

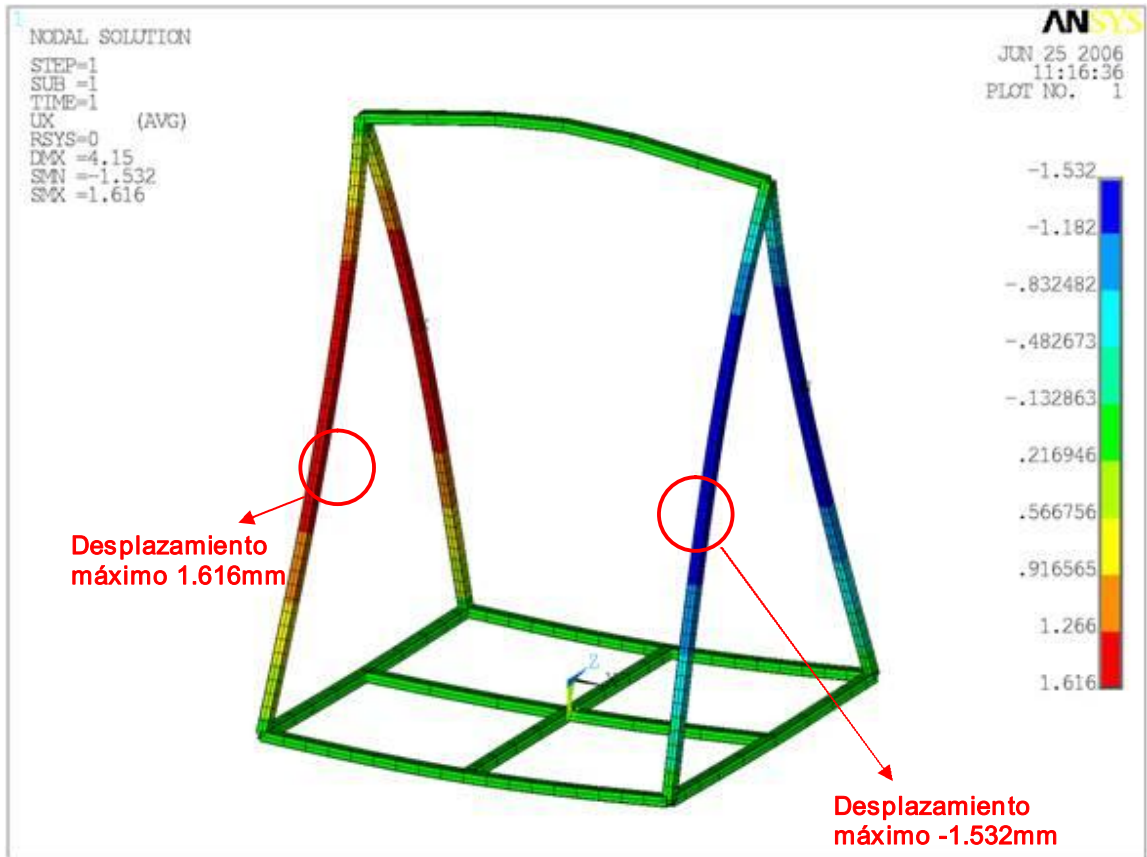


Figura 61. Desplazamiento máximo en X, de la estructura propuesta 2.



Figura 62. Desplazamiento máximo en Y, de la estructura propuesta 2.

En la figura 17 se observa que al igual que en la estructura propuesta 1 la adición del perfil 1 en el techo y la adición de perfiles 3 en la base, ayuda a la estructura dándole la resistencia que se necesita, disminuyendo el desplazamiento de 4.14mm a 1.48mm, siendo este último aceptable para la aplicación. Así mismo en la figura 18 se ve la disminución de los esfuerzos de la estructura de 56.48MPa a 19.737 MPa, haciendo que el aumento en el factor de seguridad sea inevitable.

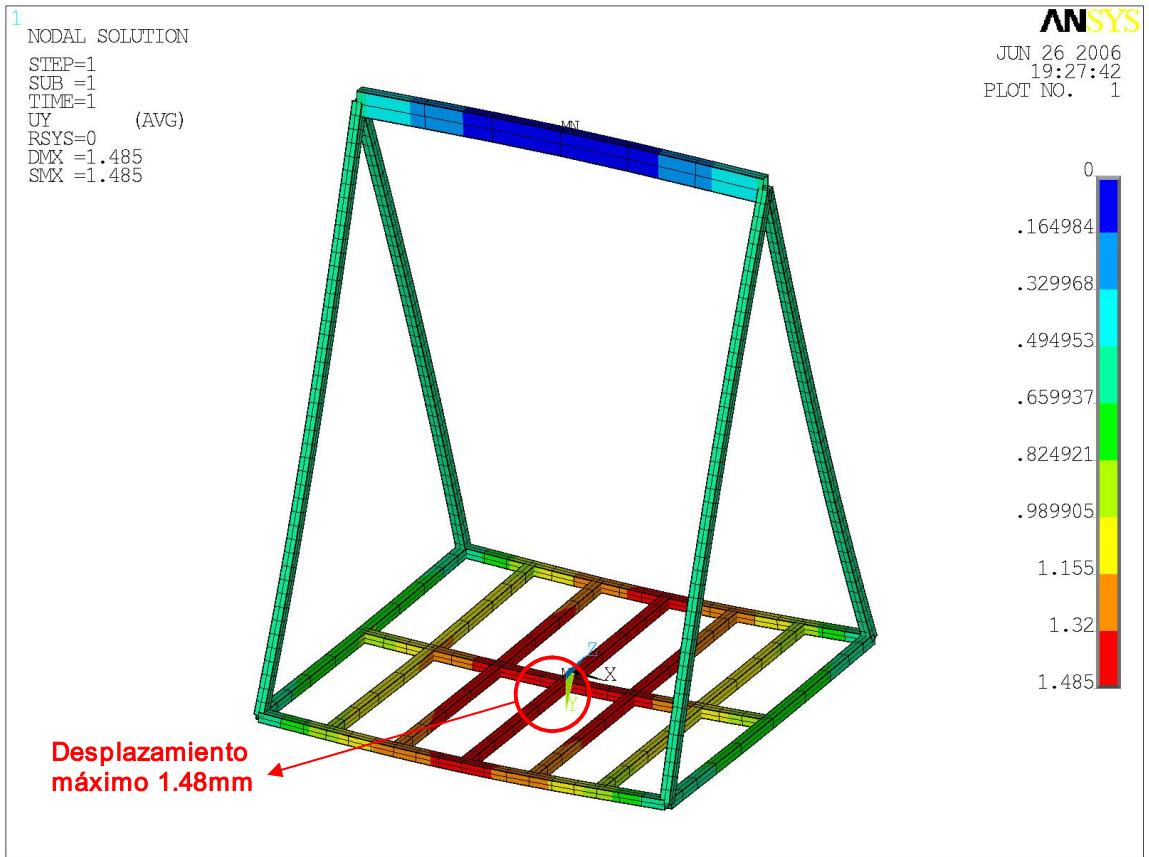


Figura 63. Desplazamiento máximo en Y de la estructura propuesta 2 con la adición del perfil 1 en el techo y el perfil 3 en la base.

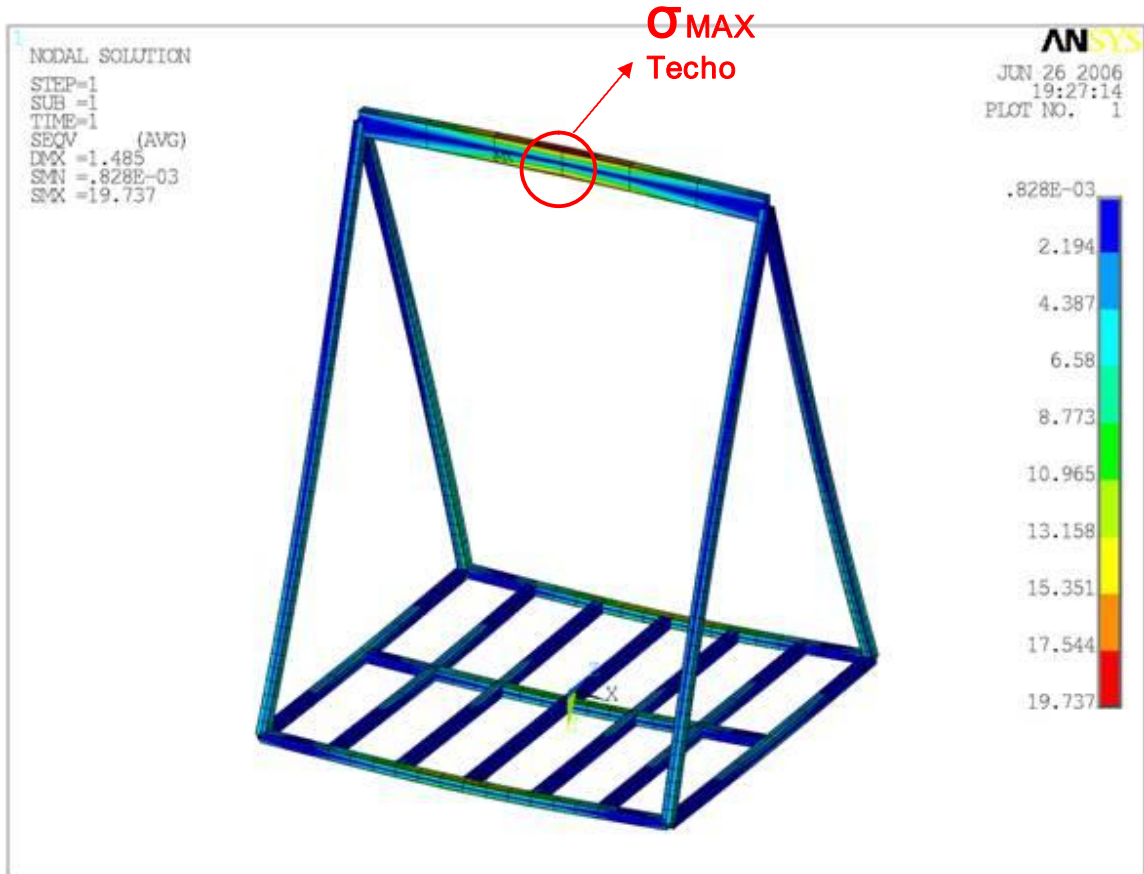


Figura 64. Esfuerzo Von Mises de la estructura 2, con cambios de perfiles.

4.3.4 MEJORA DE DETALLES DE LA ESTRUCTURA

Por medio de los análisis anteriores, se realizaron las mejoras de detalles y las optimizaciones de las estructuras, dando así, por concluida la metodología de diseño aplicada en el capítulo 3.

Las figuras 19 y 20, presentan las modelaciones finales de las estructuras:



Figura 65. Solución final de la estructura 1, optimizada



Figura 66. Solución final de la estructura 2, optimizada

DISEÑO DE DETALLES DE LA ESTRUCTURA

Los anexos 5 y 6 presentan los planos en detalle de las estructuras finales optimizadas.

4.4 PRUEBAS FISICAS A LAS ESTRUCTURAS PROPUESTAS EN LA MAQUINA UNIVERSAL

Para validar los resultados obtenidos en las simulaciones de elementos finitos, se planteó el desarrollo físico de las dos estructuras propuestas en el proyecto y la evaluación de la resistencia de éstas en la máquina Universal que se encuentra en la universidad, con el fin de analizar la similitud de los resultados para confirmar la exactitud de los resultados virtuales con los reales.

Las estructuras se desarrollaron a escala 1:5, porque la máquina de ensayos así lo requería. Estas se hicieron usando varillas calibradas de ¼” ya que al escalar la estructura éstas eran las que mas se aproximaban a los 8mm que se necesitan, la diferencia entre ellas es de 1.65mm por lo que se cree puede generar una diferencia en los resultados, que hay que tener en cuenta.

4.4.1 EVALUACION DE ELEMENTOS FINITOS DE LAS ESTRUCTURAS A ESCALA.

Estructura 1.

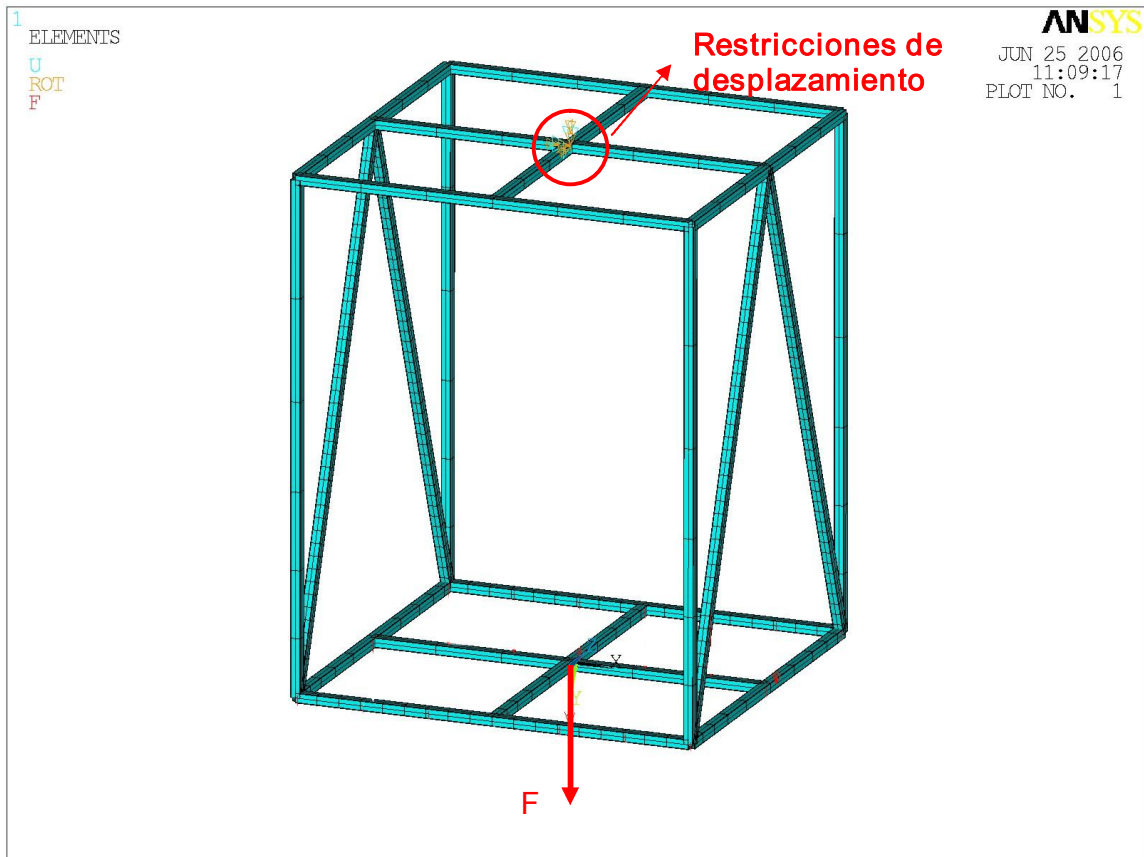


Figura 67. Condiciones de frontera para la estructura propuesta a escala 1.

Para llegar a una aproximación más real y teniendo en cuenta las restricciones de la máquina universal, a la estructura 1 se le aplicó una carga de 200kg sobre toda la mitad del piso y se restringieron los desplazamientos en el techo como se observa en la figura 19. En la figura 20 puede observarse que al aplicarle una carga de 200 Kg a la estructura, el esfuerzo máximo de 126.099 MPa se encuentra, como era de esperarse, en la base y en el techo de la estructura, en el mismo lugar en donde se aplican las cargas y las restricciones de desplazamiento.

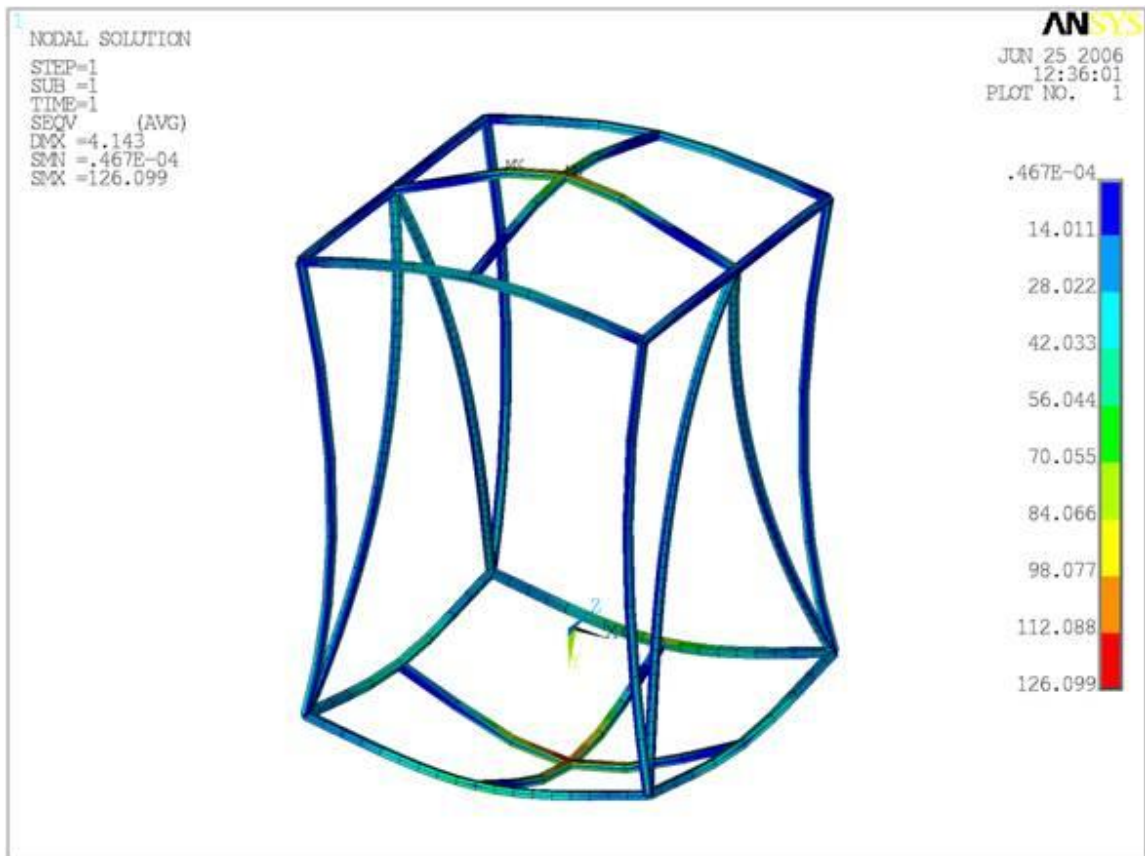


Figura 68. Esfuerzo Von Mises de la estructura a escala 1.

Estructura 2.

En el mismo sentido, la figura 23 nos muestra cómo a la estructura 2 se le aplicó una carga de 100 kg en la base y se restringieron en el techo los desplazamientos y los momentos. Como se observa en la figura 24 el esfuerzo máximo llega a los 98.748 MPa.

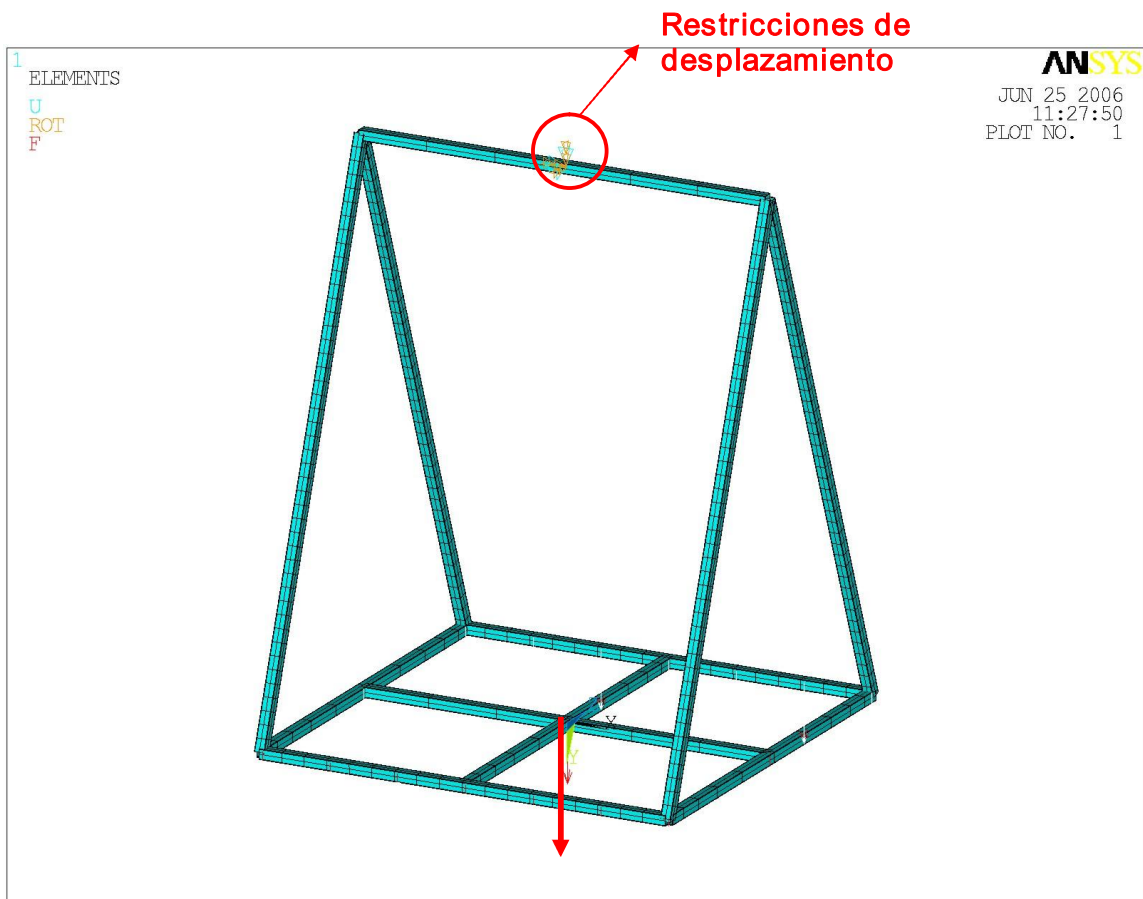


Figura 69. Condiciones de frontera de la estructura a escala 2.

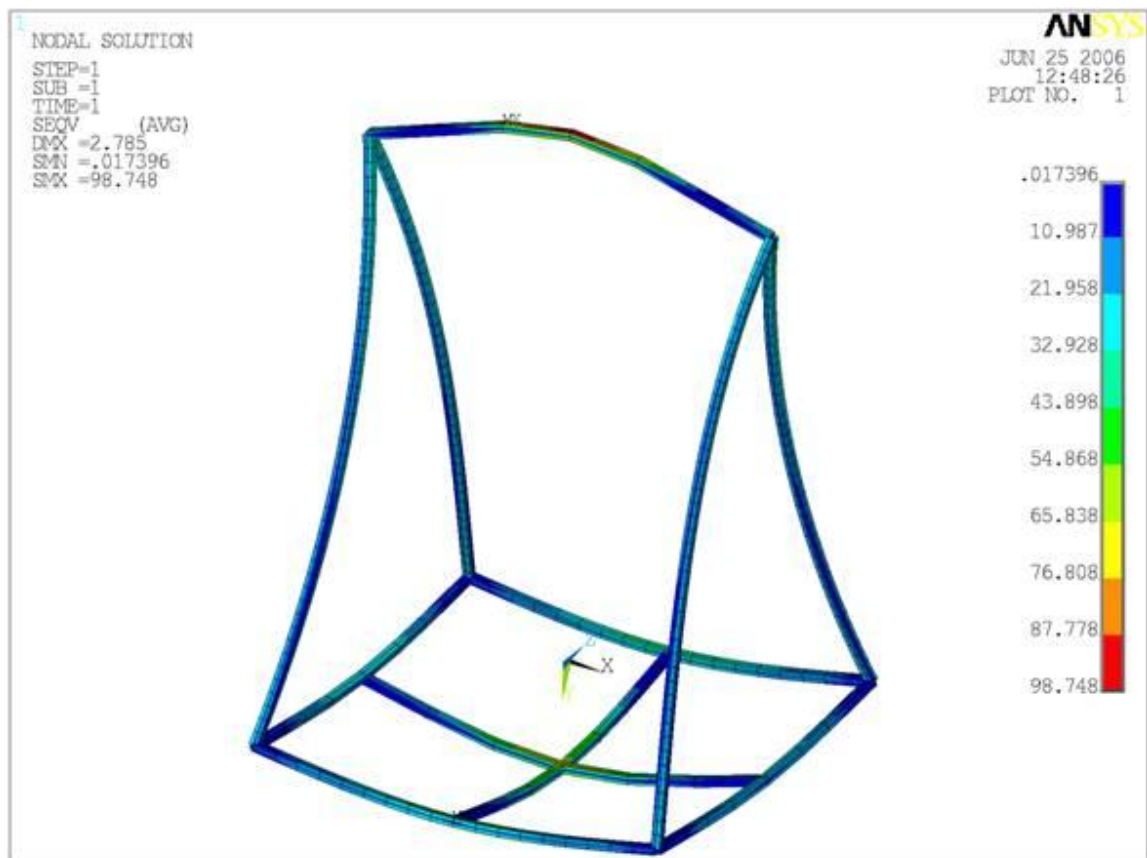


Figura 70. Esfuerzo Von Mises de la estructura a escala 2.

4.4.2 CONSTRUCCION DE LAS ESTRUCTURAS

Para la construcción de los modelos de prueba a escala se tuvieron en cuenta los planos propuestos en los anexos 7 y 8.

Como se observa en los anexos antes mencionados las dos estructuras propuestas se realizaron a escala 1:5, con varilla cuadrada de $\frac{1}{4}$ " en acero 10-20 calibrada; la construcción (figura 25) se realizó en los laboratorios de la universidad.

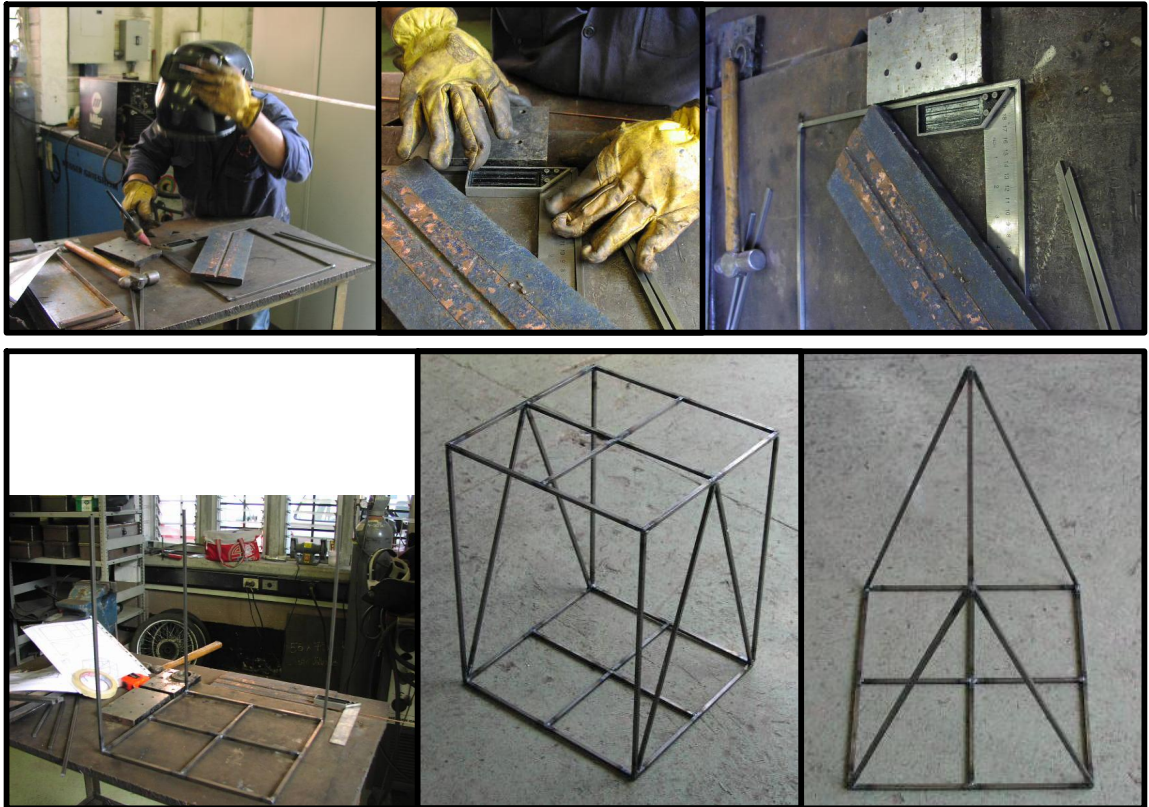


Figura 71. Construcción de los modelos a escala 1:5

4.4.3 REALIZACION DE LAS PRUEBAS

Para poder realizar el montaje en la máquina universal, a las estructuras a escala se les adicionaron 15cm de varilla de $\frac{1}{4}$ ". Estas van ubicadas como se observa en la figura 26 y de éstas va sujeta la estructura al montaje como se observa en las figuras 27 y 28.

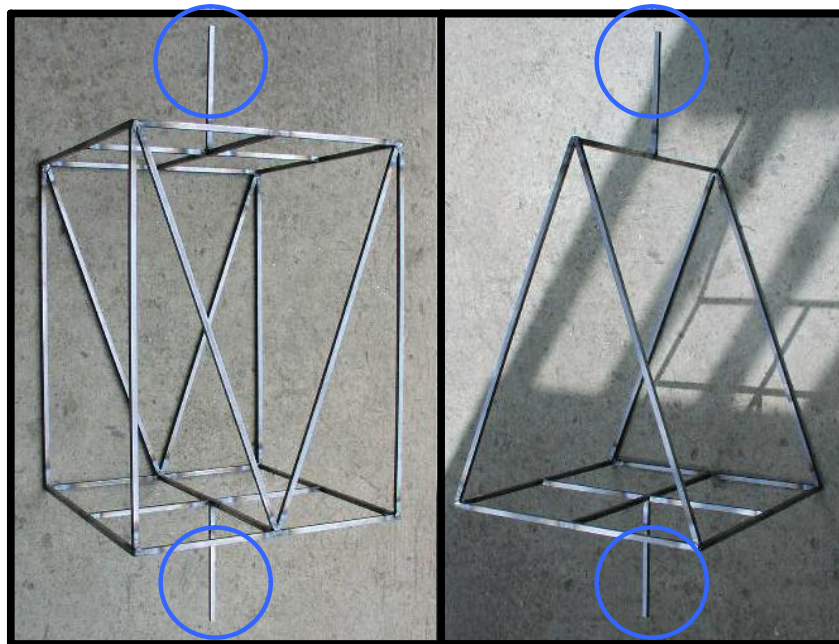


Figura 72. Estructuras listas para la aplicación de la carga

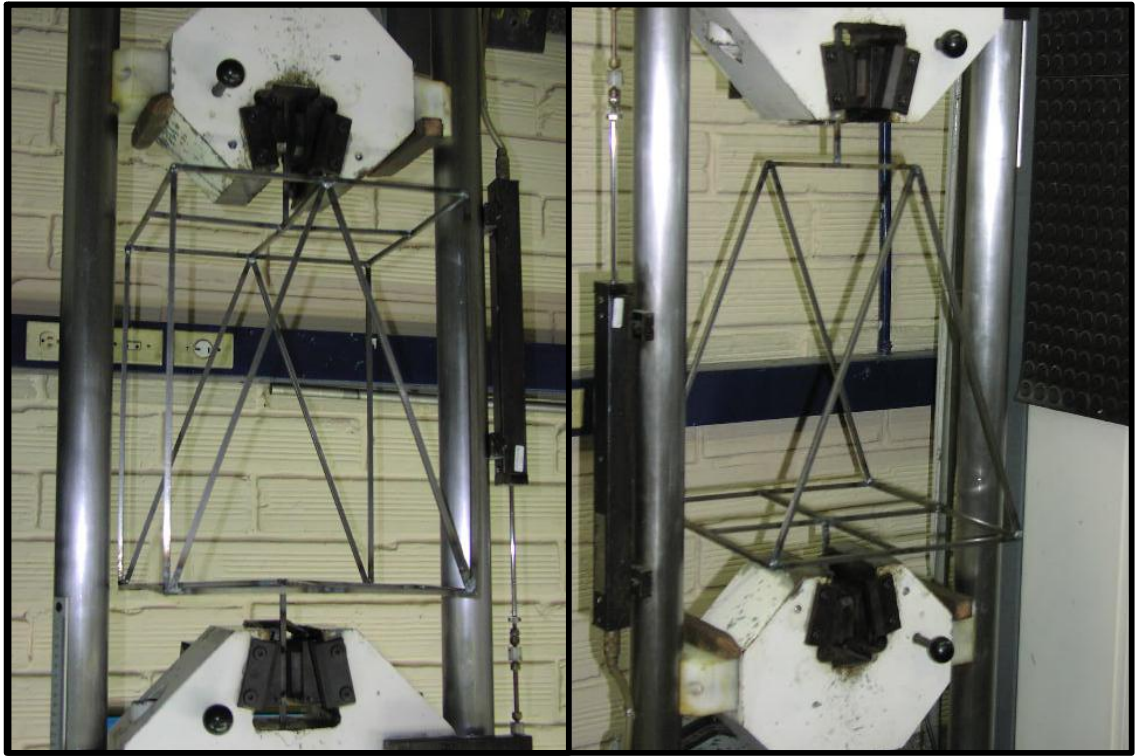


Figura 73. Montaje de las estructura 1 en la máquina universal

Figura 74. Montaje de las estructura 2 en la máquina universal

A la estructura 1, se le aplicó una carga de 1820N, con la cual llego al límite de fluencia³, que como se observa en la tabla 1 es de 250MPa, esto quiere decir que teniendo en cuenta la gravedad de 9.8 m/s^2 , se le aplicó una carga neta de 185.72kg. Así mismo la estructura 2 fue sometida a una carga de 870N (88.77 kg), con la que llegó al límite de fluencia.

³ El límite de fluencia es la zona máxima en la cual el módulo de Young es constante. También es la zona límite a partir de la cual el material se deforma plásticamente.

4.4.4 ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Comparando los resultados obtenidos en el análisis de elementos finitos de las estructuras con respecto a las pruebas hechas en la máquina universal se observa lo siguiente:

Tabla 10. Comparación de los resultados obtenidos en el análisis de elementos finitos de las estructuras con respecto a las pruebas hechas en la máquina universal

	Análisis Elementos Finitos		Ensayo máquina universal	
	Carga máxima aplicada (Kg)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Carga máxima aplicada (Kg)	Esfuerzo Máximo (MPa)
Estructura 1	200	126.099	185.72	250
Estructura 2	100	98.748	88.77	250

Como se aprecia en la tabla 2, existe una diferencia entre los resultados obtenidos en el análisis de elementos finitos con respecto a los obtenidos en la máquina universal. Esto ocurre ya que como se había mencionado anteriormente para la construcción de los modelos de prueba. Se hicieron usando varillas calibradas de $\frac{1}{4}$ " ya que al escalar la estructura éstas eran las que más se aproximaban a los 8mm que se necesitan; la diferencia entre ellas es de 1.65mm. Cabe resaltar que la estructura se hizo toda con el mismo tipo de varilla sin tener en cuenta la optimización hecha anteriormente, en donde se disminuían los desplazamientos sobre el eje vertical al anexarle el perfil de tubería número 1.

5. CAPITULO 5

5.1 DESARROLLO DEL CATALOGO DE PRODUCTOS

Para que la empresa pueda promover y ofrecer de manera eficiente los elevadores de carga, se planteó la creación de un catálogo de elevadores de carga, en donde se presenten imágenes de los elevadores construidos anteriormente por la empresa, y las modelaciones de los nuevos elevadores propuestos por medio de este proyecto.

El desarrollo del catálogo se realizó por medio del uso de los programas Adobe PhotoShop y CorelDRAW y las modelaciones fueron realizadas en Pro-E.

Para la realización del catálogo se tuvo en cuenta la imagen corporativa de la empresa, por lo que se emplearon los mismos colores que han venido utilizando en los catálogos de productos anteriores.

A continuación se presentan las imágenes por páginas del catalogo terminado:

- Página 1, Portada.

Titulo del catálogo, información básica de la empresa, certificaciones y reconocimientos, imágenes de los productos. Créditos del catálogo e información completa de la empresa.



Figura 75. Página 1 del catálogo

- Página 2, presentación

En esta página se encuentra la información sobre las características competitivas de la empresa, y en la primera página se encuentra información grafica de la empresa y una solapa para que puedan anexarse cotizaciones para los clientes.



Figura 76. Página 2 del catálogo

- Página 3, elevadores contruidos

Presentación de los elevadores contruidos anteriormente por la empresa y la información sobre el lugar donde se encuentran.

ELEVADORES CONSTRUIDOS

Elevador Edificio Color's
4 pisos



Elevador
Neustatel, 2 pisos



cerramientos edificio COLCAFE
primer y segundo piso



Elevador edificio COLCAFE
2 pisos, doble puerta



cerramientos

Polipastos marca CM
500 kilogramos - 2 toneladas



Figura 77. Página 3 del catálogo

- Página 4, Propuestas futuras
Presentación e información de las estructuras propuestas por el proyecto, por medio de las modelaciones y propuestas de acabado.

PROPUESTAS

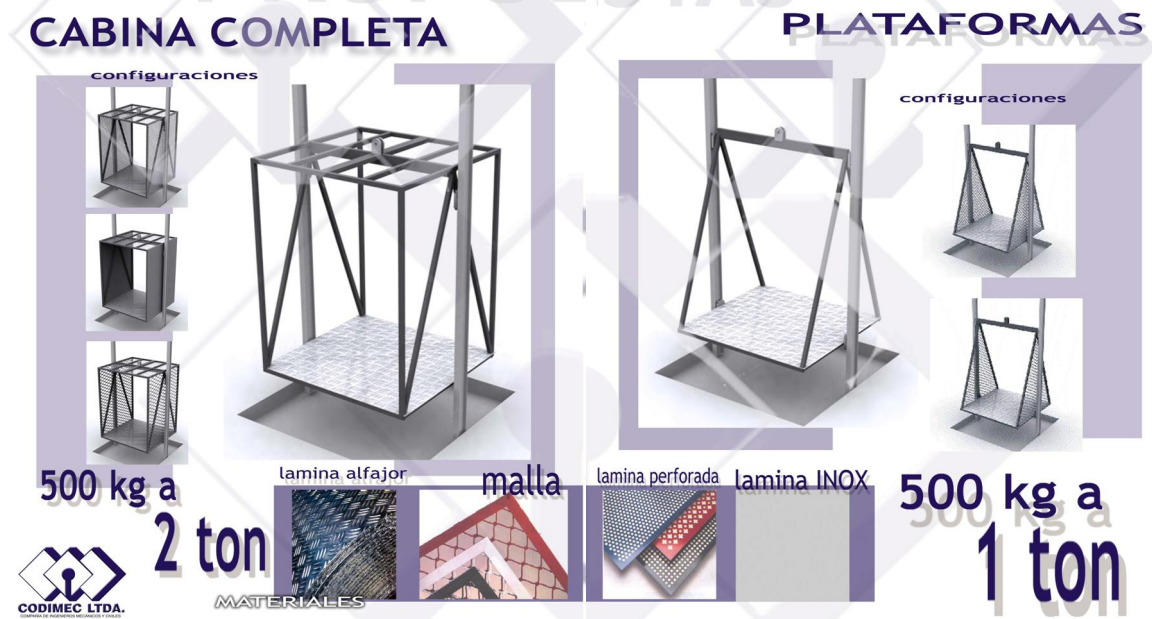


Figura 78. Página 4 del catálogo

5.2 SEÑALIZACIÓN PARA LOS ELEVADORES

Con el fin de estandarizar la señalización de los elevadores, se diseñaron tres tipos de señales, estas señalizaciones permitirán informar al usuario acerca del funcionamiento del elevador y de las precauciones que debe tener al momento de usarse; éstas son:

- Precauciones de uso
- Señalización de ubicación del elevador
- Botonera.

Estos letreros se realizarán en lámina de INOX y la parte gráfica se realizará mediante la técnica de arenado (sandblasting).

- SEÑALIZACION DE UBICACIÓN

Esta señal estará ubicada a un lado del cerramiento, informando que el elevador es exclusivo para carga y el peso máximo que puede transportar.



Figura 79. Señalización de ubicación del elevador

- SEÑALIZACION DE USO DEL ELEVADOR (PRECAUCIONES)

Esta información de precaución estará en las puertas de los cerramientos, ya que es de máxima importancia su visualización. En caso de necesitarse, se puede adicionar información requerida por el usuario o por el lugar de ubicación.

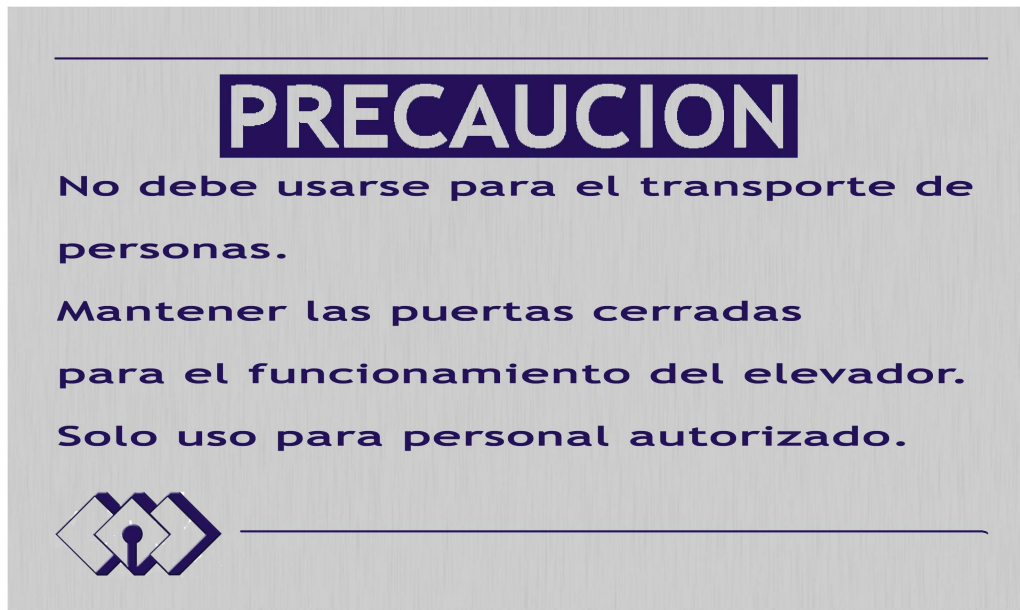


Figura 80. Señalización de precauciones del elevador

- SEÑALIZACION DE BOTONERAS

Cada botón tendrá en la parte inferior la información, esta es la señalización más flexible en cuanto al posible número de botones a utilizar; en la parte inferior solo estará ubicado el logo de la empresa. Las perforaciones en la platina deben encajar con exactitud en los botones y la platina debe ser 1 cm. de distancia mayor en cualquier esquina del soporte de los botones para que éste quede totalmente oculto.

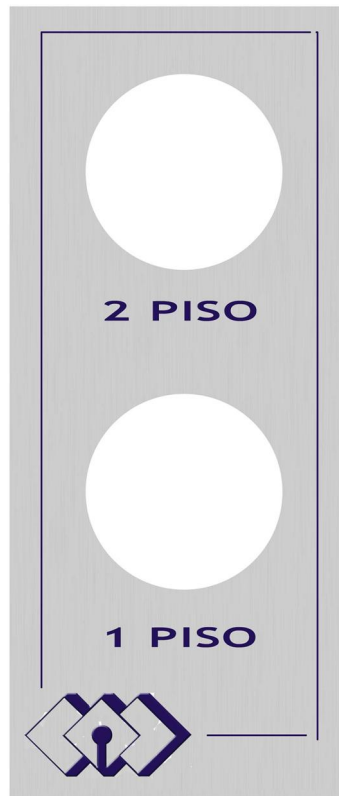


Figura 81. Señalización de botoneras del elevador

5.3 DISEÑO DE LOS CERRAMIENTOS

Para normalizar la construcción de los cerramientos de los elevadores, se propone la utilización de los principales requerimientos de la norma internacional EN 81-1: 1998. (Capítulo 11), para lo cual la empresa deberá tener en cuenta las siguientes restricciones de diseño:

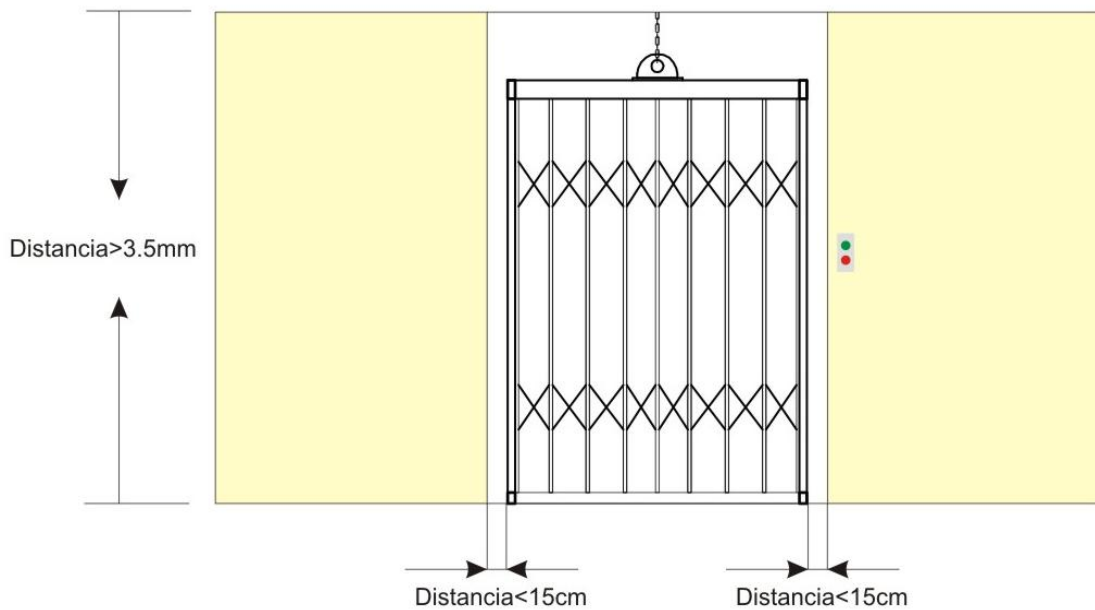


Figura 82. Normalización de la construcción de cerramientos (vista frontal)

La figura 8 es una vista frontal del cerramiento con la cabina, en donde la distancia entre la cabina y el borde de la puerta del foso, no debe exceder los 15 cm de distancia. Así mismo, la altura de la puerta del foso no debe exceder los 3.5 m de altura.

En la figura 9 se presenta una vista lateral del cerramiento y la cabina, en la que se restringen las distancias entre el piso de la cabina y el piso del cerramiento, la cual no debe exceder los 15 mm. En cuanto a la distancia del piso de la cabina contra la pared del foso, debe haber una holgura máxima de 35 mm.

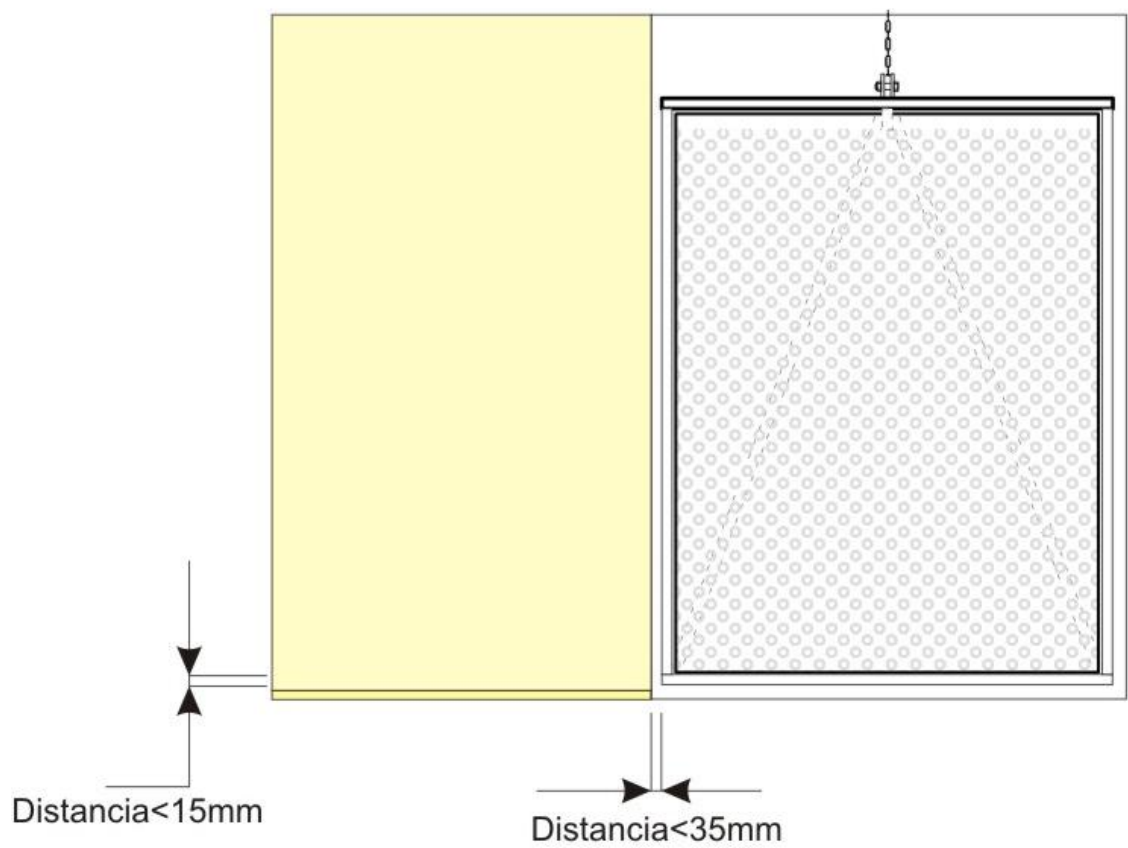


Figura 83. Normalización de la construcción de cerramientos (vista lateral)

La figura 10, presenta las distancias entre el piso y las botoneras, las cuales no deben ser mayor de 1.5 m.

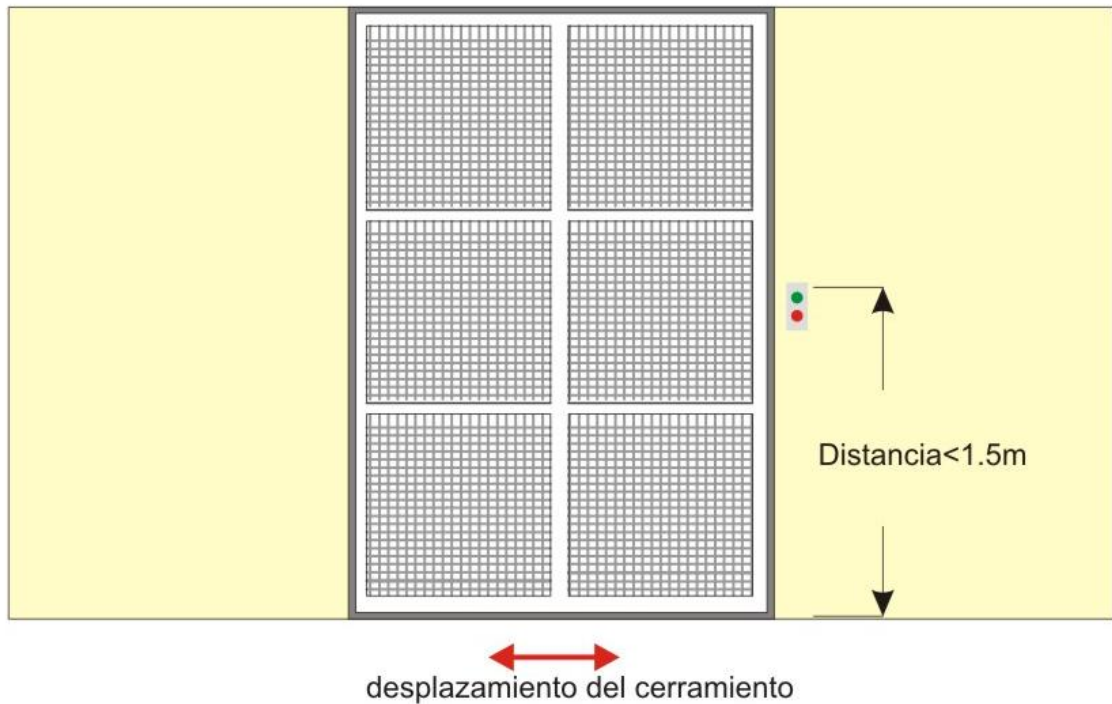


Figura 84. Normalización de la construcción de cerramientos (distancias botoneras)

5.4 TABLA PARA EL CONTROL DE COSTOS DE LOS ELEVADORES

Para que la evaluación de costos sea más efectiva para la empresa, se propone una hoja en excel en donde se analizan los costos de las materias primas compradas y se realiza un seguimiento a los proveedores con el fin de conseguir un seguimiento de los costos de los elevadores, para ser usado en futuros desarrollos.



Figura 85. Formato de relación de costos elevadores de carga

CONCLUSIONES

- Los objetivos planteados son la referencia para estimar hasta que punto se avanzó y la profundidad a la que se llegó con la culminación de este proyecto.
- La investigación realizada gracias a las visitas a las obras antiguas, proporcionó herramientas suficientes para concebir y proponer mejoras a los elevadores y además sirvió de base para plantear las especificaciones de diseño de producto.
- Gracias al análisis de elementos finitos se logró hacer una optimización de la estructura, por medio de la disminución en los perfiles de tubería, facilitando con ello la manufactura de la estructura y por ende los tiempos de producción y entrega de la misma.
- Los prototipos de pruebas construidos, y el análisis de éstos en la máquina universal de la universidad EAFIT, validaron los datos recopilados gracias al análisis de elementos finitos, haciendo que las propuestas de optimización de las estructuras sean las más apropiadas para la construcción y venta de estas en la empresa CODIMEC.
- El desarrollo del catálogo de productos permitirá a la empresa mostrar no sólo los elevadores propuestos por este proyecto sino los elevadores realizados anteriormente, permitiendo al cliente visualizar las opciones de elevadores que la empresa propone para cumplir sus necesidades.

- Se cumplió con el objetivo general del proyecto de diseñar un elevador industrial de carga, y se le dió un valor agregado, ya que éste permitió gracias a su diseño una disminución en los tiempos de producción, generó un aumento de la eficiencia en el diseño de ascensores personalizados y permitió ampliar el portafolio de productos de la empresa.

BIBLIOGRAFIA

- MIRAVETE, Antonio y LARRODE, Emilio. "Transporte Vertical". 1ª edición. España: Editorial Reverte; 1996.
- Aristizabal R, Sergio. Puntos a desarrollar en un trabajo de diseño metódico, Medellín: Universidad EAFIT; 7 Pág.
- NIGEL, Cross. "Métodos de Diseño". Estrategias para el diseño de productos. México, 1999.
- España, (AENOR) asociación española de normalización y certificación. Norma española UNE-EN 81-1: 1998

SITIOS WEB

- <http://www.paginasamarillas.com/clientes/maquinpo/maquinpoe.asp>> [consulta 01/19/06]
- <http://www.empresario.com.co/imeda>> [consulta 01/25/06]
- www.coservicios.com> [consulta 02/18/06]
- www.otis.com/otis> [consulta 01/25/06]
- www.mitsubishicorp.com/en/index.html> [consulta 01/17/06]
- www.orona.es>[consulta 01/17/06]

- www.thyssenkruppelevadores.com>[consulta 01/18/06]
- www.discover.edventures.com>[consulta 05/16/06]
- http://www.otis.com/products/detail/0,1355,CLI15_PRD784_PRT45_PST74_RES1,00.html> [consulta 01/26/06]
- <http://www.fortunecity.com/business/reception/1099/index.htm>> [consulta 03/07/06]
- http://www.otis.com/products/listing/0,1357,CLI15_PRT45_RES1,00.html> [consulta 01/17/06]
- [www.autonics.homestead.com/ fotoceldas.html](http://www.autonics.homestead.com/fotoceldas.html)> [consulta 03/22/06]
- http://es.wikipedia.org/wiki/Controlador_I%C3%B3gico_Programable> [consulta 03/22/06]
- www.lik-sang.com>[consulta 03/22/06]
- www.hobbyengineering.com> [consulta 03/22/06]
- http://www.metricmetal.com/squarebar_cold_sp.htm> [consulta 03/22/06]
- <http://www.grainger.com>> [consulta 03/15/06]
- [www.designmuseum.org/ designersimg/142_5Lg.jpg](http://www.designmuseum.org/designersimg/142_5Lg.jpg) > [consulta 03/15/06]

- www.sermcompany.tripod.com/ > [consulta 03/18/06]
- <http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/fotos/539/elevadores.jpg>> [consulta 02/15/06]
- <http://www.ingeser.com.ar/images/fdo.jpg>> [consulta 02/10/06]
- www.paralift.com.mx/images/compuesta.jpg> [consulta 02/10/06]
- www.hansametal.com/cieseg.htm> [consulta 02/11/06]
- www.grainger.com> [consulta 02/15/06]
- www.linearmotion.skf.com> [consulta 02/15/06]
- www.inserbo.com/imagenes/instrumetal/mimans.jpg> [consulta 02/16/06]
- <http://www.holcim.com/Upload/MX/Publications/SacosCementoPresentacion.jpg>> [consulta 02/16/06]
- http://www.cfttarapaca.cl/carreras1_archivos/soldadura.jpg> [consulta 02/15/06]
- <http://www.electricoferretero.com/images/control2.gif>> [consulta 02/16/06]
- <http://www.sliders.com.mx/images/anibtns.gif>> [consulta 02/15/06]
- www.matweb.com > [consulta 06/02/06]
- http://es.wikipedia.org/wiki/L%C3%ADmite_de_fluencia >

[consulta 06/02/06]

- http://en.wikipedia.org/wiki/Von_Mises_stress > [consulta 06/02/06]
- España, (AENOR) asociación española de normalización y certificación.
Norma española UNE-EN 81-1: 1998

ANEXOS

ANEXO 1. LICENCIAS OTORGADAS POR CURADURÍAS (2002 – 2005)

En la ciudad de Medellín, se han adjudicado licencias por concepto de construcción de bodegas dentro de la ciudad, de 10.590 mt², en el año 2002, 20.356 mt² en el 2003 y 11.531 mt² en el 2004 y lo corrido del año en curso; lo que demuestra el aprovechamiento cada vez mayor de los espacios en forma vertical.

Licencias Otorgadas por Curadurías Años 2002-2005		
Dirección	M ² Bodegas	Año
DG 64E 67 180	7.302	2002
CR 48 41 93	20	2002
CL 43 83 27	175	2002
CR 10EST 7C 83	224	2002
CR 44 44 34	260	2002
CL 44 80 55	233	2002
CL 57 42 89	77	2002
CL 31 44 121	336	2002
CL 62 56A 50	946	2002
CL 10SUR 52 133	324	2002
CL 8SUR 50 67	102	2002
CR 91B 77DD 13	138	2002
CR 64C 104 3	453	2002
CR 51 10BS 76	541	2003
CR 48A 85 108	0	2003
CL 35 79 17	1.730	2003
CR 73A 94 95	682	2003
CL 73 67 13	157	2003
CL 17 43 173	65	2003

CR 52 9 33	181	2003
CL 64 56A 40	1.829	2003
CL 25 57 40	1.153	2003
CR 53 45 44	470	2003
CL 49 83 34	426	2003
CR 51 5AS 20	1.020	2003
CR 44 44 42	115	2003
CL 10SUR 50FF 47	197	2003
CR 51 10BS 20	606	2003
CR 50E 10S 179	941	2003
CR 50 6S 81	3047	2003
CL 10 ESTE 7C 83	682	2003
CR 50 25 103	399	2003
CL 10 52 133	590	2003
CL 10 SUR 50FF 47	30	2003
CR 48 34 50	246	2003
CR 51 10B SUR 07	966	2003
CL 14 52A 245	635	2003
CR 50 2 SUR 251	528	2003
CR 51 13 198	3.120	2003
CL 29A 52 120	2.685	2004
CL 18 65B 17	98	2004
CL 16 45 72	779	2004
CR 50G 10BSur 50 y 12Sur LOTE	3.010	2004
CR 55 45A 17	393	2004
CL 13Sur 51C 25	1.240	2004
CL 25 44 56	380	2004
CL 64C 104 3	1.021	2005
CR 56B 49 77	1.109	2005
CL 48 53 53	470	2005
CL 49 39 38	346	2005

Fuente. Planeación Municipal, Grupo OSMI.

ANEXO 2. TABLA DE ESPECIFICACIONES DE LOS ASCENSORES REALIZADOS POR CODIMEC.

Nombre del proyecto	Año	Especificaciones del elevador	Polipasto	Características	Costo
Elevador Icolpan	1999	Dimensiones de cabina: 1.50mX150mX2m Capacidd: 500KG	Marca CM12metros	Cerramiento en maya ondulada de 2"C10. Piso en lamina de alfajor	\$ 8.500.000,00
Elevador Neustatel	2004	Dimensiones de cabina: 1.50mX150MX2M Capacidd: 500KG	Marca CM12metros	Cerramiento en maya ondulada de 2"C10. Piso en lamina de alfajor	\$ 24.000.000,00
Colors	2005	Dimensiones de cabina: 1.50mX150mX2m Capacidd: 500KG	Marca CM 6metros	Cerramiento en lamina perforada CR Piso en lamina de alfajor	\$ 24.000.000,00
Colcafe	2004	Dimensiones de cabina: 1.50mX150mX2m Capacidd: 500KG	Marca CM12metros	Cerramiento en lamina perforada INOX Piso en aluminio Grabado	\$ 18.000.000,00
Sin nombre	2004	Dimensiones de cabina: 1.50mX150MX2M Capacidd: 500KG	Marca CM12metros	Cerramiento en maya ondulada de 2"C10. Piso en lamina de alfajor	\$ 12.000.000,00
Sin nombre	2004	Dimensiones de cabina: 1.mX1mX2m Capacidd: 250KG	Marca CM12metros	Cerramiento en maya ondulada de 2"C10. Piso en lamina de alfajor	\$ 10.000.000,00

Anexo 3. DISEÑO DE DETALLE DE LA ALTERNATIVA ELEGIDA

Anexo 4. TEORÍA DE FALLA PARA MATERIALES DÚCTILES

- Tomado de http://en.wikipedia.org/wiki/Von_Mises_stress > [consulta 06/02/06]

Von Mises stress, is used to estimate yield criteria for ductile materials. It is calculated by combining stresses in two or three dimensions, with the result compared to the tensile strength of the material loaded in one dimension. Von Mises stress is also useful for calculating the fatigue strength.

Stress is in general a six-dimensional tensor quantity (a symmetric 3×3 tensor). Von Mises stress reduces this to a single number (a scalar) for the purposes of calculating yield criteria.

Von Mises stress in three dimensions is

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

where

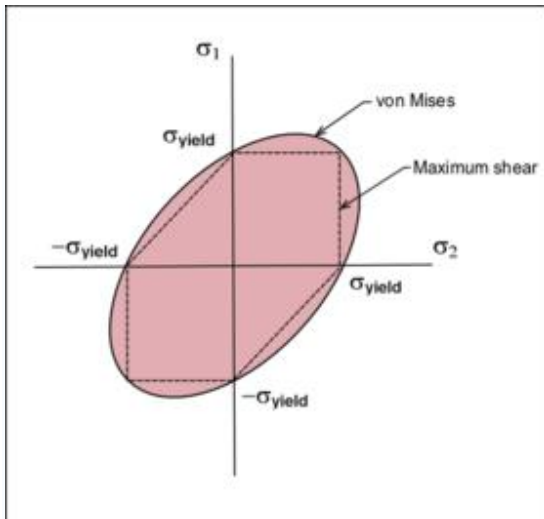
$$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$$

are the principal stresses. In the case of plane stress, σ_3 is zero.

Finite element analysis results are typically presented as Von Mises stress.

[edit]

Von Mises criterion



Applied mathematician Richard von Mises came up with the von Mises Criterion in 1913. Also known as the maximum distortion energy criterion, octahedral shear stress theory, or Maxwell-Huber-Hencky-von Mises theory, it is often used to estimate the yield of ductile materials.

The von Mises criterion states that failure occurs when the energy of distortion reaches the same energy for yield/failure in uniaxial tension. Mathematically, this is expressed as,

$$\frac{1}{2} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] \leq \sigma_y^2$$

In the cases of plane stress, $\sigma_3 = 0$. The von Mises criterion reduces to,

$$\sigma_1^2 - \sigma_1\sigma_2 + \sigma_2^2 \leq \sigma_y^2$$

This equation represents a principal stress ellipse as illustrated in the following figure,

Also shown on the figure is the maximum shear stress (Tresca) criterion (dashed line). This theory is more conservative than the von Mises criterion since it lies inside the von Mises ellipse.

In addition to bounding the principal stresses to prevent ductile failure, the von Mises criterion also gives a reasonable estimation of fatigue failure, especially in cases of repeated tensile and tensile-shear loading.

Anexo 5. DISEÑO DE DETALLE DE LA ALTERNATIVA FINAL 1 OPTIMIZADA

Anexo 6. DISEÑO DE DETALLE DE LA ALTERNATIVA FINAL 2 OPTIMIZADA

Anexo 7. PLANOS DE LA ESTRUCTURA 1 A ESCALA

Anexo 8. PLANOS DE LA ESTRUCTURA 2 A ESCALA