

Diseño e Implementación de Elevador Solar en UTN FRCh.

Franco D. Pérez y Gabriel N. Curilen

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Chubut

Proyecto Final de Carrera de Ingeniería Electromecánica

Tutor/es: Ing. Sebastián Mercado; Ing. Facundo Grondona

Director: Ing. Reimondez, Martín

Julio 2024

Resumen

Este proyecto final de carrera presenta el diseño e implementación de un elevador solar en la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) Regional Chubut. El elevador solar adaptado es un sistema de elevación y descenso destinado al edificio del taller de electromecánica, especialmente diseñado para brindar accesibilidad solo a personas que utilizan sillas de ruedas o personas con movilidad reducida, el cual será alimentado por fuentes de energía renovable para reducir el impacto ambiental y promover la sostenibilidad. Además, se implementará un sistema solar fotovoltaico para alimentar el Elevador Adaptado.

Palabras clave: Elevador solar, accesibilidad, sostenibilidad, energías renovables, edificios públicos, diseño e implementación.

Abstract

This final undergraduate project presents the design and implementation of a solar elevator at the Universidad Tecnológica Nacional (UTN) Regional Chubut. The adapted solar elevator is a lifting and lowering system intended for the electromechanical workshop building, specially designed to provide accessibility only to people using wheelchairs or with reduced mobility, which will be powered by renewable energy sources to reduce environmental impact and promote sustainability. Additionally, a photovoltaic solar system will be implemented to power the Adapted Elevator.

Contenido

| | |
|--|----|
| Índice de Tablas | 8 |
| Índice de Ilustraciones | 9 |
| Capítulo I – Introducción | 18 |
| 1.1 Misión y Motivación | 18 |
| Propuesta General | 18 |
| 1.2 Objetivos | 19 |
| 1.3 Destinatario del proyecto | 19 |
| 1.4 Propuesta – Elevador Solar Adaptado | 20 |
| 1.6 Propuesta – Energía Solar Fotovoltaica | 21 |
| Capítulo II – Marco Teórico | 22 |
| 2.1 Actualidad en la República Argentina | 22 |
| 2.1.1 Tipo de deficiencia | 23 |
| 2.1.2 Uso de ayudas técnicas | 24 |
| 2.1.3 Evaluación de dependencia | 25 |
| 2.2 Contexto Energético | 25 |
| 2.2.1 Récord de la energía generada con carbón | 28 |
| 2.2.3 Situación Energética en Argentina | 29 |
| 2.2.5 Compromisos Climáticos Argentinos | 30 |
| 2.2.6 Cambios en la matriz energética | 30 |
| Capítulo III – Herramientas utilizadas para la gestión de diseño | 31 |

| | |
|--|----|
| 3.1 Plan de Diseño..... | 31 |
| 3.1.1 Listado de Tareas | 31 |
| 3.1.2 Diagrama de Gantt..... | 36 |
| 3.1.3 Especificaciones de requerimientos | 37 |
| 3.1.4 Análisis competitivo - Elevador Solar Adaptado | 40 |
| Capitulo IV-Elevador Adaptado..... | 44 |
| 4.1 Introducción | 44 |
| 4.2 Normativa de referencia | 45 |
| 4.3 Lugar de aplicación..... | 45 |
| 4.4 Matriz de decisión de sistema de izaje o elevación | 46 |
| 4.5 Selección del Sistema de elevación..... | 49 |
| 4.6 Criterio de Diseño de Elevador Adaptado | 50 |
| Capítulo V - Diseño de Elevador Adaptado | 51 |
| 5.1 Memoria de Cálculo - Sistema de Elevación | 62 |
| 5.1.1 Cables de tracción | 62 |
| 5.1.2 Tambor de arrollamiento | 66 |
| 5.1.3 Dimensionamiento del eje del tambor | 76 |
| 5.1.4 Reductor | 90 |
| 5.1.5 Acoplamiento de barrilete..... | 92 |
| 5.1.6 Chaveta | 95 |
| 5.1.7 Soporte y Rodamiento | 97 |

| | |
|---|-----|
| 5.1.8 Motor con freno..... | 98 |
| 5.1.9 Limitador de velocidad | 99 |
| 5.1.10 Freno Paracaídas..... | 103 |
| 5.1.11 Guías | 107 |
| 5.2 Diseño de Arcata | 111 |
| 5.2.1 Dimensionamiento del Arco Superior | 112 |
| 5.2.2 Dimensionamiento de la Base de Arcata..... | 121 |
| 5.3 Plataforma cerrada..... | 145 |
| Capítulo VI - Estructura Autoportante – Cerramiento..... | 154 |
| 6.1 Diseño de Estructura Autoportante | 155 |
| 6.1.1 Análisis Estático – Carga Nominal | 157 |
| 6.1.2 Estructura Autoportante - Fuerza del viento | 169 |
| 6.1.3 Estructura autoportante – Exposición solar – Dilatación Térmica | 175 |
| 6.2 Cerramiento - Carga Térmica..... | 182 |
| 6.2.1 Reducción de la Carga Térmica | 184 |
| 6.2.2 Cubierta superior | 191 |
| 6.2.3 Acceso..... | 194 |
| 6.3 Cimentaciones – Esfuerzos transmitidos al suelo | 195 |
| Capítulo VII - Sistema Eléctrico | 198 |
| 7.1 Circuito Iluminación..... | 199 |
| 7.2 Circuito Control y Maniobra..... | 203 |

| | |
|---|-----|
| 7.3 Circuito Potencia..... | 205 |
| 7.4 Selección de componentes | 205 |
| 7.4.1 Verificación de la regla del poder de corte..... | 208 |
| 7.4.2 Verificación de la regla del tiempo de corte | 208 |
| 7.5 Selección de componentes circuito de iluminación..... | 210 |
| 7.6 Selección de componentes Circuito de Potencia..... | 212 |
| 7.7 Selección de componentes circuito de mando y control | 214 |
| 7.8 Verificación por caída de tensión | 216 |
| 7.9 Determinación de protecciones para instalación fotovoltaica | 217 |
| 7.9.1 Selección componentes fotovoltaicos tramo Inversor – Paneles..... | 217 |
| 7.9.2 Selección componentes fotovoltaicos tramo Inversor – Batería..... | 221 |
| Capítulo VIII -Diseño Sistema Fovovoltaico..... | 224 |
| 8.1 Introducción | 224 |
| 8.2 Marco Teórico | 227 |
| 8.3 Diseño sistema fotovoltaico..... | 232 |
| 8.3.1 Selección Inversor | 242 |
| 8.3.2 Selección de conductores | 243 |
| 8.3.3 Baterías – Instalación fotovoltaica..... | 244 |
| 8.4 Instalación de módulos fotovoltaicos..... | 245 |
| 8.5 Análisis económicos..... | 247 |
| Capítulo IX -Diseño Sistema de Control | 249 |
| 9.1 Generalidades..... | 249 |
| 9.2 Panel de mando con botonera | 249 |

| | |
|--|-----|
| 9.2 Pantalla..... | 250 |
| 9.3 Seguridad del Elevador..... | 254 |
| 9.4 Programación..... | 255 |
| Capítulo X - Presupuesto..... | 256 |
| 10.1 Generalidades..... | 256 |
| 10.2 Requerimiento de materiales | 256 |
| 10.3 Presupuesto total | 260 |

Índice de Tablas

| | |
|---|-----|
| Tabla 1-Listado de tareas | 32 |
| Tabla 2-Tabla de requerimientos | 38 |
| Tabla 3-Medios de Elevación | 44 |
| Tabla 4-Matriz de decisión..... | 49 |
| Tabla 5-Tambores de arrollamiento según diámetro de cable | 66 |
| Tabla 6-Dimensiones según DIN 15061-1 | 68 |
| Tabla 7-Página 306 Prontuario de máquinas- Nicolás Larburu Arrizabalaga | 74 |
| Tabla 8-Factor de servicio | 93 |
| Tabla 9-Dimensiones Acoplamiento de barrilete tipo ART PLUS..... | 94 |
| Tabla 10-Dimensiones principales de chaveta y chavetero del eje | 95 |
| Tabla 11-Factor de Impacto..... | 109 |
| Tabla 12- Dimensiones y propiedades perfil UPN | 116 |
| Tabla 13-Valores esfuerzo cortante..... | 123 |
| Tabla 14-Valores de momento flector | 124 |
| Tabla 15-Valores Obtenidos - Dimensionamiento de Perfil Discontinuo | 127 |
| Tabla 16-Propiedades flexionantes de las soldaduras a filete | 142 |
| Tabla 17-Alternativas para Matriz de decisión | 187 |
| Tabla 18-Matriz de decision..... | 188 |
| Tabla 19-Tabla de transposición..... | 236 |

Índice de Ilustraciones

| | |
|---|----|
| Ilustración 1 - Imagen satelital de la ubicación del proyecto | 20 |
| Ilustración 2-CUD en las provincias de Argentina | 22 |
| Ilustración 3-CUD en Región Patagónica | 23 |
| Ilustración 4 - Tipo de Deficiencia..... | 24 |
| Ilustración 5 - Ayudas Técnicas..... | 24 |
| Ilustración 6 - Ayudas Técnicas..... | 25 |
| Ilustración 7 - Situación de dependencia | 25 |
| Ilustración 8 - Participación de la generación de electricidad mundial por fuente..... | 27 |
| Ilustración 9 - Crecimiento histórico de la demanda..... | 28 |
| Ilustración 10-Proyectos Energías Renovables | 30 |
| Ilustración 11-Diagrama de Gantt..... | 37 |
| Ilustración 12-Rampas..... | 41 |
| Ilustración 13-Silla Salvaescaleras | 42 |
| Ilustración 14-Ascensor Convencional..... | 43 |
| Ilustración 15 - Vista Lateral Izquierda, Edificio Taller de Electromecánica..... | 46 |
| Ilustración 16 - Ubicación Elevador y Sistema Fotovoltaico | 52 |
| Ilustración 17-Elevador Adaptado..... | 54 |
| Ilustración 18 - Selección de cable para elevadores | 63 |
| Ilustración 19 - Terminal amarra cables rígido | 65 |
| Ilustración 20-Grapa para cable de acero..... | 65 |
| Ilustración 21 - Notación para el perfil de garganta del tambor según DIN 15061-1..... | 68 |
| Ilustración 22 - Deformación de un tambor bajo la influencia de una espira única | 70 |
| Ilustración 23-Solicitud a compresión del tambor en el caso de un arrollamiento completo | 70 |
| Ilustración 24 - Fijación del cable..... | 76 |

| | |
|---|-----|
| Ilustración 25 - Apoyo en tres puntos estáticamente indeterminado | 77 |
| Ilustración 26-Sistema determinado con acoplamiento | 77 |
| Ilustración 27 - Sistema determinado con acoplamiento | 78 |
| Ilustración 28-Cable desenrollado (Considerando Espiras Muertas)..... | 79 |
| Ilustración 29-Cable enrollado | 79 |
| Ilustración 30-Diagrama de viga simplemente apoyada..... | 80 |
| Ilustración 31-Diagrama de Momento Flector | 82 |
| Ilustración 32-Diagrama de viga simplemente apoyada..... | 83 |
| Ilustración 33-Diagrama de Momento Flector | 85 |
| Ilustración 34-Representación esfuerzos de torsión y fuerzas | 86 |
| Ilustración 35-Diagrama de relación esfuerzo tiempo | 87 |
| Ilustración 36-Factor acabado superficial | 88 |
| Ilustración 37-Factor de confiabilidad | 88 |
| Ilustración 38-Factor de tratamientos mecánicos..... | 89 |
| Ilustración 39-Reductor sin fin corona Polyfix Erhsa | 91 |
| Ilustración 40-Capacidad nominal a 1500rpm..... | 91 |
| Ilustración 41-Acoplamiento barrilete..... | 92 |
| Ilustración 42-Acoplamiento de barrilete tipo ART PLUS - Esquema dimensiones | 94 |
| Ilustración 43-Soporte tipo puente con rodamiento..... | 97 |
| Ilustración 44-Características motor Tekmatic..... | 99 |
| Ilustración 45-Limitador de Velocidad oscilante | 100 |
| Ilustración 46-Limitador de velocidad oscilante con contacto eléctrico de reposición manual..... | 101 |
| Ilustración 47-Dimensiones Limitador de velocidad Oscilante LG..... | 101 |
| Ilustración 48-Dimensiones Celda de Carga tipo S..... | 102 |
| Ilustración 49-Dimensiones generales polea tensora para fijación de piso | 103 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 50-Guardacabos..... | 103 |
| Ilustración 51- Actuación de paracaídas instantáneo..... | 105 |
| Ilustración 52-Paracaídas DYNATECH Modelo IN-3000 | 105 |
| Ilustración 53-Conjunto Paracaídas..... | 107 |
| Ilustración 54-Guía T | 108 |
| Ilustración 55-Conjunto Arcata | 112 |
| Ilustración 56-Arco superior de Arcata..... | 113 |
| Ilustración 57-Diagrama Cuerpo Libre de Arcata | 114 |
| Ilustración 58-Diagrama de corte y momento flector..... | 115 |
| Ilustración 59-Guiador Fijo Plano 125P | 117 |
| Ilustración 60-Rozaderas de Nylon..... | 118 |
| Ilustración 61-Lubricador de guías..... | 118 |
| Ilustración 62-Fuerzas actuantes en perfil superior de arcata..... | 119 |
| Ilustración 63- Análisis de perfil | 120 |
| Ilustración 64-Tensiones | 120 |
| Ilustración 65-Desplazamientos..... | 121 |
| Ilustración 66-Base de arcata | 122 |
| Ilustración 67-Diagrama Viga empotrada..... | 123 |
| Ilustración 68-Diagrama Esfuerzo de corte | 123 |
| Ilustración 69-Diagrama momento flector | 124 |
| Ilustración 70-Perfil C | 125 |
| Ilustración 71-Perfil C sección discontinua | 128 |
| Ilustración 72-Condiciones de borde - Perfil discontinuo | 128 |
| Ilustración 73 - Malla de Elementos Finitos | 129 |
| Ilustración 74-Tensiones en perfil discontinuo | 130 |
| Ilustración 75-Desplazamientos..... | 131 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 76-Deformacion unitaria en perfil discontinuo..... | 132 |
| Ilustración 77-Base de Arcata-Condiciones de borde | 133 |
| Ilustración 78-Mallado-Base de arcata..... | 134 |
| Ilustración 79-Tensiones-Base de arcata..... | 135 |
| Ilustración 80-Desplazamientos-Base de Arcata | 136 |
| Ilustración 81-Deformación unitaria-Base de arcata | 137 |
| Ilustración 82-Unión Soldada Critica – Base de arcata | 139 |
| Ilustración 83-Contorno de Soldadura | 140 |
| Ilustración 84-Viga en voladizo..... | 140 |
| Ilustración 85-Representación unión a filete | 141 |
| Ilustración 86-Tamaño mínimo de soldadura de filete..... | 141 |
| Ilustración 87-Placas de refuerzo - Base de arcata..... | 144 |
| Ilustración 88-Plataforma..... | 146 |
| Ilustración 89-Base de plataforma | 147 |
| Ilustración 90-Inferior de la Base de Plataforma | 148 |
| Ilustración 91-Botonera de mando..... | 149 |
| Ilustración 92-Interior de Plataforma..... | 149 |
| Ilustración 93-Borde sensible de seguridad..... | 151 |
| Ilustración 94-Dimensiones-Borde Sensible de Seguridad | 151 |
| Ilustración 95-Plataforma con Barrera elevándose | 152 |
| Ilustración 96-Peso de Plataforma..... | 153 |
| Ilustración 97-Peso de Arcata..... | 154 |
| Ilustración 98-Estructura Autoportante..... | 156 |
| Ilustración 99-Conjunto Estructura Autoportante Reticulada con Base de Sistema Motriz | 158 |
| Ilustración 100 - Sistema Motriz..... | 159 |

| | |
|---|-----|
| Ilustración 101-Base de Sistema Motriz - Fuerzas Puntuales y Apoyos Fijos | 160 |
| Ilustración 102-Base de Sistema Motriz - Tensiones | 161 |
| Ilustración 103-Base de Sistema Motriz - Desplazamientos | 162 |
| Ilustración 104-Base de Sistema Motriz - Deformación | 163 |
| Ilustración 105-Estructura Principal Reticulada..... | 164 |
| Ilustración 106-Estructura Principal Reticulada - Fuerzas Puntuales y Apoyos fijos | 165 |
| Ilustración 107-Estructura Principal Reticulada - Tensiones | 166 |
| Ilustración 108-Estructura Principal Reticulada - Desplazamientos | 167 |
| Ilustración 109-Estructura Principal Reticulada - Deformación | 168 |
| Ilustración 110-Velocidad básica del viento en Argentina - CIRSOC 102 | 170 |
| Ilustración 111-Simulación fuerza de viento | 171 |
| Ilustración 112-Condiciones de borde..... | 173 |
| Ilustración 113-Tensiones en apoyos | 174 |
| Ilustración 114-Desplazamientos en apoyos | 174 |
| Ilustración 115-Deformaciones unitarias..... | 175 |
| Ilustración 116-Datos historicos de temperatura en Puerto Madryn..... | 177 |
| Ilustración 117-Dilatacion térmica-Estructura Autoportante | 179 |
| Ilustración 118-Tensiones..... | 180 |
| Ilustración 119-Desplazamientos..... | 180 |
| Ilustración 120-Puesta y Salida de sol en verano | 182 |
| Ilustración 121-Puesta y Salida de sol en invierno..... | 183 |
| Ilustración 122-Vidrio baja emisividad | 185 |
| Ilustración 123-Vidrio polarizado espejado | 186 |
| Ilustración 124-Soporte para vidrio | 189 |
| Ilustración 125-Flujo de aire | 190 |
| Ilustración 126-Rejillas de ventilación en cerramiento | 191 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 127-Cubierta superior..... | 192 |
| Ilustración 128-Compuerta de inspección..... | 193 |
| Ilustración 129-Fijación guía T..... | 193 |
| Ilustración 130-Acceso a la Plataforma..... | 194 |
| Ilustración 131-Cierra Puertas Hidráulico | 194 |
| Ilustración 132-Anclaje mecánico de expansión | 195 |
| Ilustración 133-Apoyo fijo de pared | 196 |
| Ilustración 134-Apoyo de fijación al suelo..... | 196 |
| Ilustración 135-Esfuerzos en apoyos..... | 197 |
| Ilustración 136-Esfuerzos en apoyos de pared..... | 198 |
| Ilustración 137-Perfil LED..... | 199 |
| Ilustración 138-Montaje de Tira LED debajo de perfil estructural..... | 200 |
| Ilustración 139-Montaje de Perfiles LED - DiaLux..... | 200 |
| Ilustración 140-Iluminación de tira LED | 201 |
| Ilustración 141-Distribución lumínica con escala | 201 |
| Ilustración 142-Valores obtenidos-Distribución lumínica en la base..... | 202 |
| Ilustración 143-Ubicación de unidad LED en Estructura Autoportante..... | 203 |
| Ilustración 144-PLC – Control y Maniobra | 204 |
| Ilustración 145-PLC-Conexionado..... | 204 |
| Ilustración 146-Valores corrientes admisibles según sección | 206 |
| Ilustración 147-Interruptor termomagnético Shneider – Características..... | 207 |
| Ilustración 148-Interruptor diferencia Shneider – Características..... | 210 |
| Ilustración 149-Fuente alimentación – Iluminación | 211 |
| Ilustración 150-Fotocontrol-Iluminación | 211 |
| Ilustración 151-Guardamotor Schneider – Control y Maniobra | 212 |
| Ilustración 152-Contactador Schneider – Control y Maniobra..... | 213 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 153-Variador de velocidad – Control y Maniobra | 214 |
| Ilustración 154-Fuente alimentación – Control y Maniobra | 215 |
| Ilustración 155-Porta fusible –Sistema Fotovoltaico..... | 218 |
| Ilustración 156-Fusible –Sistema Fotovoltaico..... | 218 |
| Ilustración 157-Interruptor termomagnético CC –Sistema Fotovoltaico..... | 219 |
| Ilustración 158-Descargador sobretensión –Sistema Fotovoltaico..... | 220 |
| Ilustración 159-Descargador sobretensión –Sistema Fotovoltaico..... | 221 |
| Ilustración 160-Secciones de cable e intensidad de corriente CC –Sistema Fotovoltaico | 222 |
| Ilustración 161-Fusible y portafusible Plano | 223 |
| Ilustración 162-Interruptor aislamiento batería –Sistema Fotovoltaico | 223 |
| Ilustración 163-Instalación fotovoltaica ON GRID | 225 |
| Ilustración 164-Instalación fotovoltaica OFF GRID | 226 |
| Ilustración 165-Instalación fotovoltaica hibrida..... | 226 |
| Ilustración 166-Irradiación media anual por unidad de superficie..... | 227 |
| Ilustración 167-Ilustración 140 - Composición paneles fotovoltaicos | 229 |
| Ilustración 168-Estructura modulo fotovoltaico. | 230 |
| Ilustración 169-Curva I-V..... | 231 |
| Ilustración 170-Componentes sistema fotovoltaico | 232 |
| Ilustración 171-Ubicación Geográfica UTN FRCH | 234 |
| Ilustración 172-Consumo eléctrico UTN FRCH..... | 235 |
| Ilustración 173-Valores irradiación máxima mensual | 235 |
| Ilustración 174-Perdida por inclinación deficiente | 236 |
| Ilustración 175-Discos de irradiación | 237 |
| Ilustración 176-Valores beta | 237 |
| Ilustración 177-Características Técnicas Modulo Fotovoltaico..... | 238 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 178-Valores temperatura en celdas..... | 240 |
| Ilustración 179-Valores variación de temperatura..... | 241 |
| Ilustración 180-Valores variación de tensión, corriente y potencia..... | 241 |
| Ilustración 181-Valores Energía generada..... | 241 |
| Ilustración 182-Inversor Enertik HGI-3K-48 | 243 |
| Ilustración 183-Valores perdidas por conversión de energía | 243 |
| Ilustración 184-Calculo tramo Inversor-Panel | 244 |
| Ilustración 185-Baterías PYLONTECH | 245 |
| Ilustración 186-Soporte regulable panel solar..... | 246 |
| Ilustración 187-Bandeja Tipo Malla..... | 246 |
| Ilustración 188-Instalaciones de paneles | 247 |
| Ilustración 189-Costos variables energía eléctrica UTN FRCH..... | 248 |
| Ilustración 190-Ahorro generado (a) | 248 |
| Ilustración 191-Ahorro generado (b) | 249 |
| Ilustración 192-Pestaña usuario, sin alarmas. | 251 |
| Ilustración 193-Pestaña usuario, con todas las alarmas posibles. | 252 |
| Ilustración 194-Pestaña informativa..... | 253 |
| Ilustración 195-Pestaña mantenimiento, con todas las alarmas posibles..... | 254 |
| Ilustración 196-Presupuesto Plataforma..... | 256 |
| Ilustración 197-Presupuesto Arcata..... | 256 |
| Ilustración 198-Presupuesto Sist. Motriz..... | 257 |
| Ilustración 199-Presupuesto Estructura autoportante | 257 |
| Ilustración 200-Presupuesto Rampa acceso..... | 257 |
| Ilustración 201-Presupuesto Plataforma cerrada. | 258 |
| Ilustración 202-Presupuesto Elevador conjunto..... | 259 |
| Ilustración 203-Presupuesto Sistema fotovoltaico | 259 |

| | |
|--|-----|
| Ilustración 204-Presupuesto Sistema fotovoltaico. | 260 |
| Ilustración 205-Presupuesto estimativo total Elevador sustentable..... | 260 |

Capítulo I – Introducción

1.1 Misión y Motivación

El siguiente proyecto final de la carrera Ingeniera Electromecánica, se presenta como propuesta titulada ***Diseño e Implementación de Elevador Solar en UTN FRCh.***

La idea principal es brindar una solución a problemáticas sociales mediante la innovación.

Este proyecto surge como respuesta a una necesidad interna del establecimiento, en particular, la mejora y adaptación de los accesos para personas con movilidad reducida o que utilicen sillas de ruedas. Dicha necesidad se debe a la imposibilidad de estas personas para utilizar escaleras, lo que limita su acceso a la planta alta del edificio correspondiente al taller de electromecánica.

Propuesta General

Teniendo en cuenta lo expuesto con anterioridad, se evidencian diversas problemáticas que se han analizado respecto a los elevadores convencionales utilizados frecuentemente, entre las cuales sobresale el elevado consumo de energía eléctrica que estos exigen, lo que tiene un impacto negativo en el medio ambiente.

Para satisfacer estas necesidades surge nuestra idea de proyecto compuesto por:

- Elevador Solar Adaptado: Consiste en el diseño de un sistema de elevación y descenso especialmente adaptado para brindar accesibilidad a personas con movilidad reducida o que utilicen sillas de ruedas. La implementación de dicho sistema está destinado al edificio del taller de electromecánica. Este sistema es alimentado por fuentes de energía renovable, con el objetivo de reducir el impacto ambiental y promover la sostenibilidad. Además, se busca asegurar la

disponibilidad continua del sistema en situaciones de cortes en el suministro eléctrico.

- El diseño del sistema solar fotovoltaico para alimentar el Elevador Adaptado implica la implementación de módulos fotovoltaicos para generar energía eléctrica. Esta energía generada es suficiente para abastecer el consumo eléctrico del elevador.

1.2 Objetivos

- Mejorar y adaptar la infraestructura de la institución educativa para personas con movilidad reducida
- Fomentar la idea de inclusión en nuestra institución, con el propósito de hacer que un mayor número de personas se sientan parte de ella.
- Promover y fomentar el uso de energías renovables
- Fomentar la autogeneración de energía eléctrica
- Aplicación de energías renovables para amortizar costos iniciales a largo plazo y no generar un gasto por consumo extra a la institución.
- Lograr un bajo consumo energético en la utilización de estos sistemas, con relación a los elevadores convencionales.
- Fomentar la disminución del nivel de generación de Gases de Efecto Invernadero

1.3 Destinatario del proyecto

Para realizar el proyecto final de la carrera de Ingeniera Electromecánica, se optó por elaborar un trabajo que pueda ser útil para quien lo requiera. Dado que la idea nació a raíz de

una necesidad interna, podría ser extrapolada a cualquier otro tipo de establecimiento con la misma necesidad.

En este caso el proyecto se desarrolló para el taller de Ingeniería electromecánica de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Chubut, ubicado en calle Avenida del Trabajo N°1536 de la ciudad de Puerto Madryn, Chubut, Argentina.

A continuación, se representa mediante una imagen satelital la ubicación del edificio principal, el nuevo edificio de aulas y laboratorios, y el taller en construcción.



Ilustración 1 - Imagen satelital de la ubicación del proyecto

Fuente: Google Earth.

1.4 Propuesta – Elevador Solar Adaptado

Para el taller de Ingeniería Electromecánica proponemos un elevador de tipo vertical apto para sillas de ruedas, en donde el diseño representa mayor simpleza en lo referido a instalación, mantenimiento y funcionamiento, que los conocidos elevadores convencionales.

Dicha propuesta tiene una tendencia hacia la arquitectura sustentable, ya que el elevador funciona con energía limpia, producida por paneles solares fotovoltaicos que le proporcionan la energía que necesita para su funcionamiento.

El suministro eléctrico del elevador está diseñado para utilizar energía solar durante el día y energía proveniente de la red eléctrica durante la noche.

Durante el día el elevador es alimentado por la energía generada por los paneles solares y, en caso de ser insuficiente, se complementa con energía suministrada por la red eléctrica. Si la energía producida por los paneles solares es excedente, se puede inyectar el sobrante a la red eléctrica. Durante la noche, el elevador se alimenta únicamente de la energía de la red eléctrica.

Si hay un corte de suministro eléctrico, el sistema se alimenta de una batería que entra en funcionamiento como respaldo, garantizando el funcionamiento del elevador en todo momento.

De este modo, también se garantiza el desplazamiento de personas con movilidad reducida y reduce al mínimo la posibilidad de quedar encerrado o detenido en el elevador en caso de corte eléctrico.

1.6 Propuesta – Energía Solar Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es aquella que se obtiene al convertir la luz solar en electricidad empleando una tecnología basada en el efecto fotoeléctrico, por el cual determinados materiales son capaces de absorber fotones y liberar electrones, generando una corriente eléctrica.

Para ello se emplean celdas o células fotovoltaicas que constituyen los conocidos paneles fotovoltaicos.

El principal aspecto a tener en cuenta es que estos sistemas requieren áreas libres de obstáculos que puedan proyectar sombras sobre los mismos.

Es por eso que los paneles fotovoltaicos a utilizar se colocaran en el techo del taller de electromecánica de la Universidad.

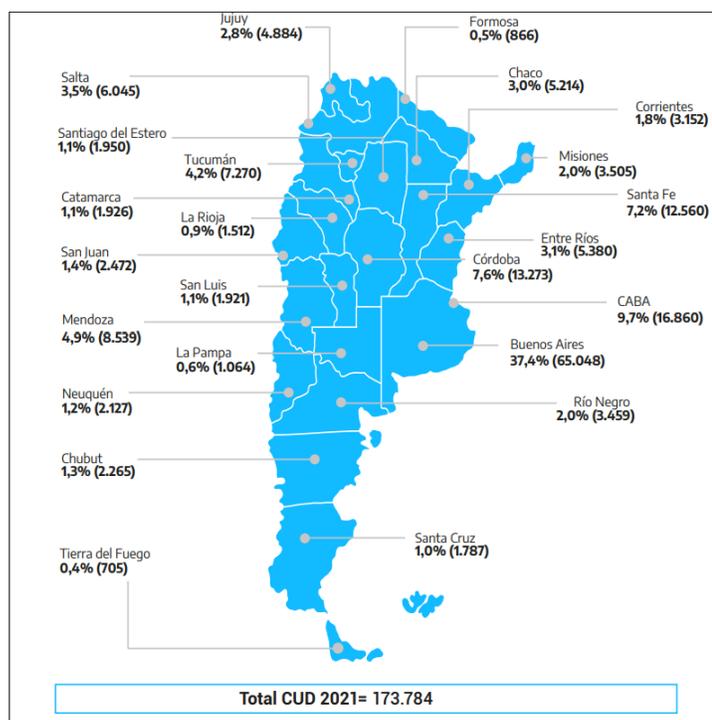
Capítulo II – Marco Teórico

2.1 Actualidad en la República Argentina

Según el último anuario registrado por la Agencia Nacional de Discapacidad, en la República Argentina, durante el año 2021, fueron emitidos 173.784 Certificados Únicos de Discapacidad (también conocidos como CUDs).

A continuación, en el siguiente gráfico se puede observar la distribución de las personas con discapacidad con CUD según la provincia de residencia dentro de la República Argentina.

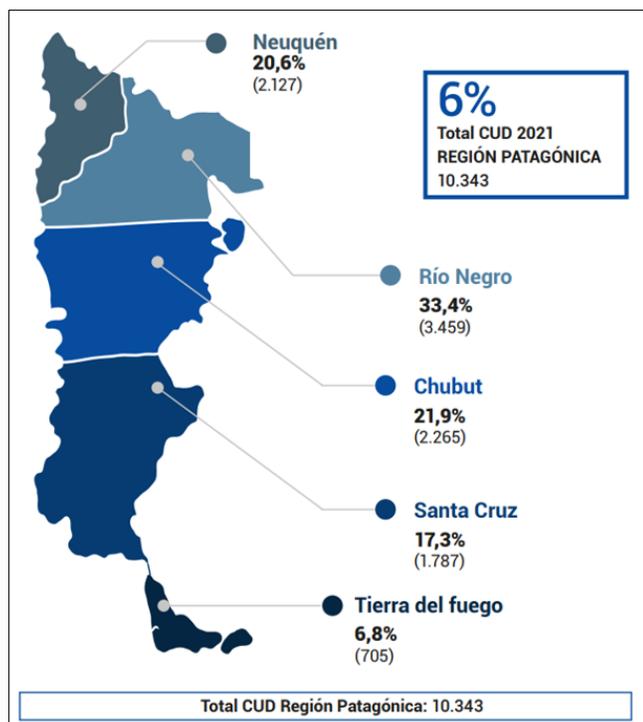
Ilustración 2-CUD en las provincias de Argentina



Fuente: Agencia Nacional de Discapacidad.

Del total de 173.784 certificados emitidos en el país, la Región Patagónica presenta un 6% que equivale a 10.343 de CUD, de los cuales la mayoría residen en la provincia de Río Negro (33,4%) y Chubut (21,9%). Como se puede apreciar en el siguiente gráfico.

Ilustración 3-CUD en Región Patagónica

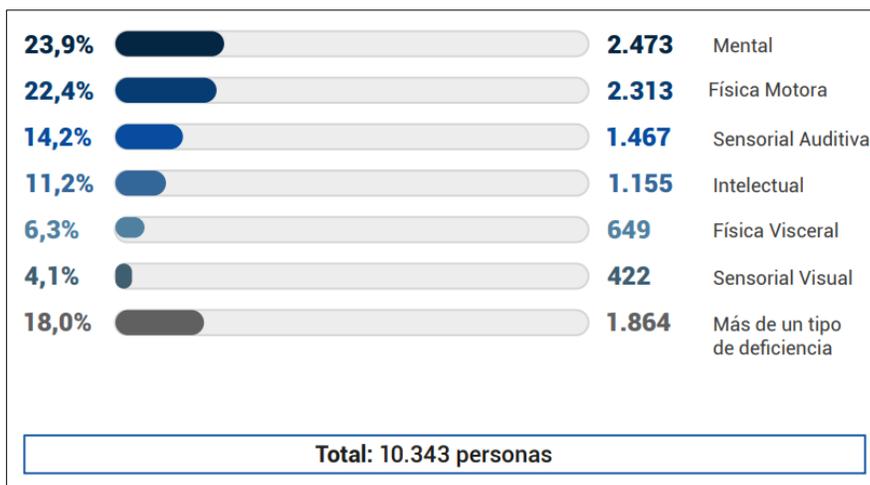


Fuente: Agencia Nacional de Discapacidad.

2.1.1 Tipo de deficiencia

Del total de 10.343 personas certificadas durante el año 2021 en la Región Patagónica, el 82% fueron certificadas con un sólo tipo de deficiencia de origen, y la distribución se dio de la siguiente manera: certificadas por deficiencia de origen mental 23,9%; certificadas por deficiencia de origen física motora 22,4%; certificadas por deficiencia de origen sensorial (auditiva o visual) 18,3%; certificadas por deficiencia de origen intelectual 11,2% y certificadas por deficiencia de origen físico visceral 6,3%. Un 18% corresponde a personas certificadas con más de un tipo de deficiencia. En esta región, la deficiencia de origen sensorial auditiva presenta los valores más altos a nivel nacional.

Ilustración 4 - Tipo de Deficiencia

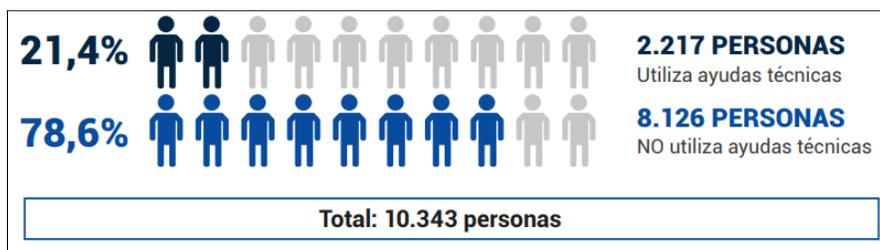


Fuente: Agencia Nacional de Discapacidad.

2.1.2 Uso de ayudas técnicas

Del total de 10.343 personas de la región patagónica, un 21,4% utiliza algún tipo de ayuda técnica. Dentro de este grupo, el 82,5% usa un solo tipo de equipamiento y el restante 17,5% usa más de uno.

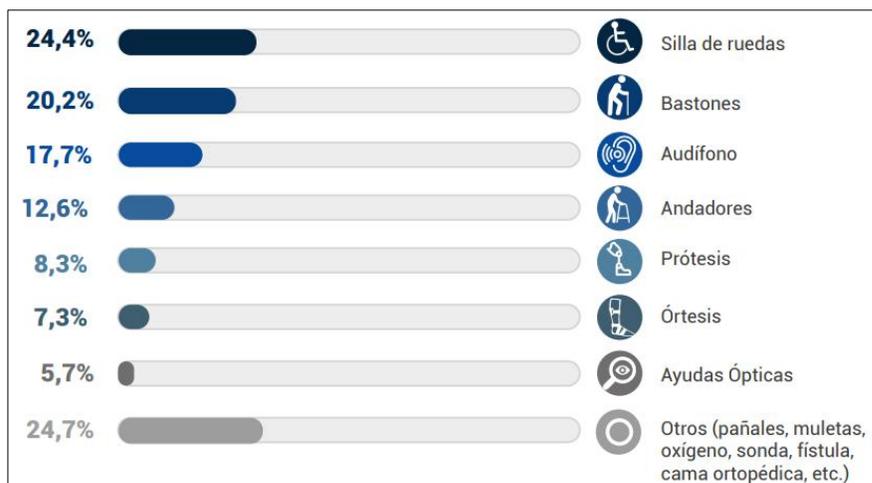
Ilustración 5 - Ayudas Técnicas



Fuente: Agencia Nacional de Discapacidad.

Las principales ayudas técnicas utilizadas son las sillas de ruedas (24,4%) y los bastones (20,2%).

Ilustración 6 - Ayudas Técnicas

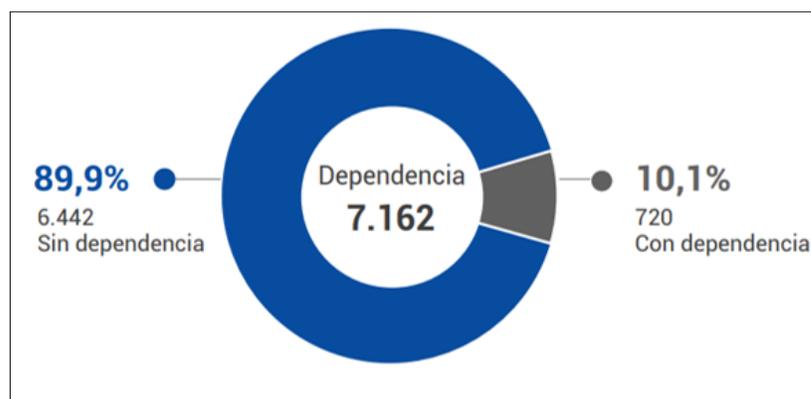


Fuente: Agencia Nacional de Discapacidad.

2.1.3 Evaluación de dependencia

El 10,1% de la población mayor de 14 años y certificada durante 2021 en la Región Patagónica resultó en situación de dependencia.

Ilustración 7 - Situación de dependencia



Fuente: Agencia Nacional de Discapacidad.

2.2 Contexto Energético

Algo que se pudo observar luego de la pandemia reciente, fue la inmediatez de tomar medidas para una recomposición de la biodiversidad, actualmente transitamos tanto crisis

bélicas como humanitarias, poniendo en tensión a los sistemas alimentarios y energéticos mundiales, dependiendo cada vez más de una pequeña cantidad de productos y pocos países.

Nos encontramos en una difícil situación energética, por un lado, tenemos cada vez una demanda de energía más alta, y por otro las fuentes poseen recursos limitados donde el uso de estas representa repercusiones ambientales no deseadas.

Desde hace décadas los procesos industriales se desarrollan quemando combustibles fósiles y aprovechando de manera desmedida los recursos naturales de nuestro planeta. Estas actividades están cambiando la composición de la atmósfera terrestre, emitiendo más gases y compuestos de efecto invernadero que pueden permanecer en la atmósfera hasta por más de 50 años. Si bien en la actualidad más de la mitad del CO₂ emitido tarda un siglo para eliminarse de la atmósfera, una parte del CO₂ se mantiene en la atmósfera durante muchos milenios.

Como se mencionó, debemos implementar acciones urgentes con respecto al cambio climático, esto es algo importante para reducir su impacto. El Acuerdo de París establece un objetivo para limitar el aumento de la temperatura media global a muy por debajo de 2 °C por encima de los niveles preindustriales e intentar limitar el aumento a 1.5 °C.

La demanda mundial de energía todavía se satisface esencialmente con combustibles fósiles. Las principales fuentes de producción de electricidad son a través del carbón, gas e hidroeléctrica. Las emisiones de CO₂ en el sector energético, después de permanecer estáticas durante tres años, aumentaron en 2017 y se espera un mayor crecimiento en los próximos años. El principal desafío que enfrenta el sector energético es crear un sistema que combine asequibilidad, confiabilidad y sostenibilidad.

Los cambios estructurales fundamentales en el sector energético, llamados transiciones de energía, ocurren en todo el mundo. La motivación, los objetivos y las prioridades para implementar las transiciones de energía difieren, pero en su mayoría podrían estar relacionados con el dilema de la energía: asegurar el suministro, aumentar la competitividad

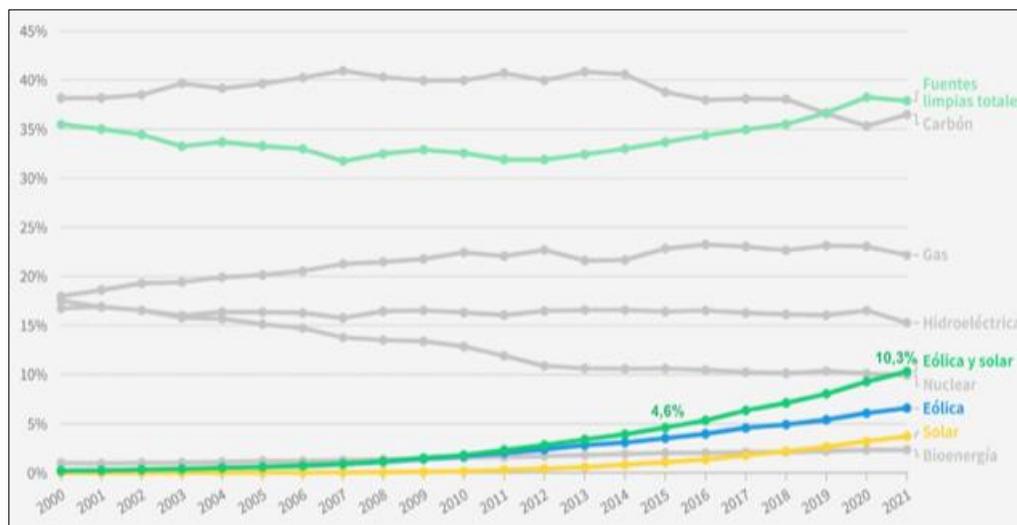
mediante el uso de enfoques de menor costo y las preocupaciones ambientales, o una combinación de estos aspectos.

La eficiencia energética será crucial para mantener bajos los niveles de consumo, que de otro modo aumentarían para duplicar la cantidad estimada. La revolución del gas de esquisto continúa, liderada por EE. UU, el principal productor de petróleo y gas del mundo. La energía renovable, junto con los beneficios de eficiencia energética, puede proporcionar el 90 % de las reducciones de emisiones de CO₂ necesarias para 2050

Para seguir un camino que mantenga el calentamiento global en 1,5 °C, las energías eólica y solar deben mantener tasas altas de crecimiento combinado del 20 % cada año hasta 2030. Esa es la misma tasa de crecimiento que la media que tuvieron en la última década.

En la actualidad, esto es sumamente posible: las energías eólica y solar son las fuentes de electricidad más económicas sobre una base normalizada, con una experiencia mundial cada vez mayor en su integración con las redes energéticas de altos niveles. Actualmente son 50 los países que generan más del 10 % de su electricidad a partir de estos recursos de rápida aplicación, y tres países ya están generando más del 40 %, por lo que resulta evidente que estas tecnologías están dando resultados.

Ilustración 8 - Participación de la generación de electricidad mundial por fuente.



Fuente: Global Electricity Review de Ember de 2022.

2.2.1 Récord de la energía generada con carbón

La energía generada con carbón subió un 9,0 % en 2021 a 10.042 TWh, más que el rebote de una caída del 4,2 % en 2020. Fue el aumento porcentual más alto registrado desde, al menos, 1985. Esto hizo que el carbón marcara un nuevo récord en la generación de energía mundial y superara el récord anterior de 9.838 TWh, 2 % en 2018. Alcanzó el 36,5 % de la electricidad mundial, comparado con el 35,3 % en 2020. La participación de China en la energía generada con carbón a nivel mundial permaneció sin cambios en el 54 % en 2021. Ya había aumentado del 50 % en 2019 al 54 % en 2020. Para el camino hacia el 1,5 °C de la IEA, la generación de energía a partir del carbón que no haya disminuido debe bajar de forma constante un 73 % a nivel mundial desde 2021 a 2030. El récord del carbón de 2021 solo muestra lo alejada que está la transición eléctrica.

La energía generada con carbón aumentó en 2021 simplemente porque la electricidad limpia no se implementó lo suficientemente rápido para satisfacer el histórico crecimiento de la demanda.

Ilustración 9 - Crecimiento histórico de la demanda



Fuente: Global Electricity Review de Ember de 2022.

A pesar del aumento sin precedentes de la generación de energías eólica y solar, con estas, solo se alcanzó el 29 % del incremento mundial en la demanda de electricidad en 2021.

Los demás tipos de electricidad limpia no tuvieron crecimiento neto. Hubo un aumento de la energía nuclear, pero una baja de la hidroeléctrica. Por lo tanto, los combustibles fósiles

suplieron el incremento de la demanda restante. Solo la generación de carbón suplió el 59 % del aumento de la demanda de electricidad en 2021. El gas y el petróleo suplieron el 10 % final.

2.2.3 Situación Energética en Argentina

En cuanto al sector energético argentino, en 2018 fue responsable del 51% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del país. En 2021, la matriz energética primaria argentina estuvo representada en un 85% por combustible fósil y solo en un 8,2% por energías renovables. Al margen de estos datos, el país asumió el compromiso de alcanzar la neutralidad del carbono al año 2050 y no superar las emisiones de GEI de 349 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente para el año 2030. Sin embargo, en dirección opuesta a estos compromisos necesarios y urgentes, los datos analizados de 2021 muestran cómo se continua con el estímulo de los hidrocarburos en vez de redirigir el esfuerzo a la promoción de una transición energética hacia energías limpias y renovables, descentralizadas, democratizadas y contempladas en un marco de derechos humanos y ambientales.

Al revisar la matriz energética primaria argentina de 2021 se advierte que el 85% está representado por combustibles fósiles, mientras que las energías renovables apenas cubren el 8,2%. Se observa una leve mejoría de las renovables, que pasaron de representar el 6,4% en 2020 al 8,2% en 2021, mientras que las energías basadas en hidrocarburos apenas disminuyeron un 0,28%.

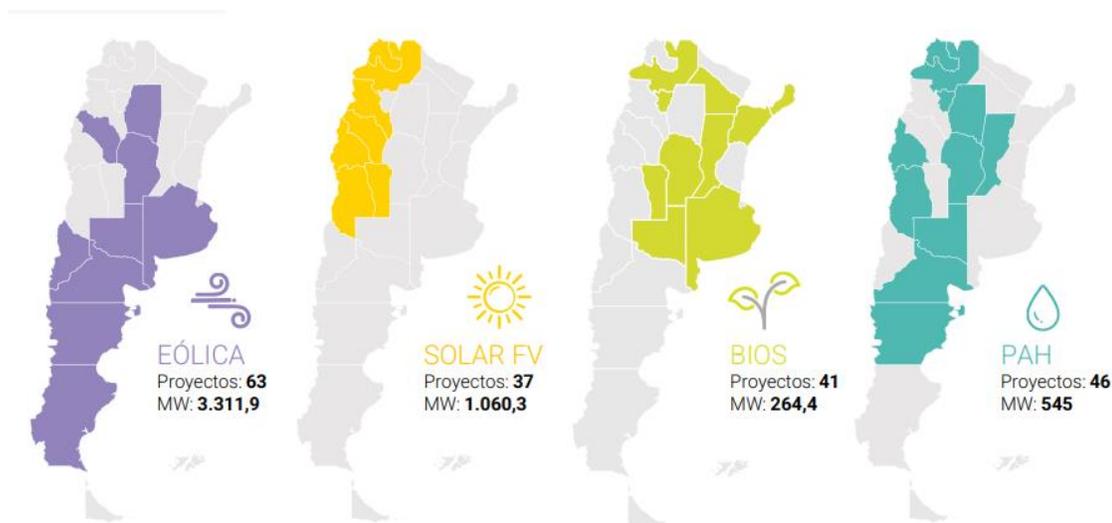
Las leves variaciones interanuales de la matriz energética argentina no hacen más que evidenciar el atraso del país en términos de transición hacia una matriz baja en carbono. La crisis global que estamos atravesando debería ser un claro indicador de que la transición energética enmarcada en una transición socio ecológica justa e inclusiva es urgente. Estas transiciones deben ser descentralizadas, democratizadas, desfosilizadas, despatriarcalizadas y contempladas en un marco de derechos humanos y ambientales.

2.2.5 Compromisos Climáticos Argentinos

Para avanzar con los compromisos climáticos asumidos es necesario articular con los sectores económicos más importantes del país, como el energético y el agroexportador, que son al mismo tiempo los principales responsables de las emisiones de la Argentina y también los que generan los mayores ingresos de las tan ansiadas divisas. La tarea incluye exigirles mayores responsabilidades, pero principalmente grandes compromisos para que reduzcan sus emisiones. La capacidad de influencia de estos sectores es tal que en la COP26 lograron evitar que se presente la estrategia de descarbonización de largo plazo.

Además, hay 187 proyectos en operación que se encuentran habilitados.

Ilustración 10-Proyectos Energías Renovables



Fuente: Telam.

2.2.6 Cambios en la matriz energética

Luego de ver estos datos, si bien se está trabajando en el avance de este tipo de fuentes de energía, se evidencia la necesidad de producir un cambio más fuerte en la generación de energías primarias y secundarias.

Argentina cuenta con una gigante fuente de recursos que no están siendo aprovechados del todo, y creemos que podemos aportar, con nuestro proyecto, a aumentar el uso de energías renovables en edificios públicos a lo largo del país como del mundo.

Capítulo III – Herramientas utilizadas para la gestión de diseño

Durante la gestación de la idea propuesta para la realización del presente proyecto final, se desarrollaron documentos y se establecieron las distintas etapas que conforman el mismo.

La preparación de documentos que refieren a las distintas etapas dieron inicio durante el periodo correspondiente al ante proyecto, para luego poder avanzar tanto con el proyecto en sí.

En este capítulo se enseñan las herramientas de gestión y diseño que se utilizaron durante el desarrollo del proyecto final.

3.1 Plan de Diseño

El objetivo principal de todo plan de diseño es detallar el proceso mediante un plan de tareas para la ejecución de un determinado diseño, en este caso, el del presente proyecto final. Indicándonos a su vez las acciones requeridas para la realización, validación y verificación del diseño.

3.1.1 Listado de Tareas

Previo al diseño del proyecto, hemos definido la administración de los recursos, principalmente el del tiempo, por medio de un listado de tareas con la previa evaluación y relevamiento de cada una de ellas para poder llevar adelante el desarrollo de documentos que constituyen el mismo.

Tabla 1-Listado de tareas

| Tarea código | Descripción de la tarea |
|---------------------|--|
| 001_000 | Declaración de la misión. |
| 001_010 | Búsqueda de alternativas. |
| 001_020 | Especificación de los objetivos. |
| 001_030 | Plantear alcance. |
| 001_040 | Análisis de competitividad de mercado. |
| 001_050 | Emisión del plan de diseño. |
| 001_060 | Elaboración de Especificación de Requerimientos objetivos. |
| 001_070 | Relevamiento del taller de electromecánica de UTN FRCh. |
| 001_080 | Análisis del proyecto de ascensor propuesto por UTN FRCh. |
| 001_090 | Evaluación técnica/económica de las alternativas. |
| 001_100 | Selección de ubicación estratégica. |
| 001_110 | Generación de conceptos. |
| 001_120 | Elección de componentes. |
| 001_130 | Análisis de sistemas de seguridad. |
| 001_140 | Ingeniería básica de elevador adaptado en taller de electromecánica. |
| 001_150 | Ingeniería de detalle de elevador adaptado en taller de electromecánica. |
| 001_160 | Recopilación de información de generación de energía eléctrica a través de energía solar fotovoltaica. |
| 001_170 | Elección de componentes del sistema solar. |
| 001_180 | Ingeniería básica y de detalle de sistema de generación solar |
| 001_190 | Ingeniería básica y de detalle del sistema eléctrico de potencia general. |
| 001_200 | Emisión de la documentación. |

Descripción de Tareas:

- 001_000 **Declaración de la misión**

Se especifica la misión del proyecto en la que se definen las problemáticas y la motivación del equipo de trabajo.

- 001_010 ***Búsqueda de alternativas***

Se evalúan las distintas necesidades presentes y las posibles soluciones a aplicar con las autoridades de la cátedra, se eligen las opciones más viables y considerando las posibilidades de la universidad.

- 001_020 ***Especificación de los objetivos.***

Se determina los objetivos de los dispositivos y las instalaciones.

- 001_030 ***Plantear alcance.***

Se detalla y fija el alcance del proyecto

- 001_040 ***Análisis de competitividad en el mercado.***

Se realiza un análisis de productos similares para el elevador adaptado que se encuentra en el mercado

- 001_050 ***Emisión del plan de diseño.***

Emitir del presente documento contemplando los propósitos descritos en los objetivos.

- 001_060 ***Elaboración de Especificación de Requerimientos objetivos.***

Se elabora una especificación técnica que define los requerimientos objetivos de diseño, fabricación, montaje, operación y funcionalidad necesaria para el elevador adaptado destinado al taller.

- 001_070 **Relevamiento del taller de electromecánica de UTN FRCh.**

Esta tarea comprende al relevamiento y recolección de planos edilicios correspondientes al taller de electromecánica de UTN FRCh

- 001_080 **Análisis del proyecto de ascensor propuesto por UTN FRCh.**

Esta tarea comprende la recolección de información referida al proyecto propuesto por la UTN FRCh respecto al ascensor a implementar en el edificio principal.

- 001_090 **Evaluación técnica/económica de las alternativas.**

Se presenta un Informe Técnico de Diseño que incluirá todas las etapas de evaluaciones técnicas y económicas de las distintas alternativas para una mejor elección de estas.

- 001_100 **Selección ubicación estratégica**

Se ubica el proyecto de la manera más eficiente, tanto del elevador adaptado como de todo aquello que requiera mejoras infraestructurales.

- 001_110 **Generación de conceptos.**

Se realiza la generación de ideas y conceptos, bosquejos y modelado 3D de lo comprendido por el proyecto.

- 001_120 ***Elección de componentes.***

Se eligen los componentes que hacen a la funcionalidad del elevador adaptado correspondiente al taller de Electromecánica.

- 001_130 ***Análisis de sistemas de seguridad.***

Diseño y evaluación de los componentes que conforman el sistema de seguridad para las personas.

- 001_140 ***Ingeniería Básica de Elevador adaptado en taller de electromecánica.***

En esta etapa se realiza en diseño básico del elevador adaptado.

- 001_150 ***Ingeniería de Detalle de elevador adaptado en taller de electromecánica.***

Se complementa a la ingeniería básica, especificación de materiales y dimensiones, instalación, cálculos mecánicos, eléctricos, estructurales y demás, pertenecientes al elevador adaptado

- 001_160 ***Recopilación de información de generación de energía eléctrica a través de energía solar fotovoltaica.***

Se identificó y relevo toda la información necesaria para el diseño del sistema de generación eléctrica a través de energía solar fotovoltaica

- 001_170 ***Elección de componentes del sistema solar fotovoltaico.***

Se eligen los componentes que hacen a la funcionalidad del sistema de generación solar.

- 001_180 ***Ingeniería básica y de detalle de sistema de generación solar***

Se realiza un diseño preliminar de sistema solar fotovoltaico como parte de la ingeniería básica.

Se realiza una ingeniería de detalle considerando modelados en 3D.

- 001_190 ***Ingeniería básica y de detalle del sistema eléctrico de potencia general.***

Se realiza toda la documentación referida a la Ingeniería Básica y de Detalle referida al sistema eléctrico de potencia que comprende el proyecto.

- 001_200 ***Emisión de la documentación.***

Se emite el presente documento correspondiente al proyecto final.

3.1.2 Diagrama de Gantt

Utilizamos el Diagrama de Gantt como herramienta de gestión de proyectos que ilustra el trabajo realizado durante un período de tiempo en relación con el tiempo previsto para el trabajo.

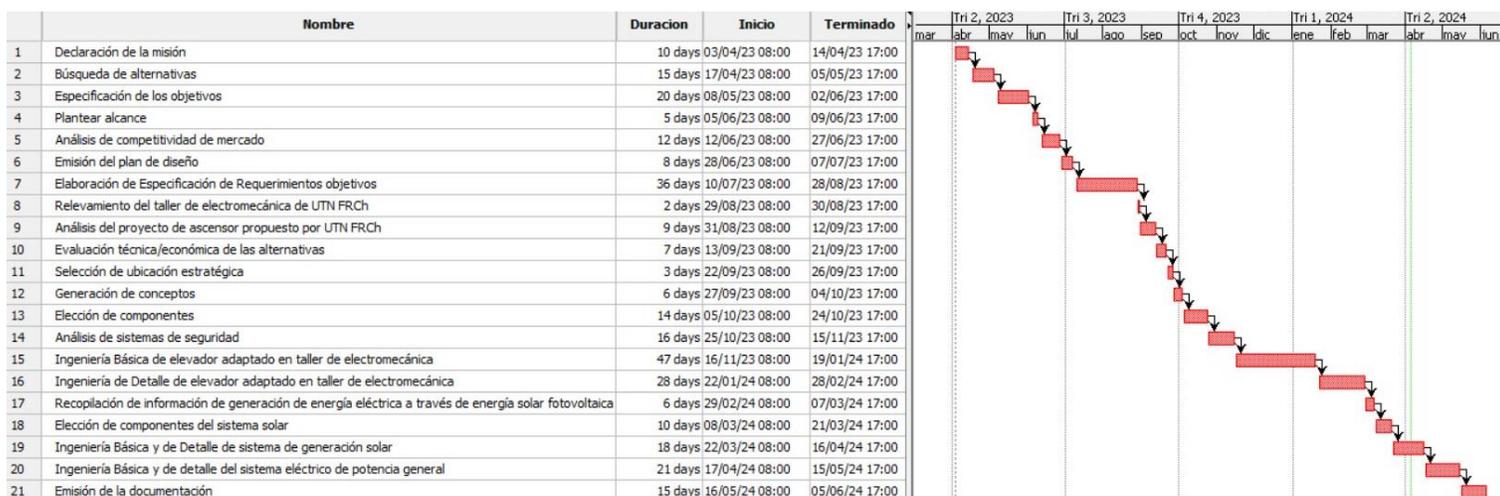


Ilustración 11-Diagrama de Gantt

En este caso se describen las tareas anteriores en función del tiempo proyectado a lo largo de 2023 y 2024 respectivamente.

3.1.3 Especificaciones de requerimientos

Esta documentación es utilizada para detallar cuales son los tipos de requerimientos y detalle de los mismo que debe cumplir un diseño.

En este apartado se describen las especificaciones a desarrollar que deben ser tenidas en cuenta para el diseño del elevador adaptado destinado al taller, y el sistema fotovoltaico que alimentara a las instalaciones.

Para diferenciar los distintos tipos de requerimientos se clasifican en:

- **RFG:** Requerimiento funcional general
- **RNFG:** Requerimiento no funcional general
- **RFE:** Requerimiento funcional específico
- **RNFE:** Requerimiento no funcional específico

Tabla 2-Tabla de requerimientos

| Código Requerimiento | Descripción de la especificación |
|-------------------------|---|
| RFG | Requerimientos Funcionales Generales |
| Elevador Solar Adaptado | |
| RFG_000 | El elevador será del tipo vertical. |
| RFG_010 | El ascenso se destina a la elevación de personas y requiere uso de energía. |
| RFG_020 | El uso de energía que requiera provendrá de energías renovables. |
| Sistema Fotovoltaico | |
| RFG_030 | Los paneles fotovoltaicos deben ser policristalinos. |
| RFG_040 | El sistema inversor debe ser adecuado para soportar la potencia total generada por los paneles. |
| RFG_050 | Este sistema debe alimentar eléctricamente el elevador adaptado sustentable del taller. |
| RGNF | Requerimientos Generales No Funcionales |
| Elevador Solar Adaptado | |
| RGNF_000 | El diseño prioriza en la medida de lo requerido la mitigación del impacto ambiental ya sea en sus procedimientos de fabricación como arquitectónicamente. |
| RGNF_010 | Se prioriza la disminución de costos de fabricación y materiales empleados. |
| RGNF_020 | El diseño del elevador está direccionado a la tendencia de la arquitectura sustentable. |
| Sistema Fotovoltaico | |

| | |
|-------------------------|--|
| RGNF_030 | Se utilizan en lo posible componentes disponibles en el mercado local. |
| RGNF_040 | El diseño debe ser simple, confiable, dando prioridad a la seguridad de las personas. |
| RGNF_050 | Los paneles solares se colocan en una ubicación cercana a los tableros eléctricos correspondientes para disminuir las pérdidas. |
| RFE | Requerimientos Funcionales Específicos |
| Elevador Solar Adaptado | |
| RFE_000 | La plataforma debe tener medidas mínimas de una silla de rueda. |
| RFE_010 | Debe suplir una diferencia de altura de 3,68 metros. |
| RFE_020 | El sistema motriz de elevación debe ser confiable. |
| RFE_030 | La velocidad nominal de la plataforma en el sentido de la marcha no será superior a 0,15 m/seg |
| RFE_040 | El factor de seguridad para todas las partes del equipo no debe ser inferior a 1,6 en función de la tensión de fluencia. |
| RFE_050 | El nivel de iluminación en la base de la plataforma debe ser de mínimo 50 lux. |
| Sistema Fotovoltaico | |
| RFE_060 | La conexión de los paneles debe ser en serie |
| RFE_070 | Se da prioridad a un ángulo óptimo de inclinación de los paneles de 40°, siempre que la funcionalidad y los requerimientos aquí presenten lo permitan. |
| RFE_080 | La instalación de los paneles fotovoltaica se hará modular |
| RNFE | Requerimientos No Funcionales Específicos |
| Elevador Solar Adaptado | |

| | |
|-----------------------------|---|
| RNFE_000 | Se debe conseguir una iluminación en la base de la plataforma acorde a la normativa. |
| RNFE_010 | El sistema debe respetar las normativas existentes de elevadores adaptados. |
| RNFE_020 | La plataforma debe ser antideslizante. |
| Sistema Fotovoltaico | |
| RNFE_030 | Se prioriza la utilización de materiales anticorrosivos para los soportes de los paneles fotovoltaicos |
| RNFE_040 | El sistema fotovoltaico debe respetar las normativas existentes destinadas a instalaciones fotovoltaicas. |
| RNFE_050 | Se prioriza la utilización de uniones abulonadas de una calidad igual a 8.8 o superior |

3.1.4 Análisis competitivo - Elevador Solar Adaptado

En este apartado se presenta un análisis de mercado para el Elevador Solar Adaptado.

Si bien los modelos presentados a continuación son alternativas funcionales, se ha concluido que nuestra propuesta tiene la ventaja por sobre el resto de ser alimentado por energías renovables. Además de no obstruir espacios destinados a escaleras.

En la actualidad, a nivel nacional no se encuentran elevadores con estas características. Sino que, se debiera recurrir a las siguientes alternativas presentes y más destacadas:

Rampas

Partiendo de la opción más simple, las rampas pueden utilizarse para los accesos en reemplazo de escaleras, siempre que tengan partes horizontales a manera de descansos en

los sitios donde la rampa cambia de dirección y en los accesos. La pendiente máxima debe ser del 12%.

Ilustración 12-Rampas



Características:

- La principal consideración es que requieren mucho espacio de construcción para salvar grandes alturas debido a la poca pendiente que deben tener.
- Son relativamente sencillas de construir y pueden adaptarse a una variedad de entornos y estructuras existentes

Silla o plataforma salva escaleras

Las sillas o plataformas salva escaleras son sistemas de elevación diseñados para poder ser integrados en espacios privados interiores con el objetivo de facilitar el desplazamiento vertical, estas funcionan a través de guías que pueden ir ancladas a pared y/o a suelo. Mediante su plataforma pueden desplazarse personas con movilidad reducida, personas mayores, etc.

Ilustración 13-Silla Salvaescaleras



Características:

- Son contruidos ocupando el espacio disponible de una escalera, obstruyendo la circulación por la misma.
- Generalmente requieren asistencia de un acompañante.
- Su funcionamiento requiere alimentación eléctrica.
- Suelen ser muy fáciles de operar. Los usuarios pueden controlarlas de manera sencilla a través de un panel de control o un control remoto, lo que facilita su uso para personas de todas las edades.
- Se pueden instalar en una variedad de tipos de escaleras, ya sean rectas o curvas, en interiores o exteriores

Ascensores convencionales

Los ascensores convencionales son los que se suelen ver en la mayoría de edificios. No por nada son los más utilizados, son una gran alternativa, pero se justifican en gran medida en edificios de muchos pisos con gran utilización por parte de las personas.

Ilustración 14-Ascensor Convencional



Características:

- Requieren una obra civil (cuarto de máquinas y un foso de dimensiones considerables)
- Costos de instalación y mantenimiento.
- Conllevan un gran consumo eléctrico.
- Son relativamente seguros, están diseñados con características de seguridad, como sistema de frenado, sensores, alarmas, etc.

Una vez establecidas las características entre los distintos tipos de medios de elevación, se establece una comparativa entre ellos, teniendo en cuenta los aspectos mencionados,

Los distintos medios de elevación se califican por el método de evaluación ponderada, de la siguiente manera:

| Desempeño | Calificación |
|--------------|--------------|
| Insuficiente | 1 |
| Regular | 2 |
| Competente | 3 |
| Destacado | 4 |

Tabla 3-Medios de Elevación

| Matriz de decisión | | | A | | B | | C | | D | |
|-----------------------|-------------------------------|------|----------|-------------|------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------------|-------------|
| Medios de Elevación | | | Rampas | | Sillas Salva-escaleras | | Ascensor convencional | | Elevador Adaptado | |
| Criterio de selección | | Peso | Calific. | Eval. Pond. | Calific. | Eval. Pond. | Calific. | Eval. Pond. | Calific. | Eval. Pond. |
| 1 | Espacio Requerido | 20% | 2 | 0,4 | 3 | 0,6 | 2 | 0,4 | 3 | 0,6 |
| 2 | Costo de Mant. | 15% | 4 | 0,6 | 2 | 0,3 | 2 | 0,3 | 3 | 0,45 |
| 3 | Obra civil | 20% | 1 | 0,2 | 4 | 0,8 | 1 | 0,2 | 3 | 0,6 |
| 4 | Alimentación eléct. | 15% | 4 | 0,6 | 2 | 0,3 | 1 | 0,15 | 2 | 0,3 |
| 5 | Obstrucción de espacios int. | 15% | 4 | 0,6 | 2 | 0,3 | 2 | 0,3 | 4 | 0,4 |
| 6 | Uso independiente del usuario | 15% | 4 | 0,6 | 2 | 0,3 | 4 | 0,6 | 4 | 0,6 |
| Total | | 100% | | 3 | | 2,6 | | 1,95 | | 3,15 |
| Lugar | | | 2 | | 3 | | 4 | | 1 | |

Según los resultados obtenidos en la matriz, se puede observar que el medio de elevación más conveniente a las necesidades es continuar con el diseño de un elevador adaptado.

Capítulo IV-Elevador Adaptado

4.1 Introducción

Los medios de elevación alternativos especialmente diseñados para personas con discapacidades o movilidades reducidas, brindan facilidades a los mismos y su diseño depende de diversas variables que deben considerarse durante su desarrollo, como la altura del edificio, la cantidad de pisos, la cantidad de personas que lo utilizarán, el uso previsto y el espacio disponible, entre otros aspectos.

Estos elevadores son diseñados para el uso exclusivo de personas con discapacidad y, si es necesario, su acompañante. Por lo tanto, se requiere que el uso de estos dispositivos sea realizado con responsabilidad y compromiso.

En este contexto, en la etapa actual del proyecto se analizan y consideran cuidadosamente cada uno de los aspectos relevantes para el diseño óptimo del elevador, de manera que se puedan garantizar las condiciones adecuadas de accesibilidad y seguridad para las personas que lo utilicen.

4.2 Normativa de referencia

Se ha establecido de manera fundamental garantizar la seguridad del dispositivo de acuerdo a las normas y regulaciones vigentes. En este sentido, se ha identificado que dos normativas de referencia son la Norma Mercosur NM 313 y la norma ISO 9386-1. La primera, establecida por el Mercado Común del Sur (Mercosur), regula los requisitos técnicos y de seguridad que deben cumplir los elevadores de pasajeros. La segunda, desarrollada por la Organización Internacional de Normalización (ISO), proporciona directrices para el diseño y la fabricación de elevadores con el objetivo de asegurar la calidad y la seguridad de los mismos.

Derivada de las mismas, a nivel nacional se emplea la Norma IRAM 3681-7 “Requisitos particulares para la accesibilidad de las personas incluyendo las personas con discapacidad” publicada en febrero de 2022. Además, también se siguió como referencia el Reglamento Técnico RT-030910-020205-04 “Medios Alternativos - Plataformas Elevadoras Verticales”.

Por lo tanto, se considera de vital importancia cumplir con estas normativas y regulaciones a fin de garantizar la seguridad y la confiabilidad del elevador para personas con movilidad reducida.

4.3 Lugar de aplicación

Como se mencionó con anterioridad, la implementación del elevador está destinado al taller de electromecánica, sin embargo, dado que la inclusión de un ascensor no formaba parte

de la planificación inicial del edificio y llevar adelante la reforma civil para un ascensor convencional resulta muy compleja, el mismo se ubica en el exterior de la edificación, además de que con esto respeta la idea de que no se invade espacios ya predestinados en el diseño original del taller de electromecánica.

Su ubicación es precisamente en el lateral izquierdo del edificio, debido a que es el lugar más accesible para realizar las aberturas al exterior con acceso al mismo.

Ilustración 15 - Vista Lateral Izquierda, Edificio Taller de Electromecánica



El edificio cuenta con una planta baja y un primer piso, por lo tanto, el elevador cuenta con dos paradas y una altura a suplir de 3,68 m

4.4 Matriz de decisión de sistema de izaje o elevación

En este proyecto, se ha identificado que el sistema motriz que lleva adelante la elevación constituye el componente crítico principal del elevador. Por esto, se realiza un análisis de los posibles sistemas a utilizar, dentro de los cuales los más destacados y mayormente implementados por sus beneficios son:

- 1) Sistema de elevación hidráulico.

- 2) Sistema de elevación electromecánico por suspensión de cable.
- 3) Sistema de elevación por tornillo de potencia.

Sistema de elevación hidráulico

El sistema de tracción de elevadores hidráulicos se compone de: central hidráulica, actuador, bloque de válvulas de control del sistema hidráulico y un sistema de tuberías por donde circula el fluido impulsor. Este tipo de elevadores, a diferencia del eléctrico no incorpora contrapeso, disponiendo también de una serie de ventajas y desventajas.

Ventajas:

- Capacidad de adaptación en espacios reducidos.
- Arranque y paradas suaves
- La carga de elevación no sobrecarga la estructura
- Gran capacidad de carga

Desventajas:

- Coste inicial y de mantenimiento elevado
- Recorrido limitado
- Utiliza fluido hidráulico que puede ser contaminante
- Velocidades nominales más bajas

Sistema de elevación por tornillo de potencia:

El sistema de elevación mediante tornillo de potencia es un tipo de accionamiento que utiliza un tornillo y una tuerca para mover una carga verticalmente. La tuerca se desplaza a lo largo del tornillo, mientras que un motor eléctrico transmite la rotación ya sea al tornillo o la tuerca, generando un movimiento lineal que eleva o desciende la carga. Este sistema al igual que el resto ofrece sus ventajas y desventajas:

Ventajas

- Velocidad de elevación controlada

- Mecanismo de elevación simple, consta de pocos componentes
- Requiere poco espacio de instalación
- Requiere menos componentes de seguridad

Desventajas:

- Recorrido limitado a la longitud del tornillo sin fin
- Velocidad de elevación baja
- Costo elevado de fabricación del tornillo sin fin
- Mayor grado de mantenimiento y requiere lubricación constantemente

Sistema de elevación Electromecánico (por suspensión de cable):

Los elevadores con este tipo de accionamiento se caracterizan principalmente por la constitución de su sistema de tracción: un grupo motor, freno, reductor y polea de adherencia o tambor de arrollamiento.

Este tipo de elevadores por lo general incorporan el cuarto de máquinas en la parte superior del hueco, donde van ubicados los componentes principales del sistema de tracción ya denominados y además utilizan un contrapeso que equilibra el peso de la cabina. Aunque también existen sin sala de máquinas, con la posibilidad de optar con estructuras autoportantes y prescindir de un contrapeso.

A continuación, se muestran sus ventajas e inconveniente:

Ventajas:

- Sin limitación de recorrido
- Costo inicial y mantenimiento más barato
- Potencia instalada y rendimiento mayor
- Gran capacidad de carga

Desventajas:

- Mayor cantidad de componentes de seguridad

- Mayores componentes de tracción.
- Mayor desgaste en cables de tracción
- Poca flexibilidad en su instalación y montaje

4.5 Selección del Sistema de elevación

Una vez establecidas las ventajas e inconvenientes entre los tipos de accionamiento de elevación, con el objetivo de justificar la selección realizada, es necesario establecer una comparativa entre ellos, teniendo en cuenta tanto las ventajas y desventajas mencionadas como otros aspectos.

Los distintos sistemas alternativos se calificaron por el método de evaluación ponderada, de la siguiente manera

| Desempeño | Calificación |
|--------------|--------------|
| Insuficiente | 1 |
| Regular | 2 |
| Competente | 3 |
| Destacado | 4 |

| Matriz de decisión | | | A | | B | | C | |
|----------------------------------|--------------------|------|----------------------|-------------|--------------------|-------------|-------------------------|-------------|
| Elección de Sistema de Elevación | | | Tornillo de potencia | | Sistema Hidráulico | | Sistema Electromecánico | |
| Criterio de selección | | Peso | Calific. | Eval. Pond. | Calific. | Eval. Pond. | Calific. | Eval. Pond. |
| 1 | Costo Inicial | 20% | 2 | 0,4 | 2 | 0,4 | 4 | 0,8 |
| 2 | Seguridad | 20% | 4 | 0,8 | 4 | 0,8 | 3 | 0,6 |
| 3 | Impacto Ambiental | 15% | 3 | 0,45 | 2 | 0,3 | 3 | 0,45 |
| 4 | Consumo Energético | 15% | 2 | 0,3 | 2 | 0,3 | 3 | 0,45 |
| 5 | Espacio Requerido | 10% | 4 | 0,4 | 3 | 0,3 | 2 | 0,2 |
| 6 | Mantenimiento | 10% | 2 | 0,2 | 3 | 0,3 | 3 | 0,3 |
| 7 | Capacidad de Carga | 10% | 2 | 0,2 | 4 | 0,4 | 4 | 0,4 |
| Total | | 100% | | 2,75 | | 2,8 | | 3,2 |
| Lugar | | | 3 | | 2 | | 1 | |

Tabla 4-Matriz de decisión

Según los resultados obtenidos en la matriz, se puede observar que el sistema de elevación más conveniente a las necesidades es el Sistema Electromecánico con cable suspendido.

4.6 Criterio de Diseño de Elevador Adaptado

Se decide avanzar con el diseño de un elevador adaptado debido a que podemos adecuarlo según las necesidades específicas del edificio sin requerir una gran obra civil. Esto nos permite evitar interrupciones y obstrucciones en los espacios ya asignados en el taller de electromecánica, además de brindarnos la oportunidad de diseñar el sistema de alimentación eléctrico para el elevador y con esto garantizar que la mayor parte de la energía consumida provenga de fuentes renovables.

Se opta por el diseño de un elevador con sistema de elevación electromecánico (por cable suspendido) debido a su bajo costo inicial, a su alta disponibilidad de componentes en el mercado nacional y por su bajo consumo energético en comparación con otros sistemas disponibles. Así también como su reducido impacto ambiental, ya que no utiliza ni genera residuos contaminantes.

La utilización de este sistema además nos permite la construcción de una estructura autoportante con gran capacidad de adaptación en espacios reducidos o exteriores.

Capítulo V - Diseño de Elevador Adaptado

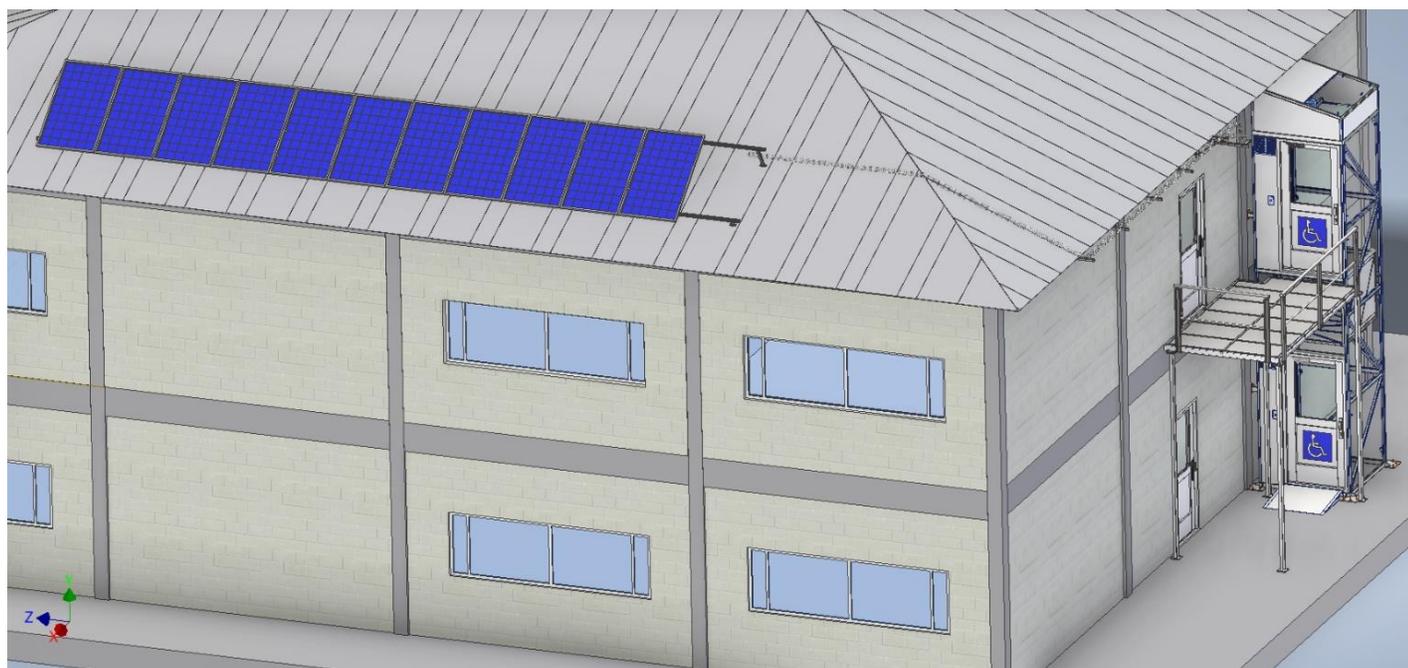
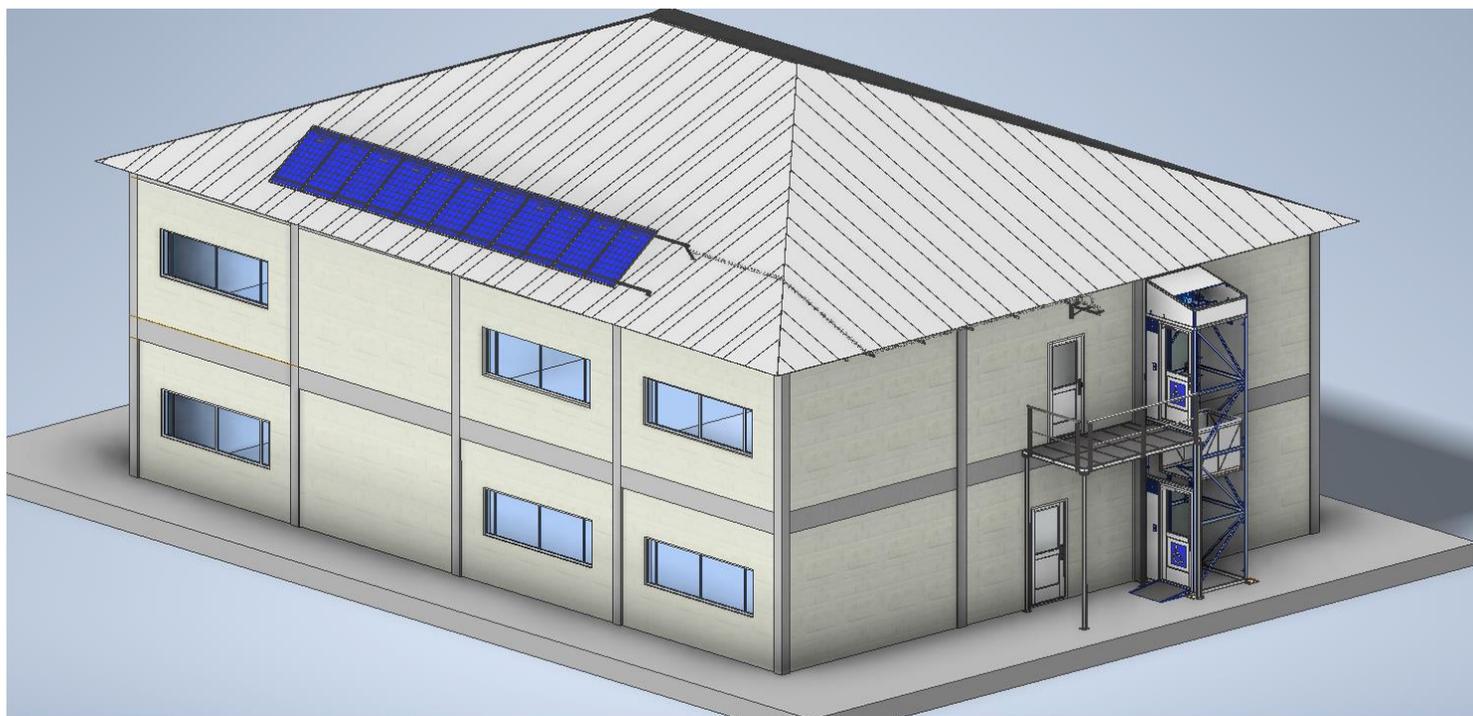
A la hora de llevar a adelante el diseño del elevador adaptado se tiene como prioridad la innovación, sujeto a las exigencias de la normativa, y el respeto por el medio ambiente, intentando mitigar al máximo el impacto ambiental.

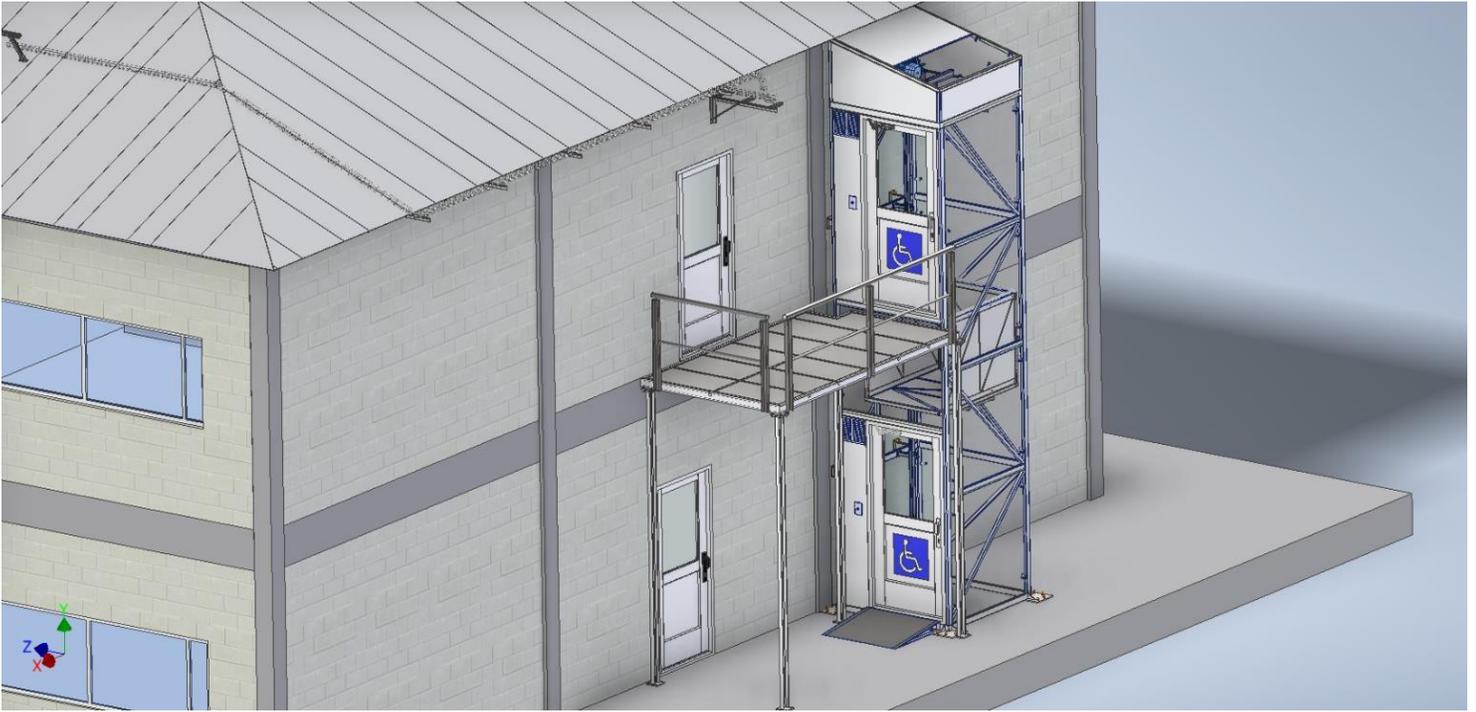
Por lo tanto, en esta etapa de diseño, se decide llevar a cabo un elevador cuyo sistema de elevación sea acorde con lo descrito con anterioridad, el cual esta resguardado con un cerramiento que proteja al mismo de agentes externos y a su vez haga la función de barrera física entre las personas y el exterior. Este cerramiento está compuesto por vidrio polarizado espejado que reflejará la radiación solar, reduciendo los efectos de la carga térmica. Sin embargo, permite la entrada de luz solar durante el día, lo que proporciona iluminación natural, lo que, a su vez, conllevará a un ahorro energético.

También se decide utilizar una plataforma elevadora en lugar de una cabina convencional como las utilizadas en ascensores, consiguiendo de esta manera que la plataforma aproveche la iluminación natural que deja pasar el recubrimiento traslucido del cerramiento. En horas de la noche la iluminación de la plataforma es mediante luz LED, respetando como mínimo los 50 lux en la base de la plataforma que exige la normativa.

A continuación, se incluyen ilustraciones que muestran el resultado final del diseño del elevador y sistema fotovoltaico, como así también el entorno y la ubicación de los mismos, el cual fue realizado utilizando los softwares SolidWorks e Inventor.

Ilustración 16 - Ubicación Elevador y Sistema Fotovoltaico





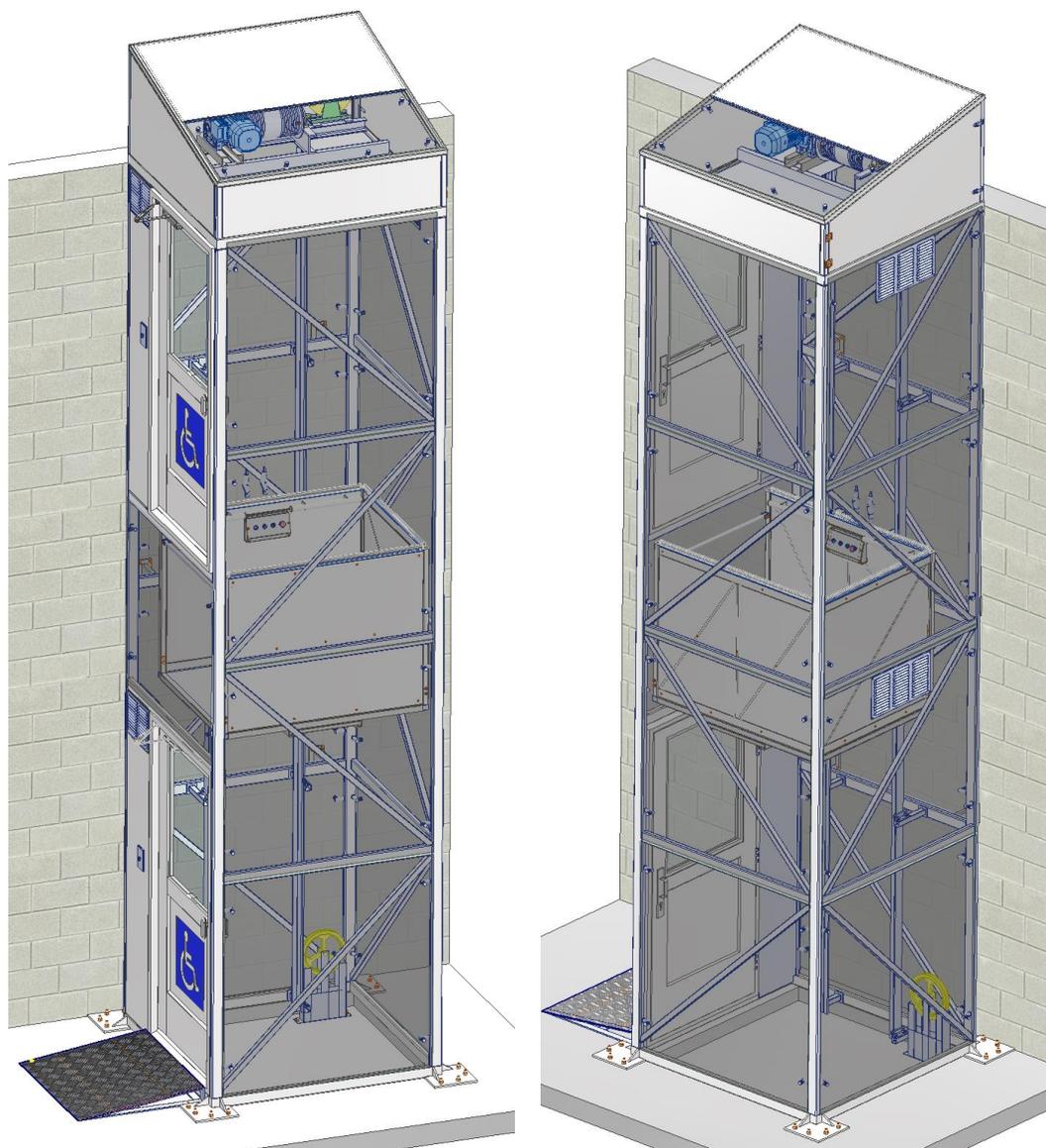


Ilustración 17-Elevador Adaptado

Con el fin de comprender de manera detallada las distintas partes que conforman el elevador, se presentan a continuación los elementos principales que lo componen

- ❖ Estructura fija
- ❖ Estructura móvil (arcata y plataforma)
- ❖ Sistema motriz
- ❖ Sistema eléctrico

❖ Sistema de control

Estructura fija:

La estructura fija del sistema se caracteriza por ser una retícula autoportante, compuesta principalmente por perfiles estructurales rectangulares y cuadrados. Esta retícula se forma gracias a la interconexión de los perfiles mediante tirantes horizontales y oblicuos.

Esta juega un papel fundamental al soportar y sustentar todo el peso del sistema, incluyendo el conjunto motriz, la plataforma, la arcata y los pasajeros. Su diseño reticulado y la utilización de perfiles estructurales brindan la resistencia y rigidez necesarias para mantener la estabilidad del elevador en funcionamiento.

La estructura fija cumple un rol importante en la distribución de las cargas aplicadas a lo largo de la misma, asegurando una distribución equilibrada y minimizando la concentración de esfuerzos en puntos específicos. Esta se mantiene fija, mediante pernos de fijación al suelo de hormigón y a la pared de la edificación.

Además, esta estructura, al estar expuesta al entorno exterior, se ve expuesta a las fuerzas del viento y a las variaciones térmicas provocadas por las temperaturas extremas del verano. En consecuencia, se lleva a cabo una verificación estructural para garantizar su resistencia frente a estas condiciones.

El cerramiento de la estructura está compuesto por rejillas de ventilación natural y paneles de vidrio polarizado que reflejan la radiación solar, disminuyendo así los efectos de la carga térmica. Sin embargo, permiten la entrada de luz solar durante el día, lo que proporciona una iluminación diurna adecuada. Durante la noche, se utiliza iluminación LED debido a su eficiencia energética, lo que contribuye a un consumo eléctrico reducido.

La función del cerramiento es proteger la plataforma elevadora, sus mecanismos y a los pasajeros de agentes externos y condiciones climáticas adversas.

En ella también se encuentran las puertas de piso, que dan ingreso a la plataforma. La apertura de estas es hacia el exterior y cada una contiene un cierrapuertas hidráulico.

Con respecto a la obra civil, como en este caso el conjunto se ubica en el exterior, solamente se debe realizar la obra del contrapiso de hormigón y el acceso desde la planta alta al elevador.

Sistema Motriz:

El sistema motriz de este elevador está constituido por todos los componentes que generan el movimiento vertical de la unidad móvil (arcata).

El mismo está ubicado en la parte superior de la estructura autoportante y descansa sobre ella.

Consta de un motor eléctrico asíncrono con freno de seguridad, acoplado a un reductor sinfín y corona, que acciona el tambor donde se enrollan dos cables independientes.

Estructura Móvil:

Arcata

La arcata es el componente que realiza el movimiento de traslación vertical mediante el esfuerzo ejercido por dos cables.

Esta estructura, consta de dos perfiles U verticales; solidarios a los mismos y prácticamente perpendicular se unen otro par de perfiles, pero en este caso son de sección variable para conseguir ahorro de peso, formando así un par de "L". Estas se unen mediante crucetas y refuerzos horizontales constituyendo la arcata.

Los cables de tracción se vinculan a la arcata en el perfil horizontal superior.

Plataforma

Sobre la base de la arcata se encuentra vinculada mediante bulones la plataforma que transporta a los usuarios.

Esta cuenta con acceso unilateral, y tres paredes de mediana altura.

Se ha tomado en cuenta que las dimensiones de la plataforma sean adecuadas y apropiadas para permitir el acceso de una silla ortopédica de acuerdo con las medidas establecidas por la norma ISO 7176-5:2008.

Las paredes son paneles conformados por perfiles estructurales y recubiertas de chapa, que se montan y se vinculan mediante bulones a la base de la plataforma.

Dicha base está construida de perfiles estructurales de acero, y chapa antideslizante.

En su interior se encuentra un tablero de mando y pasamanos de agarre.

También cuenta con una barrera física de seguridad que pivota en un extremo permitiendo que se mueva en un ángulo de 90° desde su posición original para dar el acceso hacia la plataforma.

En todos los bordes se encuentran colocados bordes sensibles de seguridad para reducir riesgos de atrapamiento o cizallamiento. A su vez se cuentan con las condiciones acordes a las normas de seguridad y diseño vigentes según ISO-9386-1.

Sistema de Control

El sistema de control del elevador desempeña un papel fundamental en asegurar su funcionamiento correcto y su seguridad. Este sistema está compuesto por diversos componentes que trabajan en conjunto para lograr un control eficiente, siendo el PLC el encargado de su automatización. A continuación, se describen con mayor detalle los componentes del sistema de control:

En la plataforma del elevador, se encuentra el panel de control o botonera, que permite a los usuarios seleccionar el piso de destino. Además, se encuentran los botones de piso que, al ser accionados, inician el sistema motriz. También se dispone de un pulsador de parada de emergencia, el cual detiene la plataforma en cualquier momento que se lo pulse, y un botón de alarma sonora.

Para garantizar la seguridad, los bordes de la plataforma están equipados con “bordes sensibles de seguridad”. Estos detectan la presión ejercida sobre ellos y detienen el sistema motriz, evitando posibles situaciones peligrosas.

Las puertas de piso solo pueden abrirse cuando el elevador llega al piso de destino, esto es gracias a las cerraduras electromagnéticas que las controlan. En caso de que alguna puerta de piso no esté cerrada correctamente al inicio del movimiento del elevador, se emite una alerta sonora para informar al usuario y, al mismo tiempo, se evita el inicio del movimiento.

El limitador de velocidad también juega un papel importante en la seguridad del elevador. Contiene un contacto eléctrico normalmente cerrado (NC) que se activa cuando la velocidad de la plataforma excede los límites establecidos, dando la orden de detener el sistema motriz.

Además, en cada piso se encuentran los finales de carrera, los cuales detectan la posición de la plataforma al llegar al piso de destino. Estos finales de carrera son fundamentales para garantizar un correcto posicionamiento de la plataforma y permitir la apertura de puertas de manera segura.

Sistema de Eléctrico

El sistema eléctrico del elevador, diseñado siguiendo la normativa AEA 90364-7-791, desempeña un papel fundamental en el funcionamiento seguro y eficiente del mismo. Este sistema se compone de varios elementos clave que trabajan en conjunto para garantizar un control adecuado, una iluminación adecuada y una alimentación energética sostenible.

El tablero de control es el componente central del sistema eléctrico, ya que alberga los sistemas de control y/o maniobra, relacionadas con el movimiento y la operación del elevador. Desde este punto, se controlan el motor, los sensores de posición y cualquier otro componente eléctrico necesario para el correcto funcionamiento del elevador.

Además, en el sistema eléctrico se incluye la iluminación del elevador, siendo la encargada de garantizar visibilidad en horas donde no hay luz solar. Se utiliza luminarias LED de bajo consumo energético, en línea con la búsqueda de eficiencia y ahorro energético.

Es importante destacar que todo el sistema eléctrico del elevador se alimenta con energía renovable durante el día, y durante la noche con inyección de la red. Esto significa que la energía eléctrica necesaria para el funcionamiento del elevador proviene en su mayoría de fuentes de energía limpia, como la solar. Este enfoque en la energía renovable ayuda a reducir el impacto ambiental del elevador y contribuye a la sostenibilidad en el uso de los recursos energéticos.

Seguridad del Elevador

Bordes sensibles

Como se mencionó anteriormente, uno de los elementos de seguridad fundamentales en la constitución del elevador son los bordes sensibles de seguridad ubicados en la plataforma.

Los bordes sensibles son dispositivos de seguridad fabricados en materiales flexibles y resistentes, como caucho o poliuretano, que se colocan en los bordes de puertas automáticas, portones o equipo de elevación, y se activan cuando una fuerza es aplicada en la superficie del borde, deteniendo el movimiento del equipo para evitar atrapamientos o impactos con objetos o personas en su camino. Se comportan como un contacto NC y al accionarlo detienen el sistema motriz.

En este caso se ubican en los bordes de las paredes laterales de la plataforma, en donde si son presionados, la plataforma se detiene automáticamente.

Barrera de seguridad

Una barrera de seguridad es un elemento de protección que además de permitir el paso o no, establece un límite físico y sirve a su vez de contención.

En este caso, se coloca en el ingreso a la plataforma. Está conformada por una barra que pivota en un extremo. En su posición inicial se encuentra en horizontal y no permite el paso. Pero cuando gira 90° hacia arriba permite el paso hacia el interior o exterior de la plataforma.

Sistema de apertura de puertas de piso.

El sistema de apertura de puertas de piso en el elevador garantiza que, durante el funcionamiento de este, nadie pueda intentar abrir las puertas. Para lograr esto, se utilizan cerraduras electromagnéticas que aseguran el cierre adecuado de las puertas y evitan la apertura no autorizada.

Es por ello que estas solo se pueden abrir desde el exterior cuando el elevador llega al piso de destino.

Además, en cada puerta de piso se encuentra un brazo cierra puertas hidráulico. Este es un dispositivo que se utiliza para asegurar que se cierren correctamente antes de que el elevador comience a moverse. El brazo se extiende desde el marco de la puerta y la empuja hacia el marco cuando se cierra, asegurando que la puerta esté completamente cerrada y bloqueada antes de que el elevador inicie su recorrido. Esto ayuda a prevenir accidentes y lesiones al evitar que alguien quede atrapado entre las puertas mientras el elevador se mueve.

Parada de emergencia – Alarma sonora

El pulsador de parada de emergencia es un elemento que se encuentra dentro de la plataforma del elevador y permite detenerlo de manera inmediata en caso de una emergencia. La alarma sonora, por otro lado, es un dispositivo que emite una señal sonora para alertar a las personas cercanas en caso de una emergencia. Esta también se activa mediante un botón ubicado en el panel de comando de la plataforma.

Ambos dispositivos son elementos de seguridad importantes para los pasajeros del elevador.

Freno paracaídas

El freno paracaídas es un dispositivo de seguridad ubicado en la estructura móvil y utilizado en los sistemas de elevación que se acciona para evitar caídas libres de la plataforma en caso de que se produzca la rotura de los cables o ante excesos de velocidad. Este freno funciona mediante el acuñamiento de rodillos que se “agarran” a los rieles guías en caso de emergencia. Estos rodillos son activados por un mecanismo que actúa automáticamente en caso de que la velocidad de la plataforma supere un límite preestablecido o ante la ausencia de tensión en el cable de tracción. Al activarse, el freno paracaídas detiene rápidamente la plataforma y la mantiene fija en su posición para evitar una posible caída.

Limitador de velocidad

El limitador de velocidad se encarga de controlar y limitar la velocidad de la plataforma elevadora en su recorrido. Su funcionamiento se basa en un sistema de seguridad que actúa en caso de que la velocidad supere un límite preestablecido y calibrado previamente.

El limitador de velocidad está compuesto por un mecanismo que incluye una polea y un cable que está amarrado a la arcata de la plataforma elevadora. Si la velocidad de la plataforma supera el límite establecido, el mecanismo se activa y aplica una fuerza contraria al movimiento, lo que detiene a la plataforma elevadora y evita un posible accidente.

Consideraciones de Diseño

Factor de Seguridad General

Según la norma ISO 9386, en su apartado 4.9, el factor de seguridad para todas las partes del elevador no debe ser inferior a 1,6 en función de la carga de fluencia y la carga dinámica máxima. Este factor de seguridad se basa en acero o materiales dúctiles equivalentes.

5.1 Memoria de Cálculo - Sistema de Elevación

El sistema de elevación está compuesto por un motor eléctrico equipado con un freno de seguridad. Este motor está acoplado a un reductor de tipo sin fin corona, el cual se conecta a un solo tambor de arrollamiento en su salida. El tambor de arrollamiento permite la tracción de dos cables independientes, enrollándolos para elevar la plataforma y desenrollándolos para permitir su descenso.

5.1.1 Cables de tracción

Generalidades

Los cables de acero son indispensables hoy en día en los aparatos de elevación. Una prueba de este hecho es que han sustituido completamente a las cadenas, sobre las que tienen ventajas considerables. Su peso propio es más reducido, permiten velocidades más elevadas, producen menos ruido y aumentan la seguridad porque no se rompen de golpe como las cadenas, sino que se van rompiendo los hilos paulatinamente. No obstante, tienen el inconveniente de imponer poleas y tambores de radios más elevados.

Para formar un cable, se enrollan un gran número de hilos de acero de alta resistencia. Dichos hilos se disponen en torones que, a su vez, se enrollan alrededor de un alma formando el cable.

Dimensionamiento

Dimensionamos en primera instancia los cables de tracción del elevador, para esto nos basamos principalmente en la norma ISO 9386-1. Según la misma, en su apartado 7.4, el diámetro mínimo que deben tener los cables de tracción es de 5mm. Todos los cables deben cumplir con la norma ISO 4344 y una cantidad no inferior a dos. El factor de seguridad de los cables no debe ser inferior a 12.

A continuación, se muestran los diámetros comerciales de cables para elevadores, que ofrece el fabricante IPH.

Ilustración 18 - Selección de cable para elevadores

|  | Carga mínima de rotura | | | |
|---|------------------------|-------------|-----------------------------------|-----|
| | Diámetro | Masa aprox. | Grado 1370/1770 N/mm ² | |
| | [mm] | [kg/m] | [kN] | [t] |
| | 8,00 | 0,218 | 29,4 | 3,0 |
| | 9,50 | 0,307 | 41,5 | 4,2 |
| | 10,00 | 0,340 | 46,0 | 4,7 |
| | 11,00 | 0,411 | 55,7 | 5,7 |
| | 12,00 | 0,490 | 66,2 | 6,8 |

Aunque el fabricante de cables de acero ofrece un diámetro mínimo de 8 mm, se selecciona un cable de 10 mm, debido a la falta de disponibilidad del proveedor nacional de tambores de arrollamiento para dichos diámetros. La selección del tambor se detalla posteriormente en el presente informe.

Datos cable seleccionado

- ❖ Modelo: IPH 819E
- ❖ Diámetro: 10mm
- ❖ Masa: 0,340 [kg/m]
- ❖ Carga mínima de rotura: 4,7t – 46kN
- ❖ Alma: Fibra de sisal lubricada de alta densidad
- ❖ Construcción: 8x19 Seale (1+9+9)
- ❖ Elongación durante el periodo de asentamiento inferior al 1%.
- ❖ Tolerancia de diámetro [sin carga]: +2/+5%.
- ❖ Tolerancia de diámetro [con 10% pre carga]: 0/+3%
- ❖ Norma ref.: ISO 4344 / IRAM 840

Cálculo tensión estática del cable:

Peso a soportar por los cables

$$P = P_c + P_p + P_a$$

Donde

P_c Peso carga nominal **1962N** (200kg)

$(P_p + P_a)$ Peso de plataforma + Peso Arcata **1471N** (150kg)

$$P = 350kg$$

Factor de Seguridad

$$FS = \frac{C_{rotura}}{P}$$

$$FS = \frac{2 * 4700kg}{350kg}$$

$$FS = 26,85 > 12$$

El coeficiente de seguridad verifica, por lo tanto, se adoptan 2 cables IPH 819E de 10mm de diámetro.

Cálculo tensión dinámica del cable:

Aunque el cálculo anterior se basó en un análisis estático, al considerar la aceleración ascendente de la plataforma, ésta no excede el 25% de la aceleración gravitatoria.

$$F_T = F_g + (m * a)$$

Siendo

F_T Fuerza tensión del cable

F_g Fuerza de gravedad

m Masa total

a Aceleración de la masa

$$F_T = 350kg * 9,8 \frac{m}{s^2} + (30kg * 0,25 * 9,8 \frac{m}{s^2})$$

$$F_T = 4287,5N$$

Factor de Seguridad

$$FS = \frac{F_{rotura}}{F_T}$$

$$FS = \frac{2 * 46000N}{4287,5N}$$

$$FS = 21,45 > 12$$

Por lo tanto, el FS también verifica en el cálculo dinámico.

Terminal del cable

Para la fijación de los cables se utilizan terminales amarra cables para cables de 10mm. Los mismos se amarran al perfil horizontal superior de la arcata.

El excedente de cable (punta muerta) se sujeta con grapas (se recomiendan al menos 3 para cables de 10mm) y la distancia entre ellos debe ser de al menos 6 veces el diámetro del cable, por lo que la distancia entre grapas es de al menos 60mm. Y la distancia de cable que excede después de la última grapa debe ser de al menos 6 veces el diámetro del cable, por lo tanto, debe exceder también al menos 60mm.

Ilustración 19 - Terminal amarra cables rígido



Ilustración 20-Grapa para cable de acero



5.1.2 Tambor de arrollamiento

Generalidades

La función de los tambores de cables es la de ir almacenando el cable sobrante al producirse la elevación de la carga. Podemos clasificar los tambores en dos grandes grupos de acuerdo a la forma de enrollar el cable sobre su generatriz

- De varias capas de cable: El cable se enrolla en capas sucesivas sobrepuestas una sobre la otra, son generalmente tambores lisos.
- De una sola capa de cable: Normalmente poseen ranuras sobre sobre su generatriz dispuesta en forma helicoidal permitiendo el enrollamiento del cable en una sola capa

Los tambores se fabrican de fundición, de acero fundido o en construcción de chapa de acero soldada, estos últimos permiten economías considerables en peso y son más económicos

Dimensionamiento

Los cálculos realizados a continuación corresponden al dimensionamiento de un único tambor para dos cables independientes, ranurado a izquierda y derecha.

Para esta oportunidad se escoge un tambor de arrollamiento del fabricante nacional "MA Componentes de Grúas" el cual nos brinda la siguiente tabla (La norma internacional utilizada para tabla técnica es DIN 1540)

Tabla 5-Tambores de arrollamiento según diámetro de cable

| ø C | ø D (mm) | | | | | | Capacidad de carga (kN) | | | | | | R1 | E | F |
|-----|----------|-----|-----|-----|-------|-----|-------------------------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|
| | 1Bm | 1Am | 2m | 3m | 4m | 5m | 1Bm | 1Am | 2m | 3m | 4m | 5m | | | |
| 10 | 140 | 160 | 180 | 200 | 224 | 250 | 15,6 | 13,8 | 11,1 | 8,9 | 7,2 | 5,7 | 5,3 | 11,5 | 4 |
| 11 | 154 | 176 | 198 | 220 | 246,4 | 275 | 18,9 | 16,8 | 13,4 | 1,8 | 8,7 | 6,9 | 6 | 13 | 4,5 |
| 12 | 168 | 192 | 216 | 240 | 268,8 | 300 | 22,5 | 19,9 | 16 | 12,8 | 10,3 | 8,3 | 6,5 | 14 | 4,5 |
| 13 | 182 | 208 | 234 | 260 | 291,2 | 325 | 26,4 | 23,4 | 18,7 | 15 | 12,1 | 9,7 | 7 | 15 | 5 |
| 14 | 196 | 224 | 252 | 280 | 313,6 | 350 | 30,6 | 27,1 | 21,7 | 17,4 | 14,1 | 11,3 | 7,5 | 16 | 5,5 |
| 16 | 224 | 256 | 288 | 320 | 358,4 | 400 | 40 | 35,4 | 28,4 | 22,8 | 18,4 | 14,7 | 8,5 | 18 | 6 |

Por lo que nos ofrece tambores de arrollamiento para un diámetro mínimo de cable de 10mm.

Diámetro mínimo del tambor

Según la normativa ISO 9386 en su apartado 7.4.2 establece que el diámetro del tambor no debe ser inferior a 21 veces el diámetro nominal del cable medido en el fondo de la ranura del cable

$$d_{min} = 21 * d_{cable}$$

$$d_{min} = 21 * 10mm$$

$$d_{min} = 210mm$$

De esta manera, se escoge un tambor de arrollamiento de $\varnothing 250mm$ para cable de $\varnothing 10mm$.

Velocidad de la plataforma

Es importante destacar que la norma ISO 9386 en su apartado 4.7, establece que la velocidad nominal de la plataforma elevadora en el sentido de la marcha no será superior a 0,15 m/s.

$$v_{plataforma} \leq 0,15m/s = 150 \text{ mm/s}$$

Para la velocidad establecida, el tiempo de cada viaje del elevador (ascenso o descenso), viene dado por la relación entre la distancia que recorre el mismo y la velocidad;

$$t = \frac{e}{v} = \frac{3,68m}{0,15m/s} = 24,5 \text{ s}$$

Relación del reductor

Se propone una relación para el reductor sin fin – corona de 80

$$i = 80$$

Velocidad de salida del reductor

La velocidad a la que debería girar el conjunto tambor-reductor viene dada por la siguiente expresión

$$n_r = \frac{v}{\pi * d_t} * \frac{60seg}{1min}$$

$$n_r = \frac{150mm/seg}{\pi * 250mm} * \frac{60seg}{1min}$$

$$n_r = 11,45 rpm$$

Entonces, la velocidad del motor debe ser

$$n_{nom} = n_r * i$$

$$n_{nom} = 11,45rpm * 80$$

$$n_{nom} = 916rpm$$

Por lo tanto la velocidad del motor requerida será de 916rpm a regular con variador de velocidad, el cual a su vez cumple la función de convertir la alimentación de monofásica a trifásica.

Perfil de garganta del tambor

La norma internacional utilizada para los cálculos es DIN 1540

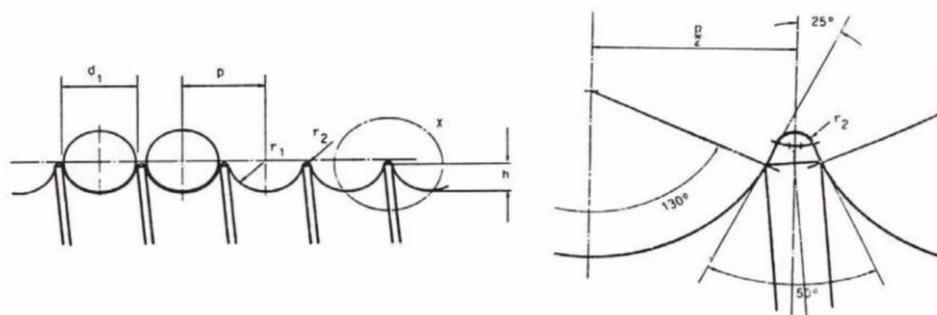


Ilustración 21 - Notación para el perfil de garganta del tambor según DIN 15061-1

Las dimensiones a las que hace referencia la figura anterior para el cable seleccionado son las siguientes

| Radio de garganta r1 [mm] | Diferencia Adm. | p [mm] | h [mm] | r2 [mm] | Diámetro nominal del cable d1 [mm] |
|---------------------------|-----------------|--------|--------|---------|------------------------------------|
| 5,3 | +0,2 | 11,5 | 4 | 0,8 | 10 |

Tabla 6-Dimensiones según DIN 15061-1

Numero de espiras necesarias

Se calcula con la siguiente expresión

$$n = \frac{L}{\pi * D}$$

Siendo

n: espiras necesarias

L: Longitud del cable a enrollar

D: Diámetro primitivo del tambor

$$n = \frac{6000mm}{\pi * 250mm}$$

$$n = 7,64$$

Se consideran 8 espiras necesarias, para cada arrollamiento de cable

Además de las calculadas, se dispondrán 3 espiras muertas más para reforzar la fijación del cable e impedir que éste se desenrolle por completo en el momento que la plataforma alcance la posición más baja

$$Espiras\ totales = 8 + 3 = 11$$

Se requieren 11 espiras en cada arrollamiento.

Ancho del tambor

El ancho de cada ranurado viene dado por la expresión

$$A = n^{\circ} \text{ espiras} * \text{paso}$$

$$A = 11 * 11,5mm$$

$$A = 126,5mm$$

Espesor del tambor

El tambor está sometido a diferentes tipos de fuerzas, como la torsión causada por la tracción del cable y la compresión debida al ajuste del cable. En general, los esfuerzos de

torsión son pequeños y se pueden considerar insignificantes. Del mismo modo, los esfuerzos de flexión suelen ser despreciables, a menos que el tambor sea excepcionalmente largo. En consecuencia, el espesor del tambor debe seleccionarse en función de las fuerzas aplicadas durante el enrollamiento, para garantizar su resistencia adecuada.

Ilustración 22 - Deformación de un tambor bajo la influencia de una espira única

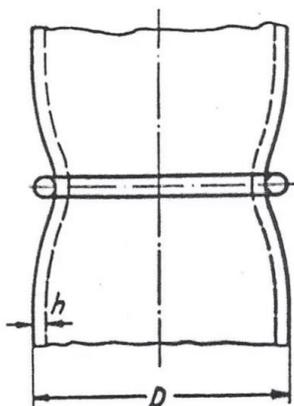
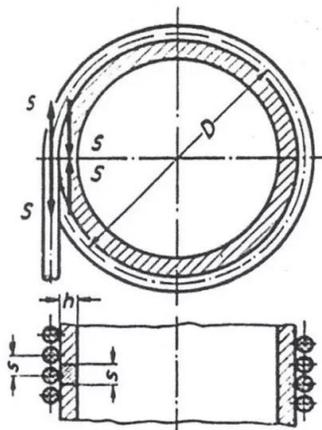


Ilustración 23-Solicitud a compresión del tambor en el caso de un arrollamiento completo



El tambor es sometido a esfuerzos de compresión y flexión debido al arrollamiento del cable. Para ilustrar este tipo de sollicitación, se puede imaginar un tambor que soporte únicamente una espira de cable (tal como se muestra en la *ilustración 22*). Bajo la tracción del cable, el tambor se comprime, experimentando la máxima deformación debida al arrollamiento.

A medida que se aleja de la espira, la deformación y, por lo tanto, el esfuerzo debido a la compresión disminuye. El perfil del tambor deformado se asemeja al de la *ilustración 23*, indicando que hay una sollicitación de flexión en sentido paralelo al eje del tambor.

Los esfuerzos máximos que experimenta el tambor debido a una sola espira son los siguientes:

Debido a la compresión, viene dado por

$$\sigma = 0,93 * S * \sqrt[4]{\frac{1}{Dt^2 * h^6}}$$

$$\text{Debido a la flexión, viene dado por } \sigma_f = 1,61 * S * \sqrt[4]{\frac{1}{Dt^2 * h^6}}$$

Siendo

σ : tensión del tambor debida la compresión del cable [kg/mm²]

σ_f : tensión del tambor debida la flexión del cable [kg/mm²]

h: espesor del tambor, [mm]

S: Tracción máxima sobre cada cable, [kg]

Dt: Diámetro primitivo del arrollamiento, [mm]

En condiciones normales de funcionamiento, el tambor nunca estará cargado únicamente por una sola espira. Es común que el arrollamiento del cable bajo tensión comience desde un extremo del tambor, lo que nos permite determinar el esfuerzo total soportado por el tambor al estar completamente recubierto de espiras. Para calcular este esfuerzo, se deben considerar los esfuerzos causados por cada espira de forma individual y superponerlos. En este caso, la sollicitación de flexión local será nula, ya que si la tracción no varía, la deformación por compresión será constante y la generatriz del tambor se mantendrá recta. Sin embargo, los esfuerzos de compresión se acumularán hasta que la sección correspondiente al paso del

enrollamiento sea solicitada por la tracción del cable. Bajo esta suposición, el esfuerzo de compresión se calcula de la siguiente manera:

$$\sigma = \frac{S}{h * p'}$$

Siendo

σ : esfuerzo de compresión sobre el tambor [kg/mm^2]

h: espesor del tambor, [mm]

p': paso del arrollamiento, [mm]

S: tracción máxima sobre cada cable, [kg]

Esta suposición no se cumple de manera exacta, ya que al colocar la primera espira, el tambor no experimenta la deformación total que resulta del arrollamiento completo. A medida que la deformación del tambor aumenta debido a la adición de espiras, la tracción del cable en las primeras espiras disminuye. La fricción del cable con el tambor impide que las tensiones se equilibren de un extremo a otro del arrollamiento. Para el tambor completamente cubierto de espiras, se obtiene el siguiente esfuerzo de compresión.

El espesor del tambor que viene dado por la *tabla 7*, es decir $h = 6mm$

$$\sigma = 0,85 * \frac{S}{h * p'} \quad [kg/mm^2]$$

$$\sigma = 0,85 * \frac{175 \text{ kg}}{6mm * 11,5mm}$$

$$\sigma = 2,15 \left[\frac{kg}{mm^2} \right]$$

En la extremidad del arrollamiento el esfuerzo es menor, la parte no arrollada refuerza la parte no cubierta

$$\sigma = 0,5 * \frac{S}{h * p'}$$

$$\sigma = 0,5 * \frac{175 \text{ kg}}{6mm * 11,5mm}$$

$$\sigma = 1,26 \left[\frac{kg}{mm^2} \right]$$

La fuerte tensión local a la flexión es

$$\sigma = 0,96 * S * \sqrt[4]{\frac{1}{Dt^2 * h^6}}$$

$$\sigma = 0,96 * 175kg * \sqrt[4]{\frac{1}{(250mm)^2 * (6mm)^6}}$$

$$\sigma = 0,72 kg/mm^2$$

Los costados recortados de las chapas son solicitados a flexión por la componente que resulta de la inclinación de los cables. Es la componente H puede ser estimada en un 10% de la tracción del cable. El esfuerzo a flexión de los costados se calcula:

$$\sigma = 1,44 * \left(1 - \frac{2}{3} * \frac{D_M}{D} \right) * \frac{H}{W^2}$$

Siendo

W: espesor del costado

D: diámetro del tambor

D_M: diámetro del cubo

Considerando el 10% de la fuerza de tracción del cable. Se elige el espesor del costado igual al espesor del tambor según la ilustración:

Tabla 7-Página 306 Prontuario de máquinas- Nicolás Larburu Arrizabalaga

| TAMBORES PARA CABLE DE ACERO | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|--------|-----|------|--------------------------------|---------------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ESPIRAL | | | | ESPESESOR e , SEGUN LA CARGA | | | | | | | |
| Cable d | Tambor | | | Carga en kg. | Diámetro d_f del tambor | | | | | | |
| | b | p | r | | 250 | 300 | 400 | 500 | 600 | 700 | 800 |
| 8 | 1 | 9,5 | 4,5 | 500 | 4-6 | 4-6 | | | | | |
| 10 | 1 | 12 | 5,5 | 1.000 | 6-9 | 6-9 | | | | | |
| 13 | 1,5 | 15 | 7 | 1.500 | | 8-12 | 7-11 | | | | |
| 16 | 2 | 18 | 9 | 2.000 | | 9-14 | 8-13 | | | | |
| 16 | 2 | 18 | 9 | 2.500 | | | 10-15 | 10-12 | | | |
| 19 | 2,5 | 22 | 10,5 | 3.000 | | | 11-16 | 11-16 | | | |
| 22 | 3 | 25 | 12 | 4.000 | | | | 12-18 | | | |
| 24 | 3 | 27 | 13 | 5.000 | | | | 14-20 | 14-20 | | |
| 27 | 3,5 | 31 | 15 | 6.000 | | | | | 15-22 | 14-22 | |
| 29 | 3,5 | 33 | 16 | 7.000 | | | | | 16-24 | 16-24 | |
| 31 | 4 | 35 | 17 | 8.000 | | | | | | 17-26 | |
| 31 | 4 | 35 | 17 | 9.000 | | | | | | 19-27 | 18-26 |
| 33 | 4 | 37 | 18 | 10.000 | | | | | | 20-28 | 19-27 |

Además, determinamos la altura de la pestaña del tambor

$$k = 2,5 * d$$

$$k = 2,5 * 10mm$$

$$k = 25mm$$

Por lo que el esfuerzo a flexión del lateral viene dado por

$$\sigma = 1,44 * \left(1 - \frac{2}{3} * \frac{250mm}{300mm}\right) * \frac{0,1 * 4288N}{(6mm)^2}$$

$$\sigma = 7,62Mpa = 0,762 kg/mm^2$$

Considerando que el tambor se construye de chapa de acero estructural ASTM A53

Gr.B el cual cuenta con las siguientes propiedades mecánicas

$$\text{Modulo de Young } (E) = 210GPa$$

$$\text{Resistencia a la traccion } \sigma_u = 414Mpa$$

$$\text{Tension de fluencia } \sigma_y = 240Mpa$$

Las soldaduras se realizan con electrodo E60XX, el cual cuenta con las siguientes propiedades:

$$\text{Modulo de Young } (E) = 210\text{GPa}$$

$$\text{Resistencia a la traccion } \sigma_u = 430\text{Mpa}$$

$$\text{Tension de fluencia } \sigma_y = 340\text{Mpa}$$

Por lo tanto, las respectivas tensiones admisibles, considerando un FS de 5 (siendo este un valor conservador), vienen dadas por:

Acero estructural ASTM A53 Gr.B

$$\sigma_{adm} = \frac{240\text{Mpa}}{5} = 48\text{Mpa} = 4,89 \left[\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right]$$

Electrodo E60XX

$$\sigma_{adm} = \frac{340\text{Mpa}}{5} = 68\text{Mpa} = 7 \left[\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right]$$

Considerando las tensiones admisibles calculadas con anterioridad, se puede observar que en ningún caso son superadas por los esfuerzos generados en el tambor.

Longitud del tambor

La separación entre ambos arrollamientos debe ser de al menos la mitad del diámetro del tambor

$$S_p = \frac{D_t}{2} = 125\text{mm}$$

La longitud total del tambor se determina sumando el espesor de ambas pestañas al ancho de cada arrollamiento y la separación entre los mismos

$$A_t = 2 * A + 2 * e + S_p$$

$$A_t = 2 * 126,5\text{mm} + 2 * 10\text{mm} + 125\text{mm}$$

$$A_t = 398\text{mm}$$

Fijación del cable

La fijación del cable se realiza por medio de grapas con tornillos de fijación al tambor, al menos tres por cada arrollamiento, como se puede observar en la siguiente ilustración.

Ilustración 24 - Fijación del cable



5.1.3 Dimensionamiento del eje del tambor

Cuando el eje de salida del reductor está rígidamente unido al tambor en un mecanismo de elevación, apoyado en tres puntos (ilustración 31), origina un sistema estáticamente indeterminado. Este tipo de montaje requiere un cuidado especial en la alineación y nivelación difícil de conseguir en la práctica.

Las inexactitudes de montaje, así como la deformación de las estructuras, desgaste de los rodamientos, etc., originan enormes fuerzas adicionales, sobre todo en el eje de salida del reductor, que debido a las fuerzas alternativas de flexión producen una rotura por fatiga y avería en los rodamientos.

Con objeto de conseguir un asiento estáticamente determinado y evitar con ello la presentación de elevados momentos flectores, se incorporan acoplamientos de barriletes entre el reductor y el tambor de los cables (ilustración 32 y 33), compensando los defectos de alineación.

Ilustración 25 - Apoyo en tres puntos estáticamente indeterminado

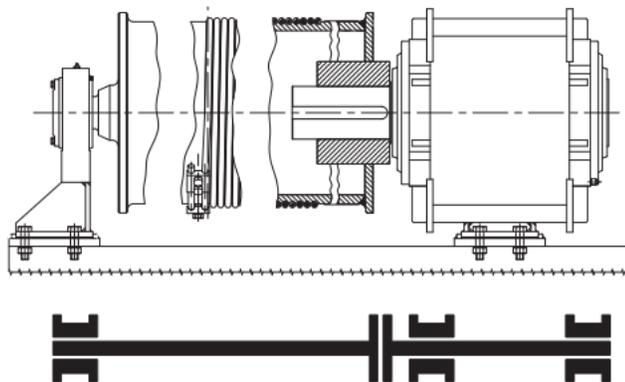
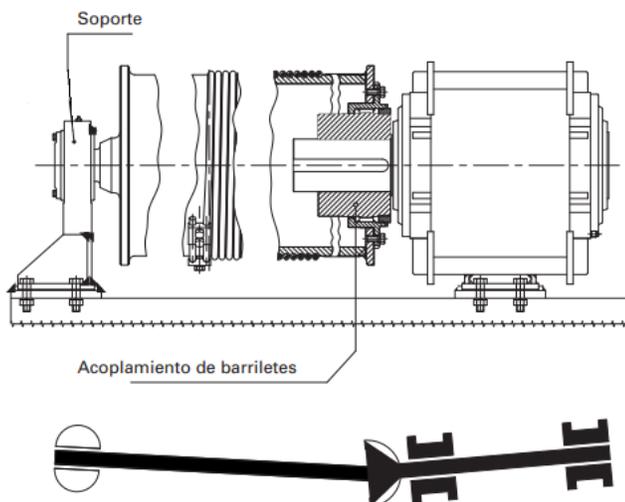


Ilustración 26-Sistema determinado con acoplamiento



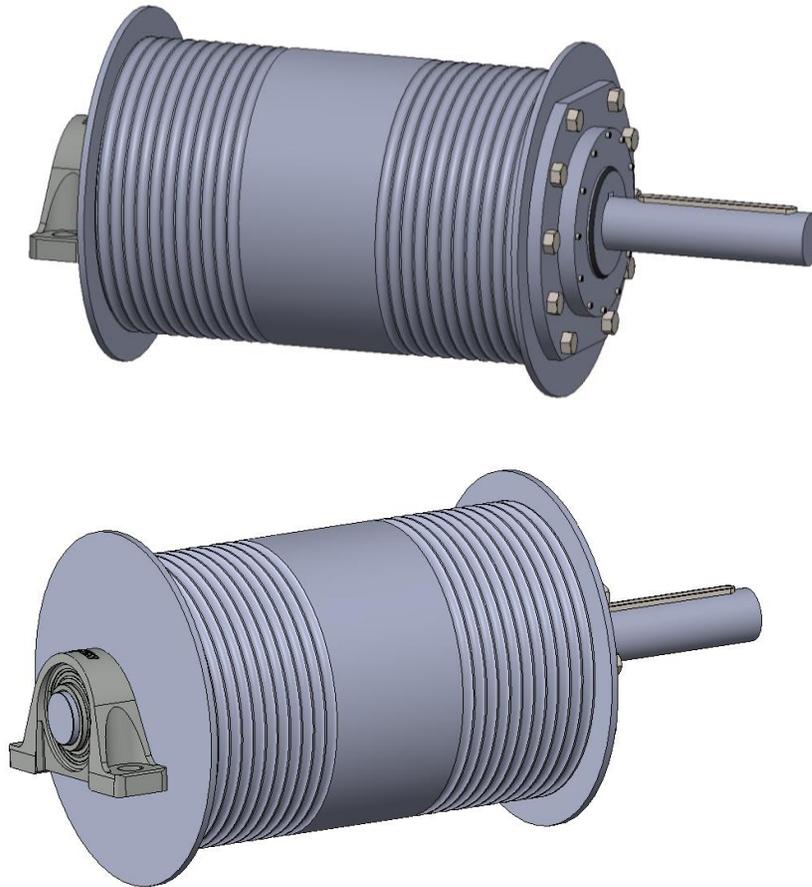


Ilustración 27 - Sistema determinado con acoplamiento

Largo del eje

Conocidas las dimensiones del tambor se considera que el eje debe tener al menos 675mm de longitud aproximadamente, considerando que el mismo debe estar alojado dentro del reductor en un extremo, y en el otro alojado a un soporte con rodamiento.

Esfuerzos máximos

Los esfuerzos que están presentes en un árbol o eje son principalmente

- Torsión
- Flexión
- Corte (Poco usual)

En nuestro caso, consideramos principalmente los esfuerzos de torsión y flexión para el dimensionamiento del mismo.

Para determinar donde se producen los esfuerzos máximos se consideran las condiciones extremas, que se dan cuando los cables se enrollan o desenrollan en su totalidad, como se representa en las siguientes ilustraciones.

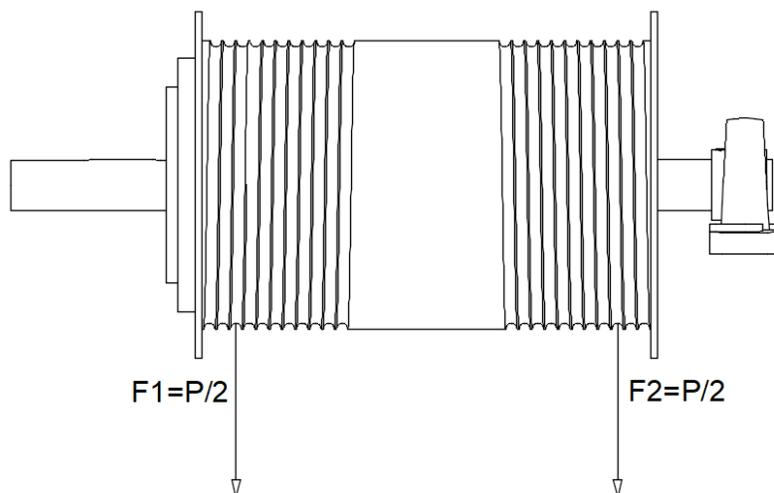


Ilustración 28-Cable desenrollado (Considerando Espiras Muertas)

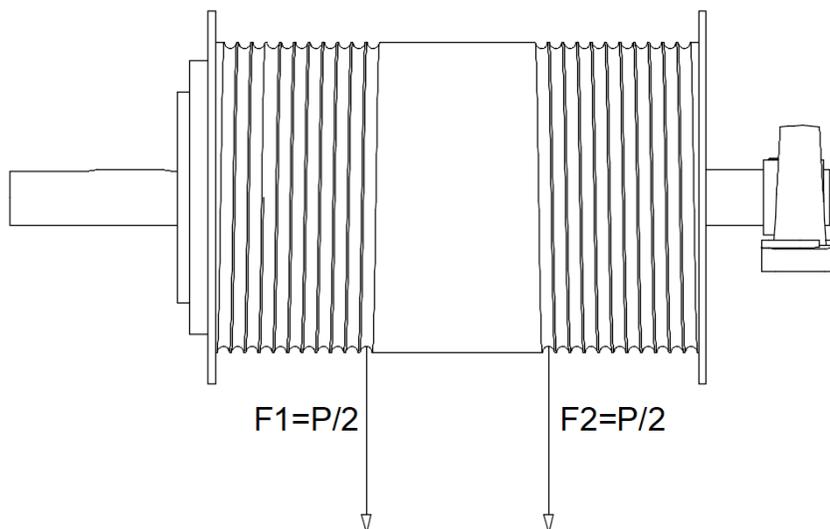


Ilustración 29-Cable enrollado

Cálculo de Flexión y Torsión de eje de tambor

A continuación, se procede a realizar el cálculo estático para determinar los momentos máximos a los que está sometido el eje en ambas situaciones, considerando que el mismo se comporta como una viga simplemente apoyada.

Cálculo Estático de eje – Condición Cable desenrollado

Cálculo de las reacciones

Para encontrar las reacciones en los apoyos, es necesario verificar el equilibrio de fuerzas en vertical, para asegurarse de que la viga no se mueva hacia arriba o hacia abajo, y el equilibrio de momentos.

El diagrama de cuerpo libre es:

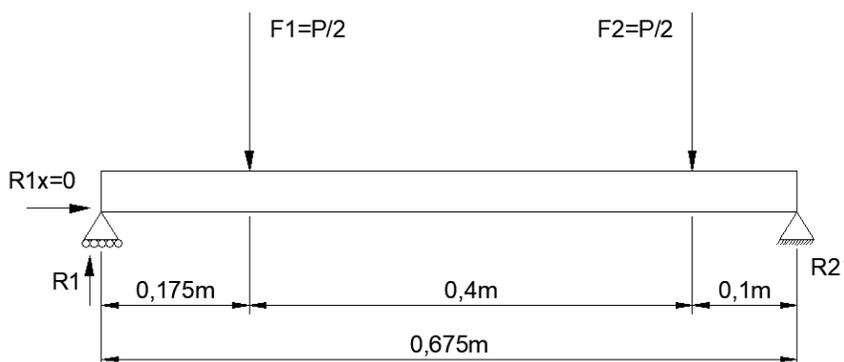


Ilustración 30-Diagrama de viga simplemente apoyada

Siendo

$$P = 3500\text{N}$$

$$P/2 = 1750\text{N}$$

Por lo tanto, equilibrando las fuerzas verticalmente, encontramos:

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F_1 + F_2 - R_1 - R_2 = 0$$

Dónde: R representa las reacciones; F representa fuerzas puntuales. Por lo tanto sustituyendo los valores numéricos, encontramos:

$$R_1 + R_2 = 3500N$$

Haciendo el equilibrio de los momentos en el primer apoyo, encontramos:

$$\sum M = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow R_2(x_{apoyo\ 2} - x_{apoyo\ 1}) - F_1(x_{fuerza\ 1} - x_{apoyo\ 1}) - F_2(x_{fuerza\ 2} - x_{apoyo\ 1}) = 0$$

Sustituyendo los valores numéricos, encontramos

$$R_2(0,675 - 0) = 1750N(0,175 - 0) + 1750N(0,575 - 0)$$

$$0,675R_2 = 1312,5N$$

De las dos ecuaciones, se encuentra el siguiente sistema:

$$R_1 + R_2 = 3500N$$

$$0,675R_2 = 1312,5N$$

Resolviendo el sistema, encontramos:

$$R_1 = 1555N$$

$$R_2 = 1944N$$

Cálculo del momento flector

Para encontrar la ecuación del momento flector, es necesario balancear el momento en cada sección (que va desde 0 hasta x [m]), es decir

$$\sum Fy(x - x_{carga}) + \sum M + M(x) = 0$$

Donde M(x) es el valor del momento flector en la posición x

Sección 1 ($0 \leq x \leq 0,175m$)

Resolviendo el equilibrio de momentos en la sección:

$$-R_1(x - x_{apoyo1}) + M(x) = 0$$

Sustituyendo los valores numéricos, tenemos

$$M(x) = 1555,5x$$

$$M(0,175m) = 272,2 Nm$$

Sección 2 ($0,175m \leq x \leq 0,575m$)

Resolviendo el equilibrio de momentos en la sección:

$$F_1(x - x_{fuerza1}) - R_1(x - x_{apoyo1}) + M(x) = 0$$

Sustituyendo los valores numéricos, tenemos

$$M(x) = -194,4x + 306,25$$

$$M(0,575m) = 194,5Nm$$

Sección 3 ($0,575m \leq x \leq 0,675m$)

Resolviendo el equilibrio de momentos en la sección:

$$F_1(x - x_{fuerza1}) + F_2(x - x_{fuerza2}) - R_1(x - x_{apoyo1}) + M(x) = 0$$

Sustituyendo los valores numéricos, tenemos

$$M(x) = -1944,4x + 1312,5$$

$$M(0,675m) = 0Nm$$

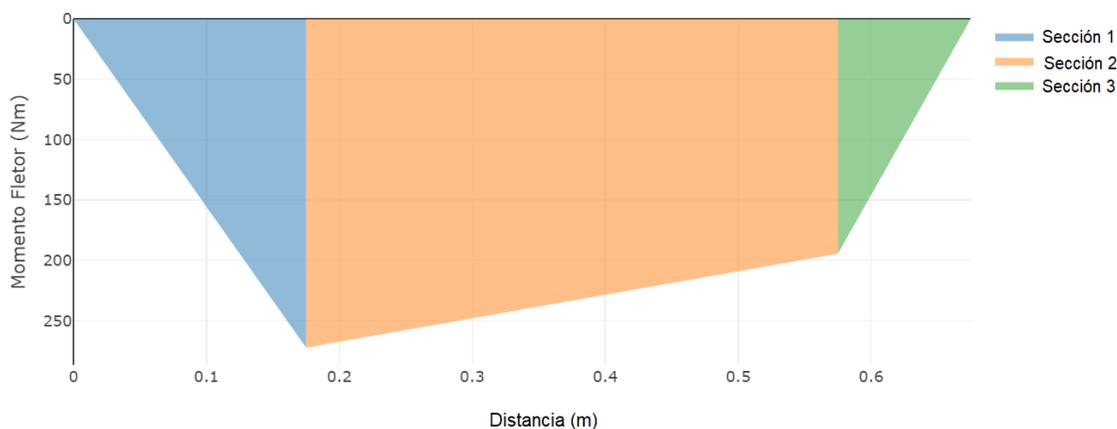


Ilustración 31-Diagrama de Momento Flector

En este caso el momento máximo es de 272Nm

Cálculo Estático de eje – Condición cable enrollado

Cálculo de las reacciones

De la misma manera, para encontrar las reacciones en los apoyos, es necesario verificar el equilibrio de fuerzas en la vertical, y el equilibrio de momentos.

El diagrama de cuerpo libre es:

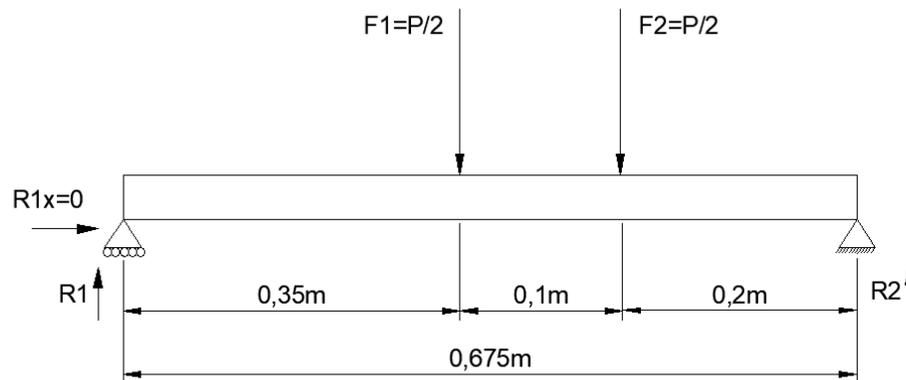


Ilustración 32-Diagrama de viga simplemente apoyada

Siendo:

$$P=3500N$$

$$P/2=1750N$$

Por lo tanto, equilibrando las fuerzas verticalmente, encontramos:

$$\sum Fy = 0 \rightarrow F_1 + F_2 - R_1 - R_2 = 0$$

Dónde: R representa las reacciones; F representa fuerzas puntuales. Por lo tanto, sustituyendo los valores numéricos, encontramos:

$$R_1 + R_2 = 3500N$$

Haciendo el equilibrio de los momentos en el primer apoyo, encontramos:

$$\sum M = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow R_2(x_{apoyo\ 2} - x_{apoyo\ 1}) - F_1(x_{fuerza\ 1} - x_{apoyo\ 1}) - F_2(x_{fuerza\ 2} - x_{apoyo\ 1}) = 0$$

Sustituyendo los valores numéricos, encontramos

$$R_2(0,675 - 0) = 1750N(0,35 - 0) + 1750N(0,45 - 0)$$

$$0,675R_2 = 1400N$$

De las dos ecuaciones, se encuentra el siguiente sistema:

$$R_1 + R_2 = 3500N$$

$$0,675R_2 = 1400N$$

Resolviendo el sistema, encontramos:

$$R_1 = 1426N$$

$$R_2 = 2074N$$

Cálculo del momento flector

Para encontrar la ecuación del momento flector, es necesario balancear el momento en cada sección (que va desde 0 hasta x [m]), es decir

$$\sum Fy(x - x_{carga}) + \sum M + M(x) = 0$$

Donde $M(x)$ es el valor del momento flector en la posición x

Sección 1 ($0 \leq x \leq 0,35m$)

Resolviendo el equilibrio de momentos en la sección:

$$-R_1(x - x_{apoyo1}) + M(x) = 0$$

Sustituyendo los valores numéricos, tenemos

$$M(x) = 1426x$$

$$M(0,35m) = 499,1Nm$$

Sección 2 ($0,35m \leq x \leq 0,45m$)

Resolviendo el equilibrio de momentos en la sección:

$$F_1(x - x_{fuerza1}) - R_1(x - x_{apoyo1}) + M(x) = 0$$

Sustituyendo los valores numéricos, tenemos

$$M(x) = -324x + 612,5$$

$$M(x) = 466Nm$$

Sección 3 ($0,45m \leq x \leq 0,675m$)

Resolviendo el equilibrio de momentos en la sección:

$$F_1(x - x_{fuerza1}) + F_2(x - x_{fuerza2}) - R_1(x - x_{apoyo1}) + M(x) = 0$$

Sustituyendo los valores numéricos, tenemos

$$M(x) = -2074x + 1400$$

$$M(0,675m) = 0Nm$$

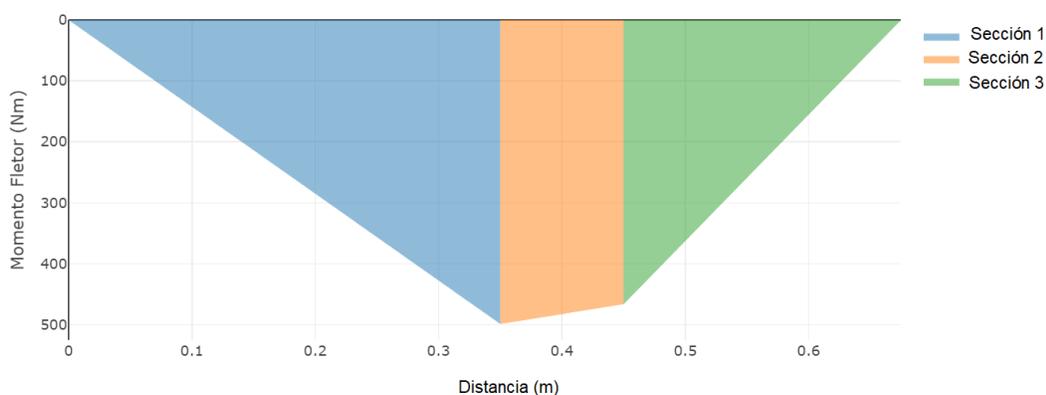


Ilustración 33-Diagrama de Momento Flector

En este caso el momento máximo es de 499 Nm

Por lo tanto, *el momento máximo se da cuando los cables están totalmente enrollados con la carga elevada.*

Siendo:

$$M_{\text{máx}}: 499,1Nm$$

Esfuerzo de torsión

Los esfuerzos de torsión en cambio, son iguales en ambas situaciones, tanto cuando los cables están totalmente desenrollados como cuando no lo están.

Ya que depende del diámetro del tambor y el peso soportado de cada cable

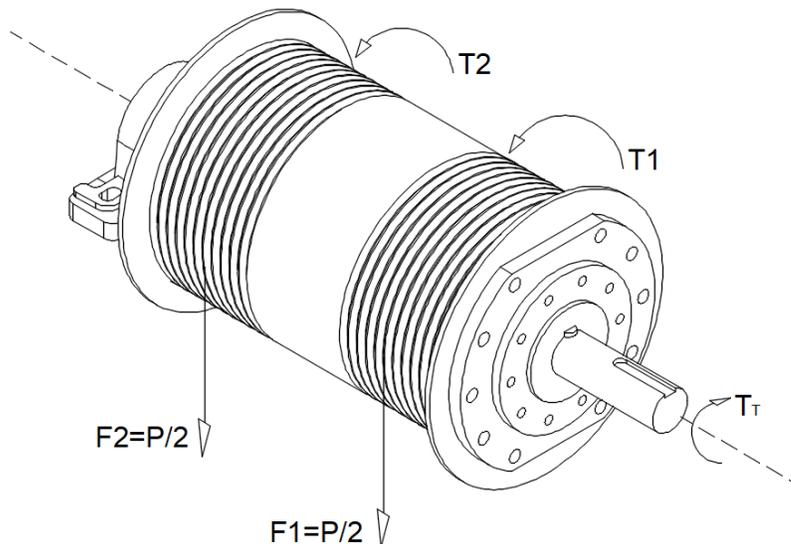


Ilustración 34-Representación esfuerzos de torsión y fuerzas

Cada par torsor viene dado por $T_1 = F_2 * R_t$

$$T_2 = F_1 * R_t$$

Siendo

$$T_1 = 1750N * 0,125m = 218,75Nm \quad T_2 = 1750N * 0,125m = 218,75Nm$$

El par torsor generado por cada cable sobre el tambor, debe ser igual al par torsor total, ya que estos deben equilibrarse, por lo tanto

$$T_T = T_1 + T_2$$

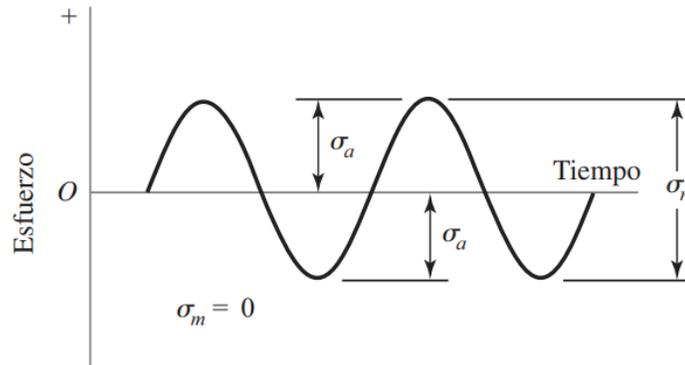
Siendo $T_T = 218,75Nm + 218,75Nm$

$$T_T = 437,5Nm$$

Cálculo de diámetro de eje

Por el funcionamiento al que está sometido el eje, se generan esfuerzos alternados fluctuantes que generan fatiga, como se ve en la siguiente figura

Ilustración 35-Diagrama de relación esfuerzo tiempo



Fuente: Shigley, 9na Edición – Pág. 287

Las componentes del esfuerzo, las cuales están en la figura son

σ_a Componente de la amplitud

σ_r Intervalo de esfuerzo

σ_m Componente del esfuerzo medio

Para el dimensionamiento del eje se considera un acero SAE 1045 estirado en frío. Se aplica un factor de seguridad de 2,5 y una confiabilidad de 99%.

Límite de fluencia

$$S_y = 5400 \frac{kg}{cm^2} = 529,5 \text{ Mpa}$$

Límite de rotura

$$S_u = 6400 \frac{kg}{cm^2} = 627,6 \text{ Mpa}$$

Límite de resistencia a la fatiga – Factores de modificación

Se emplean todos los factores de modificación posibles, en este caso:

$$S_e = k_f * k_R * k_{TM} * S_e'$$

S_e' es el límite de fatiga experimental en condiciones ideales

k_f es el factor de acabado superficial

k_R es el factor de confiabilidad

k_{TM} es el factor de tratamientos mecánicos

Factor de acabado superficial

Se obtiene a partir del siguiente gráfico.

Ilustración 36-Factor acabado superficial



$$k_f = 0,75$$

Factor de confiabilidad

Este factor lo podemos obtener a partir de la siguiente tabla

Ilustración 37-Factor de confiabilidad

| Confiabilidad R | Variable estandarizada z_r | Factor de confiabilidad k_c |
|-------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 0.50 | 0 | 1.000 |
| 0.90 | 1.288 | 0.897 |
| 0.95 | 1.645 | 0.868 |
| 0.99 | 2.326 | 0.814 |
| 0.999 | 3.091 | 0.753 |
| 0.999 9 | 3.719 | 0.702 |
| 0.999 99 | 4.265 | 0.659 |
| 0.999 999 | 4.753 | 0.620 |
| 0.999 999 9 | 5.199 | 0.584 |
| 0.999 999 99 | 5.612 | 0.551 |
| 0.999 999 999 | 5.997 | 0.520 |

$$k_R = 0,814$$

Factor de tratamientos mecánicos

Viene dado por la siguiente expresión

$$k_{TM} = 1 + Y$$

De donde el coeficiente se obtiene a partir de la siguiente tabla

Ilustración 38-Factor de tratamientos mecánicos

| Granallado | | Laminado superficial | |
|--------------|---------------|----------------------|---------------|
| Superficie | Coeficiente Y | Superficie | Coeficiente Y |
| Extra Pulida | 0.04 | Ejes de Acero | 0.20 a 0.80 |
| Pulida | 0.05 a 0.22 | Pulido/mecanizado | 0.06 a 0.50 |
| Mecanizada | 0.25 | Magnesio | 0.50 |
| Laminada | 0.25 a 0.50 | Aluminio | 0.20 a 0.30 |
| Forjada | 1.00 a 2.00 | Fundición de Hierro | 0.20 a 1.93 |

$$k_{TM} = 1 + 0,4$$

$$k_{TM} = 1,04 \text{ (ejes de acero)}$$

El límite de fatiga experimental viene dado por

$$S_e' = 0,5 * S_u = 313,8Mpa$$

Por lo tanto, el límite de fatiga aplicando los factores de modificación es

$$S_e = k_f * k_R * k_{TM} * S_e'$$

$$S_e = 0,75 * 0,814 * 1,04 * 313,8Mpa$$

$$S_e = 199,23 Mpa = 200Mpa$$

Para el cálculo del diámetro del eje se aplica la fórmula del código Westinghouse para la teoría de rotura de Guest, que viene dada por la siguiente expresión

$$d = \left[\frac{32n}{\pi} * \left[\left(\frac{T_m}{S_y} + \frac{T_a}{S_e} \right)^2 + \left(\frac{M_m}{S_y} + \frac{M_a}{S_e} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Y recordando los esfuerzos calculados con anterioridad

$$T_m = 437,5Nm$$

$$M_a = 499,1Nm$$

$$T_a = 0$$

$$M_m = 0$$

Obtenemos el diámetro

$$d = \left[\frac{32 * 2,5}{\pi} * \left[\left(\frac{437,5Nm}{529,5 * 10^6 Pa} \right)^2 + \left(\frac{499,1Nm}{200 * 10^6 Pa} \right)^2 \right] \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d = 0,04m = 40mm$$

Por lo tanto se adopta un eje de acero SAE 1045 (estirado en frio), que debe contar con un diámetro mínimo de **40mm** en toda su longitud.

Conocido este valor, el eje cuenta con un diámetro mínimo de 45mm y un máximo de 48mm, para facilitar su correspondiente montaje.

5.1.4 Reductor

Selección del reductor

El reductor que se adopta es del tipo sin fin – corona debido a que es el más apto para este tipo de aplicación por su irreversibilidad. Para seleccionar el reductor se tendrá en cuenta la relación y velocidad de entrada al reductor anteriormente propuesta, y el momento torsor necesario en la salida del reductor que viene dado por el peso de la carga sostenida por el radio del tambor, también calculado con anterioridad.

Recordando el cálculo de Par torsor

$$T_1 = 1750N * 0,125m = 218,75Nm$$

$$T_2 = 1750N * 0,125m = 218,75Nm$$

$$T_T = 437,5Nm$$

Si consideramos un 20% de pérdidas por rozamiento en el tambor, rodamiento y demás, tenemos que el par torsor a la salida del reductor vale.

$$T_T = \frac{437,5Nm}{0,8} = 546,87Nm$$

Por lo tanto adoptamos el siguiente reductor

- ❖ Marca ERSHA POLYFIX
- ❖ Código de pedido PFM 130-80-PAM B5-ES-B3

Ilustración 39-Reductor sin fin corona Polyfix Erhsa



Fuente: Catalogo Reductores Polyfix Erhsa

Que cuenta con las siguientes características

Ilustración 40-Capacidad nominal a 1500rpm

| Relación Nominal | Velocidad de salida | | Velocidad de entrada n1= 1500 rpm Tamaño PolyFix | | | | | | | | | |
|------------------|---------------------|----|---|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | | i | n2 [rpm] | PFM-30 | PFM-40 | PFM-50 | PFM-63 | PFM-75 | PFM-90 | PFM-110 | PFM-130 |
| 80 | 18,7 | Hp | | | | | | | | | | |
| | | M2 | 0.08 | 0.16 | 0.25 | 0.5 | 0.75 | 1 | 2 | 3 | | |
| | | η | 1.37 | 3.19 | 5.11 | 10.81 | 17.23 | 24.05 | 49.60 | 76.98 | | |
| | | | 0.45 | 0.52 | 0.53 | 0.56 | 0.60 | 0.63 | 0.65 | 0.67 | | |

Hp : Potencia del motor

M2: Momento nominal a la salida del moto-reductor en kg*m

η : Rendimiento mecánico

5.1.5 Acoplamiento de barrilete

El acoplamiento de barriletes se compone de una camisa dotada con dentados semi-circulares en su diámetro interior y un núcleo con dentado exterior de igual forma. Como elementos de transmisión de fuerza, se intercalan una serie de barriletes cilíndricos de acero templado en los alojamientos formados por los citados dentados. Unas tapas con sus correspondientes retenes especiales sirven para conseguir una estanqueidad perfecta, evitando la penetración del polvo y garantizando la continuidad de la lubricación necesaria. Dos anillos elásticos de doble lámina guían los barriletes.

Ilustración 41-Acoplamiento barrilete



Por la disposición abombada de los barriletes permite una oscilación del cubo con respecto a la camisa, compensando desalineaciones angulares de $\pm 1^{\circ}30'$. Puede también absorber desplazamientos axiales de ± 3 mm, hasta ± 8 mm, según tamaño de acoplamiento. El momento de torsión del acoplamiento se transmite por medio de dos caras de arrastre de la camisa que van alojadas en el tambor y una serie de tornillos que sirven al mismo tiempo de unión al tambor.

Determinación del tamaño del acoplamiento

El tamaño del acoplamiento requerido depende del momento de giro del tambor, del diámetro del eje y de la carga radial que actúa en el acoplamiento.

Momento de giro en el acoplamiento

La fórmula empleada es:

$$M_{m\acute{a}x}(daNm) = \frac{N(kW)}{n(rpm)} * 955 * k$$

Siendo:

M_{máx}: Momento de giro máx en el acoplamiento

N: Potencia máx del accionamiento

n: rpm del tambor

k: factor de servicio (Grupo DIN según tambor de arrollamiento)

Tabla 8-Factor de servicio

| | | | | | | |
|-----------|------|------|-----|-----|-----|----|
| GRUPO DIN | 1Bm | 1Am | 2m | 3m | 4m | 5m |
| GRUPO FEM | M3 | M4 | M5 | M6 | M7 | M8 |
| K | 1,12 | 1,25 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2 |

En nuestro caso, tenemos:

$$P = T * \omega = 437,5Nm * 1,2 \frac{rad}{seg} = 525W = 0,525kW$$

$$Carga (radial) = 193,56kg$$

Por lo tanto:

$$M_{m\acute{a}x}(daNm) = \frac{N(kW)}{n(rpm)} * 955 * k$$

$$M_{m\acute{a}x}(daNm) = \frac{0,525kW}{11,45rpm} * 955 * 2$$

$$M_{m\acute{a}x} = 87,57 daNm$$

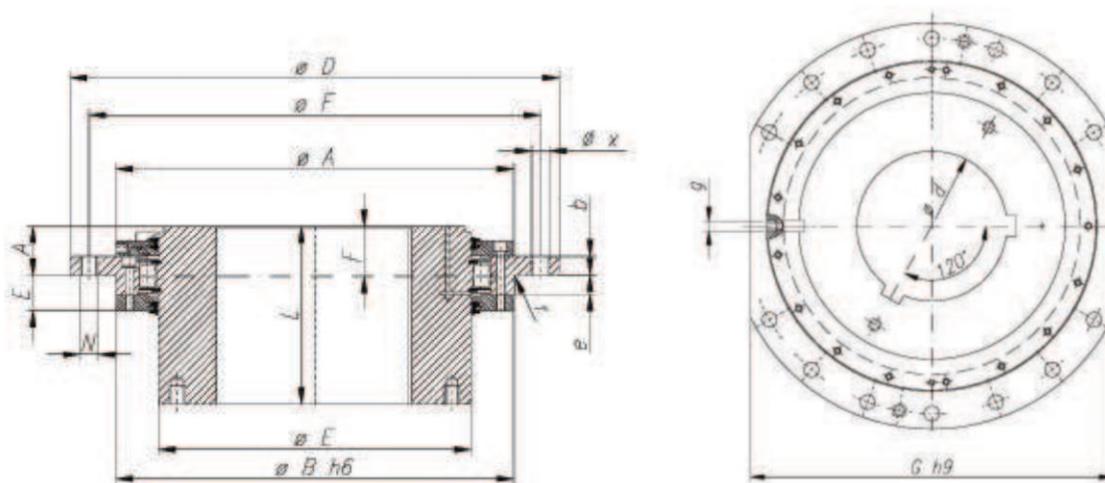
Determinado el tamaño del acoplamiento por su momento de giro máx. se comprueba si la carga radial es inferior a lo indicado en la tabla a continuación que nos ofrece el fabricante

Tabla 9-Dimensiones Acoplamiento de barrilete tipo ART PLUS

| ART PLUS | CARGA Máx. (daNm) | St (Kg) | d máx | d mín | D | L | L mín | M | E | A | B | G | A | F | b | r | e | E | F | X | Despl. Axial (máx.) | Kg |
|----------|-------------------|---------|-------|-------|-----|-----|-------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|-----|----|----|-----|----|---------------------|----|
| 65 | 450 | 1.450 | 65 | 38 | 250 | 95 | 85 | 90 | 95 | 159 | 160 | 220 | 42 | 44 | 12 | 2.5 | 16 | 31 | 220 | 15 | 3 | 12 |
| 75 | 600 | 1.650 | 75 | 48 | 280 | 100 | 85 | 105 | 110 | 179 | 180 | 250 | 42 | 44 | 12 | 2.5 | 16 | 31 | 250 | 15 | 3 | 19 |
| 85 | 750 | 1.850 | 85 | 58 | 320 | 110 | 95 | 120 | 125 | 199 | 200 | 280 | 45 | 46 | 15 | 2.5 | 17 | 32 | 280 | 19 | 4 | 23 |
| 95 | 900 | 2.000 | 95 | 58 | 340 | 125 | 95 | 135 | 140 | 219 | 220 | 300 | 45 | 46 | 15 | 2.5 | 17 | 32 | 300 | 19 | 4 | 27 |
| 105 | 1.550 | 3.100 | 105 | 78 | 360 | 130 | 95 | 150 | 160 | 239 | 240 | 320 | 45 | 47 | 15 | 2.5 | 19 | 34 | 320 | 19 | 4 | 33 |
| 120 | 1.950 | 3.500 | 120 | 78 | 380 | 145 | 95 | 170 | 180 | 259 | 260 | 340 | 45 | 47 | 15 | 2.5 | 19 | 34 | 340 | 19 | 4 | 42 |

Fuente: Catalogo técnico componentes Abad

Ilustración 42-Acoplamiento de barrilete tipo ART PLUS - Esquema dimensiones



Fuente: Catalogo técnico componentes Abad

Elección del tamaño ART plus 65

Mmáx: 450 daNm

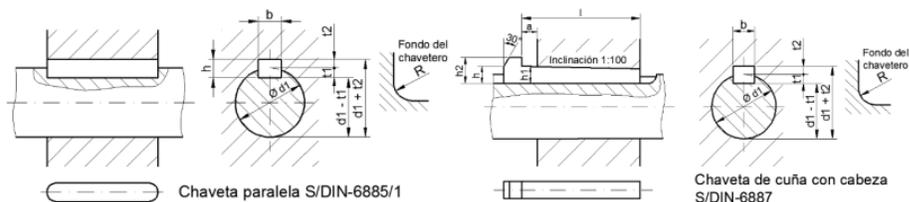
Carga radial máx.=1450kg

$d_{máx}-d_{mín.}=65-38[mm]$

5.1.6 Chaveta

La normativa de referencia para el dimensionamiento de chavetas paralelas y su respectivo chavetero es DIN 6885-1.

Tabla 10-Dimensiones principales de chaveta y chavetero del eje



| Ø eje d mm desde- hasta | Medida chaveta b x h mm | Medidas del chavetero en el cubo | | | | Medidas chavetero del eje para chavetas paralelas y de cuña | | Medidas de los ejes en el cubo de la rueda | |
|-------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---|-------------------------------------|---|--|---|--|----------------|
| | | Chaveta paralela S/DIN 6885/1 | | Chaveta de cuña S/DIN 6886, 6887 | | t ₁ m/m | Tol. admisible (en altura) m/m | Ø m/m desde- hasta | Tol.H-7 m/m |
| | | d + t ₂ m/m | Tol. admisible (en altura) m/m | d + t ₂ m/m | Tol. admisible (en altura) m/m | | | | |
| 6-8 | 2x2 | d+0,9 | +0,1 | - | - | 1,1 | +0,1 | 6-10 | +0,015 0 |
| 8-10 | 3x3 | d+1,3 | | - | - | 1,7 | | 10-18 | +0,018 0 |
| 10-12 | 4x4 | d+1,6 | | d+1,4 | -0,1 | 2,4 | | 18-30 | +0,021 0 |
| 12-17 | 5x5 | d+2,1 | | d+1,9 | | 2,9 | | 30-50 | +0,025 0 |
| 17-22 | 6x6 | d+2,6 | | d+2,1 | | 3,5 | | 50-80 | +0,030 0 |
| 22-30 | 8x7 | d+3,0 | | d+2,4 | | 4,1 | | 80-120 | +0,035 0 |
| 30-38 | 10x8 | d+3,4 | d+2,8 | -0,2 | 4,7 | +0,2 | 120-180 | +0,040 0 | |
| 38-44 | 12x8 | d+3,2 | d+2,8 | | 4,9 | | 180-250 | +0,046 0 | |
| 44-50 | 14x9 | d+3,6 | d+2,9 | | 5,5 | | 250-315 | +0,052 0 | |
| 50-58 | 16x10 | d+3,9 | d+3,2 | | 6,2 | | 315-400 | +0,057 0 | |
| 58-65 | 18x11 | d+4,3 | d+3,5 | | 6,8 | | 400-500 | +0,063 0 | |
| 65-75 | 20x12 | d+4,7 | d+3,9 | | 7,4 | | | | |
| 75-85 | 22x14 | d+5,6 | d+4,8 | | 8,5 | | | | |
| 85-95 | 25x14 | d+5,4 | d+4,6 | | 8,7 | | | | |
| 95-110 | 28x16 | d+6,2 | d+5,4 | | 9,9 | | | | |
| 110-130 | 32x18 | d+7,1 | d+6,1 | | 11,1 | | | | |
| 130-150 | 36x20 | d+7,9 | d+6,9 | 12,3 | | | | | |
| 150-170 | 40x22 | d+8,7 | d+7,7 | 13,5 | | | | | |
| 170-200 | 45x25 | d+9,9 | d+8,9 | 15,3 | | | | | |
| 200-230 | 51x28 | d+11,2 | d+10,1 | 17 | | | | | |
| 230-260 | 56x32 | d+12,9 | d+11,8 | 19,3 | | | | | |
| 260-290 | 63x32 | d+12,6 | +0,3 | d+11,5 | -0,3 | 19,6 | | | |

| Zonas de tolerancia en el ancho de los chaveteros | Tipo de ajuste | | Chavetero eje | Chavetero rueda |
|---|-----------------------------------|--|---------------|-----------------|
| | A presión (forzado) <i>forced</i> | | P9 | P9 |
| | Ligero | | N9 | J9 |
| | Deslizante | | H8 | D10 |

Por lo tanto, la chaveta a utilizar según DIN 6885 es de sección b x h = 14 x 9 [mm].

Ahora determinamos el largo de la chaveta por corte y aplastamiento

Longitud de chaveta al corte

$$\tau_{adm} = \frac{T}{D/2} * \frac{1}{l * b}$$

Siendo

τ_{adm} resistencia admisible al corte de la chaveta

T torque aplicado al eje del tambor

D diámetro del eje

b ancho de la chaveta

l largo de la chaveta

Considerando que se trata de acero SAE 1020 el largo mínimo de la chaveta es entonces

$$l = \frac{T}{D/2} * \frac{1}{\tau_{adm} * b}$$

$$l_{min} = \frac{4461,25 \text{ kg cm}}{\frac{4,5 \text{ cm}}{2}} * \frac{1}{630 \text{ kg/cm}^2 * 1,4 \text{ cm}}$$

$$l_{min} = 2,24 \text{ cm} = 22,4 \text{ mm}$$

Longitud de chaveta al aplastamiento

$$\sigma_{adm} = \frac{4 * T}{D * l * h}$$

$$l_{min} = \frac{4 * 4461,25 \text{ kg cm}}{4,5 \text{ cm} * 700 \text{ kg/cm}^2 * 0,9 \text{ cm}}$$

$$l_{min} = 6,29 \text{ cm} = 62,9 \text{ mm}$$

Para la unión reductor-eje se adopta una chaveta de 14 x 9 [mm] de 140 [mm] de longitud ya que el reductor lo permite y de esta forma se incrementa la seguridad.

Mientras que para la unión eje-acoplamiento barrilete se adopta una chaveta de una chaveta de 14 x 9 [mm] de 70[mm].

5.1.7 Soporte y Rodamiento

Conocido el diámetro mínimo del eje, se procede a dimensionar el soporte con rodamiento.

En este caso se seleccionó un soporte UCP 209 tipo puente de hierro fundido con bloqueo por tornillos prisioneros para un diámetro de eje de 45mm, con las siguientes características.

C_r carga dinámica 32,5 kN

C_e carga estática 20,4 kN

Ilustración 43-Soporte tipo puente con rodamiento



Determinando la vida útil del rodamiento

$$L = 10^6 \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

Siendo

C: capacidad de carga dinámica

P: carga dinámica equivalente sobre el rodamiento

p: 3 para rodamiento de bolas

Por lo tanto,

$$L = 10^6 \left(\frac{32500N}{1935,6N} \right)^3$$

$$L = 10^6 * 4734 \text{ vueltas}$$

De esta manera el valor obtenido satisface ampliamente los requerimientos para esta aplicación, por lo tanto escogemos el modelo de soporte y rodamiento UPC 209 que nos ofrece la marca SKF.

5.1.8 Motor con freno

El motor es del tipo asincrónico con rotor jaula de ardilla autofrenante y la alimentación eléctrica es trifásica.

El freno actúa por ausencia de alimentación eléctrica. El frenado se produce sin corrimiento axial del árbol motriz y resulta igualmente efectivo en ambos sentidos de rotación del motor.

Recordando que el par torsor en el eje es

$$T_T = 437,5Nm$$

Ahora considerando la relación del reductor seleccionado anteriormente y su rendimiento, el momento en el eje de entrada vale

$$M_E = \frac{M_S}{\eta * i}$$

$$M_E = \frac{437,5Nm}{0,67 * 80} = 8,16Nm$$

Por lo tanto la potencia mecánica en el eje de entrada vale

$$N_E = M_E * \eta_M$$

$$N_E = 8,16Nm * 916 \frac{rev}{min} * \frac{2\pi}{60}$$

$$N_E = 782,95W = 1,05HP$$

Por lo tanto, se adopta un motor asincrónico jaula de ardilla de marca Tekmatic con freno de seguridad incorporado brida B5 las siguientes características

| | |
|-----------------------------|----------|
| Tipo de motor | BA 90SA4 |
| Potencia [kW-Cv] | 1,1-1,5 |
| rpm | 1400 |
| In (A) [400v] | 2,7 |
| cos φ | 0,77 |
| Cupla Freno Máx | 38 Nm |
| Tiempo respuesta freno (ms) | 7 |
| Peso (kg) | 20 |



Ilustración 44- Características motor Tekmatic

5.1.9 Limitador de velocidad

Limitador de velocidad oscilante – Principio de funcionamiento

El limitador de velocidad es un dispositivo mecánico esencial que se encarga de detener la plataforma en caso de que supere la velocidad para la cual ha sido calibrado. Su funcionamiento se describe de la siguiente manera:

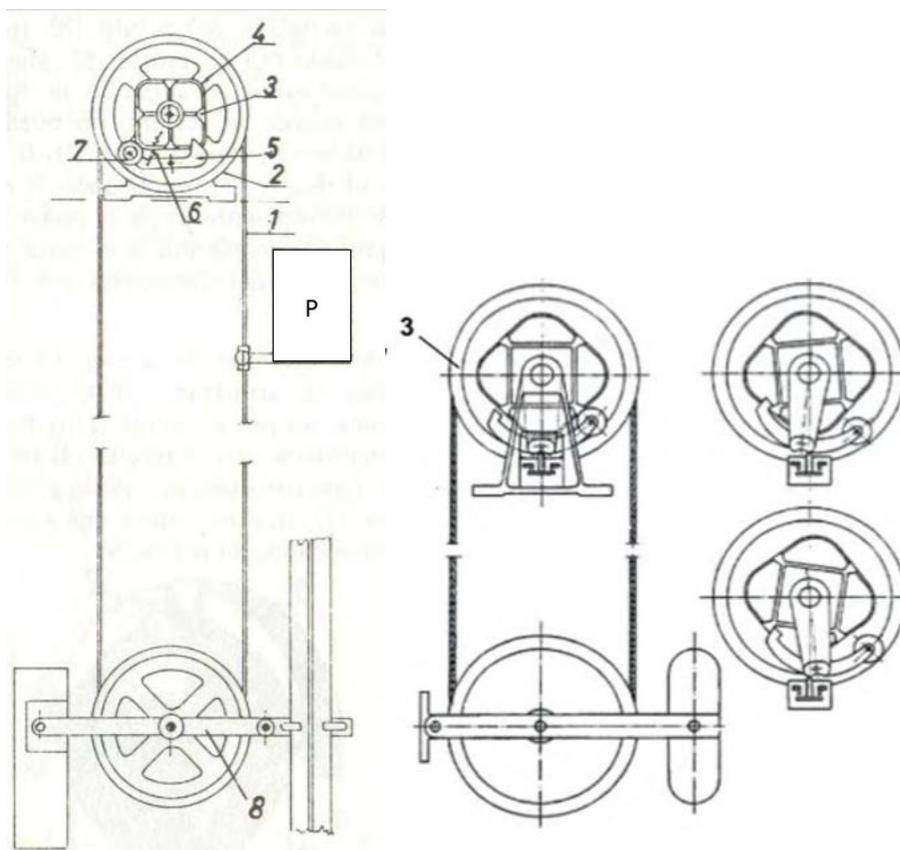
En el limitador de velocidad oscilante, el desplazamiento del cable del limitador (1) hace girar la polea acanalada (2) y la rueda cuadrada (4), que está adosada a ella. Esto genera la oscilación del balancín que cuenta en un extremo con un gatillo (5), y en el otro extremo una roldana (7) que va rodando por el perfil cuadrado (4) con ayuda de un resorte (6). Mientras el elevador se desplaza a su velocidad nominal, el gatillo sigue el perfil de la rueda (4) sin problemas.

Sin embargo, cuando se produce una aceleración y el elevador excede la velocidad nominal, el gatillo ya no puede seguir una oscilación normal ya que antes de que el pico del gatillo (5) se aleje lo suficiente de la rueda (4), este se engancha en el resalte (3) presente en la rueda. Esto bloquea el movimiento de la rueda cuadrada, y como resultado, también se detiene la polea (2) y el cable (1). Dado que la plataforma continúa descendiendo mientras el cable permanece inmóvil, se genera una fuerza de tracción que activa el paracaídas y produce un

frenado inmediato de la plataforma. A su vez él balancín tiene adosado un pestillo que va oscilando de manera proporcional a la rotación de la rueda cuadrada, por lo que cuando la misma excede la velocidad a la que fue calibrada, el pestillo oscila de manera que activa un contacto eléctrico que da la orden de detener el motor.

Los extremos del cable (1) se sujetan al amarra-cables de la timonería, utilizándose guardacabos.

Ilustración 45-Limitador de Velocidad oscilante



Fuente: Transporte vertical – Ing. Victorio S. Diaz

Se ha elegido un limitador de velocidad del tipo oscilante, específicamente el modelo LG, considerando que es el más adecuado para este tipo de aplicación, que es un elevador de recorrido corto. Este limitador de velocidad ha sido calibrado a una velocidad de 0,5 m/s, cumpliendo con los estándares establecidos por la norma IRAM 3681-1.

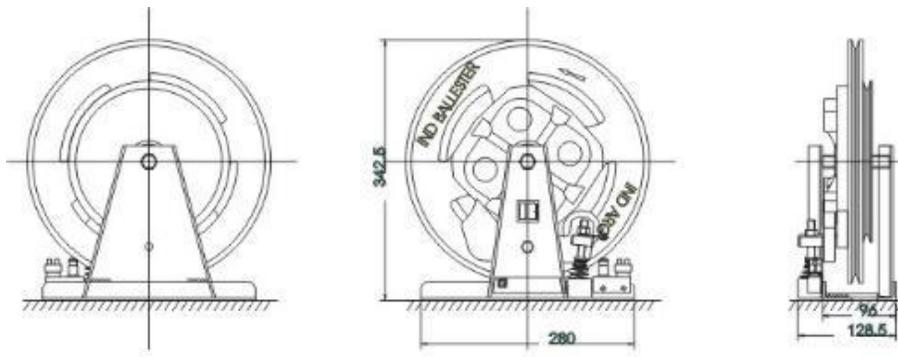


Ilustración 46-Limitador de velocidad oscilante con contacto eléctrico de reposición manual.

Es importante destacar que este limitador de velocidad seleccionado es de fabricación nacional, siendo producido por Industria Ballester

Las dimensiones globales del mismo que nos ofrece el fabricante son las siguientes

Ilustración 47-Dimensiones Limitador de velocidad Oscilante LG



Fuente: Industria Ballester.

Como mejora al sistema de limitación de velocidad, se podría optar también por la incorporación de una celda de carga. Esta adición contribuiría a evitar la activación del limitador al superar el peso máximo permitido. Cuando el peso excede el límite establecido, el mecanismo se bloquearía, impidiendo tanto el ascenso como el descenso.

La celda de carga recomendada para esta función es del tipo S modelo 9363-B10-750-20T1R de la marca Revere Transducers, con una capacidad de 350 kg. Se integraría en el sistema lógico programable para una fácil implementación y control adicional. De esta manera, se asegura la capacidad de adaptación y mejora continua del sistema de seguridad.

Ilustración 48-Dimensiones Celda de Carga tipo S

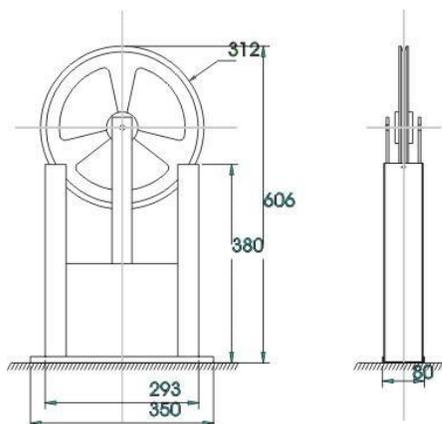


Fuente: Traumax

Polea de reenvío tensora para fijación en piso

La polea de reenvío por la cual pasa el cable del limitador que se ha seleccionado es del mismo fabricante, y presenta las siguientes dimensiones:

Ilustración 49-Dimensiones generales polea tensora para fijación de piso



Fuente: Industria Ballester

Cable del limitador

La polea del limitador está preparada para utilizar cable de 6 a 8 mm por lo tanto se utiliza de 6mm considerando el factor económico.

Guardacabos

Componente que evita el aplastamiento del cable en la unión con biela de amarre.

Ilustración 50-Guardacabos



5.1.10 Freno Paracaídas

Actúa en conjunto con el limitador de velocidad, en caso de que la velocidad de la plataforma exceda la nominal, a partir de un porcentaje prefijado, cualquiera sea la causa de la aceleración: rotura de cables, rotura del grupo tractor, etc. El mecanismo del paracaídas es accionado por el cable del limitador de velocidad. Podemos clasificarlos en paracaídas de

acción instantánea y paracaídas progresivo, que conforme su nombre lo indica, actúan de esa manera. Para esta aplicación se escogen paracaídas instantáneo, ya que el elevador es de corto recorrido.

Paracaídas instantáneo

En los paracaídas de acción instantánea, el cable del limitador de velocidad no hace más que tirar de la biela de amarre y esta transmite el movimiento a los rodillos que se deslizan sobre las ranuras del propio paracaídas, estas presionan y se agarran cada vez con más fuerza sobre las guías, hasta llegar a producir el acañamiento del conjunto arcata-plataforma. Por lo tanto, la fuerza de tracción del cable del limitador es el disparo que acciona el mecanismo del dispositivo, pues la detención de la plataforma lo produce el acañamiento de los rodillos sobre las guías.

El conjunto consta de dos paracaídas para ambas guías T, y la sincronización de ambos se realiza mediante la barra de transmisión de timonería.

A continuación, se propone un ejemplo de forma de actuación del paracaídas instantáneo

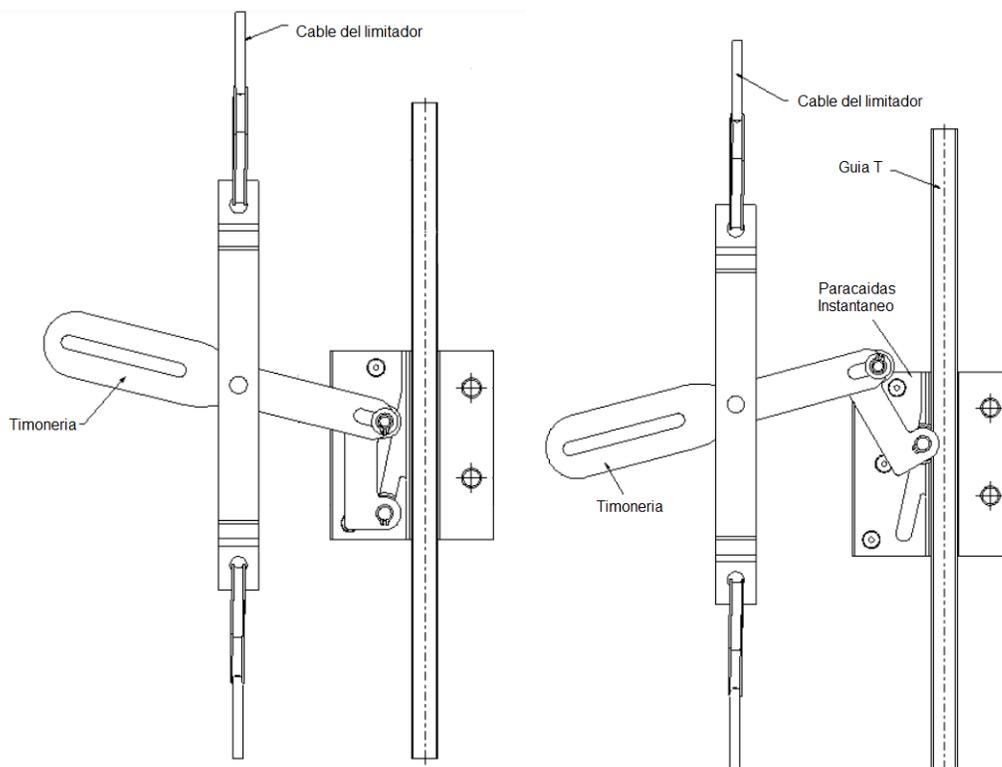
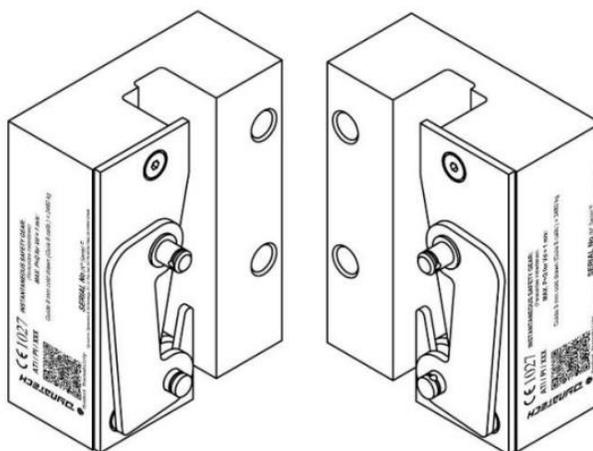


Ilustración 51- Actuación de paracaídas instantáneo

Se ha seleccionado paracaídas instantáneo DYNATECH Modelo IN-3000 para guías de espesores de 8 y 9 mm

Ilustración 52-Paracaídas DYNATECH Modelo IN-3000



Fuente: DYNATECH

La tensión del cable del limitador debe ser suficiente para garantizar, durante la intervención del limitador, una tracción en el punto de conexión de la barra de accionamiento del paracaídas de 300 N, como mínimo.

Se deberá comprobar que el limitador es capaz de accionar el sistema de timonería.

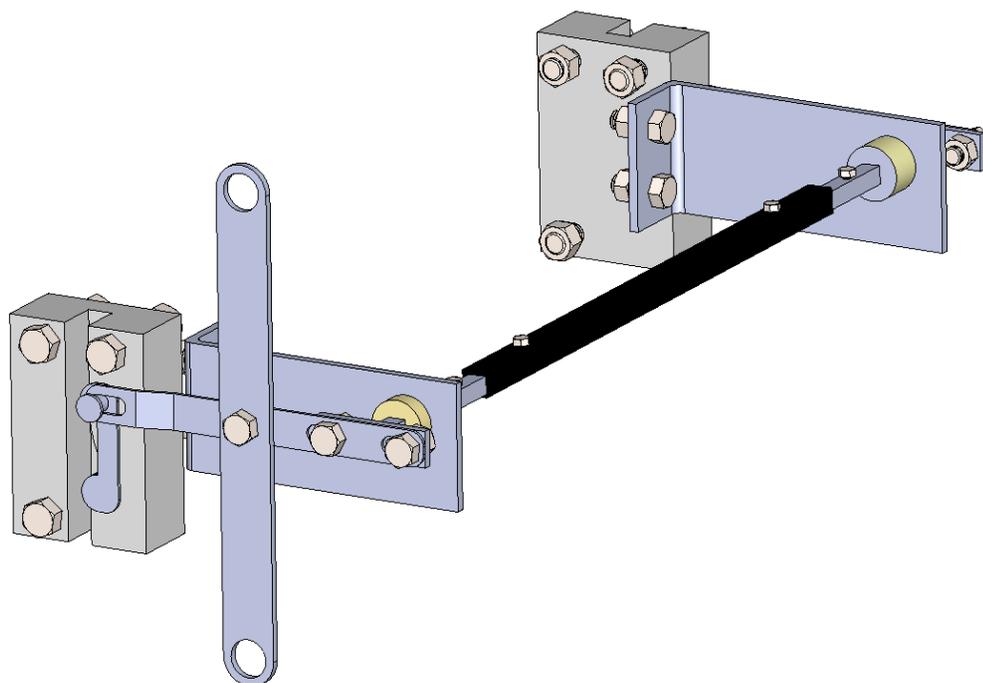
Montaje en la arcata

El paracaídas se montará en la arcata mediante 4 tornillos M12 de calidad 8.8 o superior. La posición de montaje en la arcata está indicada con detalle en el plano general.

Se unen las timonerías de ambos paracaídas mediante una barra cuadrada de 15mm. Una vez montada la barra, comprobaremos que al hacer girar la barra de timonería ambos rodillos actúan de forma simultánea alcanzando las posiciones finales del rodillo.

A continuación se ilustra el conjunto del paracaídas completo con los cubos, timonería y barra cuadrada que las une permitiendo el sincronismo de actuación entre ellas.

Ilustración 53-Conjunto Paracaídas



5.1.11 Guías

Las guías en un elevador desempeñan una función primordial al asegurar un desplazamiento vertical seguro y preciso. Estas guías, comúnmente compuestas por rieles o perfiles, están ubicadas en los costados de la cabina y se conectan con los elementos de suspensión y tracción del sistema. Su propósito principal radica en garantizar que la cabina se desplace de manera suave y estable a lo largo de su trayecto, previniendo cualquier desviación lateral y manteniendo una alineación adecuada. De esta manera, las guías aseguran un movimiento vertical sin contratiempos, minimizando el riesgo de vibraciones, oscilaciones o desalineaciones indeseadas durante el funcionamiento del elevador.

Guías T

La elección de las guías se ve condicionada por la implementación del sistema paracaídas, por lo cual se han seleccionado guías T para esta aplicación.

Actualmente estos perfiles son los más empleados para el guiado de elevadores. Ofrecen una buena resistencia mecánica gracias a su considerable sección. Además, la

superficie de contacto con los paracaídas del chasis es mayor que en otro tipo de guías, y permite que sea más fácil detener el elevador en caso de emergencia (actuación del paracaídas del chasis). Por el contrario, estos perfiles son los menos económicos de fabricar.

Ilustración 54-Guía T



Acabado superficial de guía

Es importante determinar la rugosidad de la superficie de la guía en la que se desplaza la arcata (acabado superficial), ya que influye directamente en el desgaste de los patines o guidores por los que se desliza la cabina y en el comportamiento del paracaídas del chasis cuando tiene que detener la cabina. El rango de rugosidad está entre 3,2 y 6,2 μm . En función del tipo de acabado superficial existen dos gamas de guías: calibradas y cepilladas.

Para esta ocasión se utilizan guías calibradas ya que se recomiendan para velocidades no superiores a 1 m/s, como es este caso.

En estas guías el acabado superficial final se produce en un proceso de calibrado por estirado del material.

El modelo de guía seleccionada es T70/A calibrada y con un espesor de la misma de 9 mm, siendo apta para la utilización del paracaídas especificado con anterioridad.

Características de la guía T70/A

- ❖ Área: 9,4 cm^2
- ❖ Módulo resistente W_x : 9,169 cm^3
- ❖ Carga de rotura: 470-840 N/mm^2

- ❖ Limite Elástico: 355 N/mm²
- ❖ Alargamiento: >12%

Cálculo

Las guías deben dimensionarse tomando en consideración los esfuerzos de flexión y de pandeo. En el cálculo de los esfuerzos de flexión, asumiremos que:

- Las guías son una viga continua con puntos flexibles de fijación en sus extremos.
- La resultante de los esfuerzos que causan esfuerzos de flexión actúan en el punto medio de dos fijaciones adyacentes.
- El momento de flexión actúa en el eje neutro del perfil de la guía

Calculo pandeo

$$F_k = \frac{k_1 * g * (P + Q)}{n}$$

F_k es la fuerza de pandeo, en N

k_1 es el factor de impacto correspondiente, obtenido de *tabla 8*

g aceleración de la gravedad

P masa de la plataforma y arcata, en kg

Q carga nominal en kg

n número de guías

Tabla 11-Factor de Impacto

| Impacto | Valor |
|--|-------|
| Actuación de paracaídas instantáneo o dispositivo de bloqueo exceptuando los de rodillo | 5 |
| Actuación de paracaídas instantáneo de rodillo, o dispositivo de retención con amortiguador de acumulación de energía. | 3 |
| Actuación. de paracaídas progresivo o dispositivo de bloqueo progresivo | 2 |

$$F_k = \frac{3 * 9,81 \text{ m/s}^2 * (350\text{kg})}{2}$$

$$F_k = 5150,25 \text{ N}$$

Por lo tanto, el esfuerzo viene dado por

$$\sigma_k = \frac{F_k}{A}$$

$$\sigma_k = \frac{5150,25 \text{ N}}{0,00094 \text{ m}^2}$$

$$\sigma_k = 5478989,36 \text{ Pa} = 5,48 \text{ MPa}$$

Siendo el esfuerzo admisible

$$\sigma_{adm} = \frac{\text{Limite elastico}}{n}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{470 \text{ MPa}}{4}$$

$$\sigma_{adm} = 117,5 \text{ MPa} \gg \sigma_k$$

Por lo cual verifica al pandeo.

Calculo Flexión

Se determina mediante las expresiones

$$F_b = \frac{k_1 * g * (Q * X_Q + P * X_P)}{n * h}$$

$$M_m = \frac{3 * F_b * l}{16}$$

k_1 es el factor de impacto correspondiente

g es la aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

P es la masa de la plataforma y arcata, en kilogramos

Q es la carga nominal, en kilogramos

X_p es la distancia de la masa de la masa (P) a las guías

X_Q es la distancia de la carga nominal (Q) a las guías

n es el número de guías

h es la distancia entre guidores de cabina

F_b es la fuerza aplicada a las guías, en newtons

l es la distancia máxima entre fijaciones al centro de la guía, en metros

M_m es el momento de flexión, en newtons metro

Entonces tenemos:

$$F_b = \frac{3 * 9,81 \text{ m/s}^2 * (250\text{kg} * 257\text{mm} + 100\text{kg} * 257\text{mm})}{2 * 700\text{mm}}$$

$$F_b = 1890\text{N}$$

$$M_m = \frac{3 * 1890\text{N} * 3\text{m}}{16}$$

$$M_m = 1063\text{Nm}$$

Por lo tanto determinamos el esfuerzo

$$\sigma_m = \frac{M_m}{W}$$

W_x es el momento resistente de la sección transversal, en metros cubico

σ_m es el esfuerzo de flexión, en MPa

$$\sigma_m = \frac{1063 \text{ Nm}}{0,000009169 \text{ m}^3}$$

$$\sigma_m = 115,94 \text{ MPa} \ll \sigma_{adm}$$

Por lo cual verifica también a la flexión.

5.2 Diseño de Arcata

Arcata

El diseño de la arcata comprende el cálculo y dimensionamiento de sus componentes. En esta sección se desarrolla el procedimiento mediante el cual se llega al diseño final de la misma.

La estructura de la arcata se compone principalmente por

- Arco superior con guidores
- Base de Arcata

A continuación, se representan ilustraciones del resultado final del diseño de la misma, diseñado en el software SolidWorks,

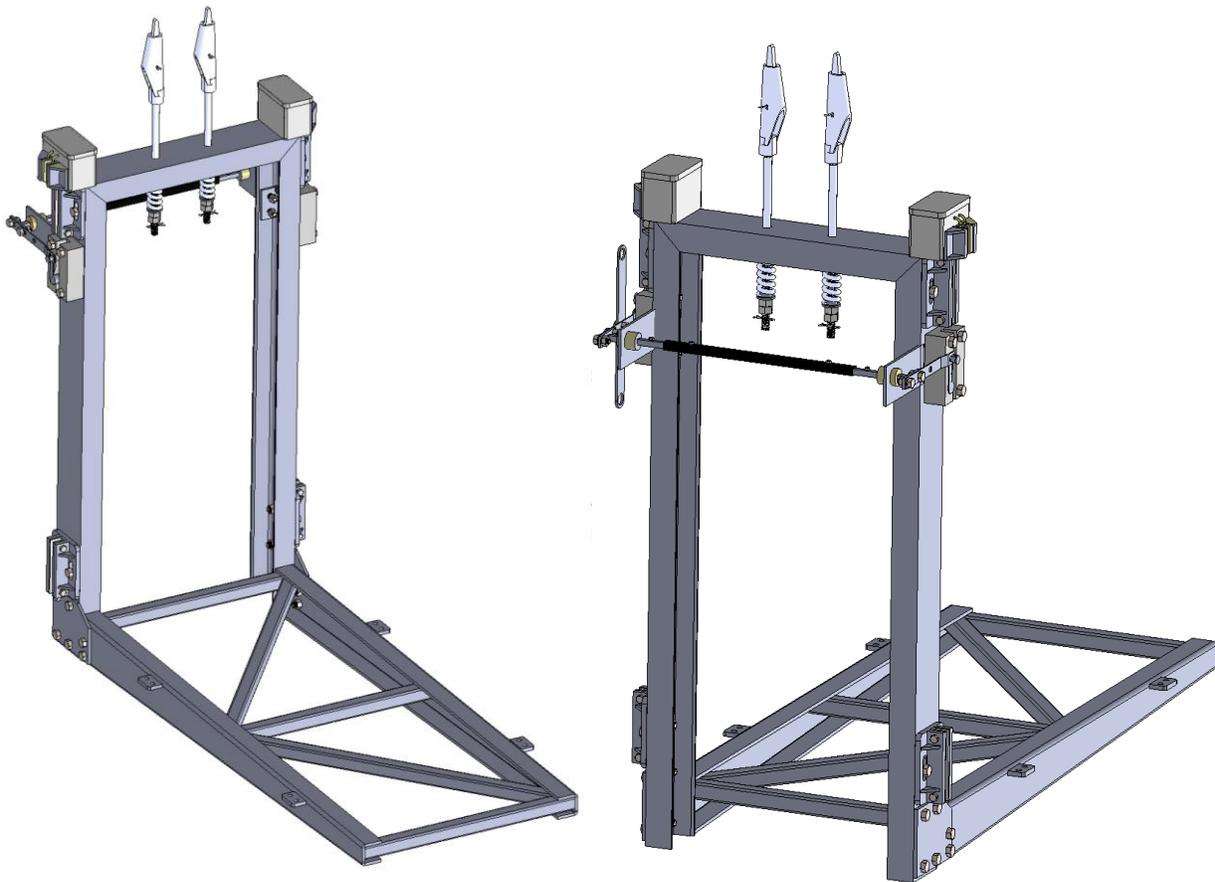


Ilustración 55-Conjunto Arcata

5.2.1 Dimensionamiento del Arco Superior

El arco superior comprende ambos perfiles verticales y el perfil horizontal en donde se soportan los amarra-cables.

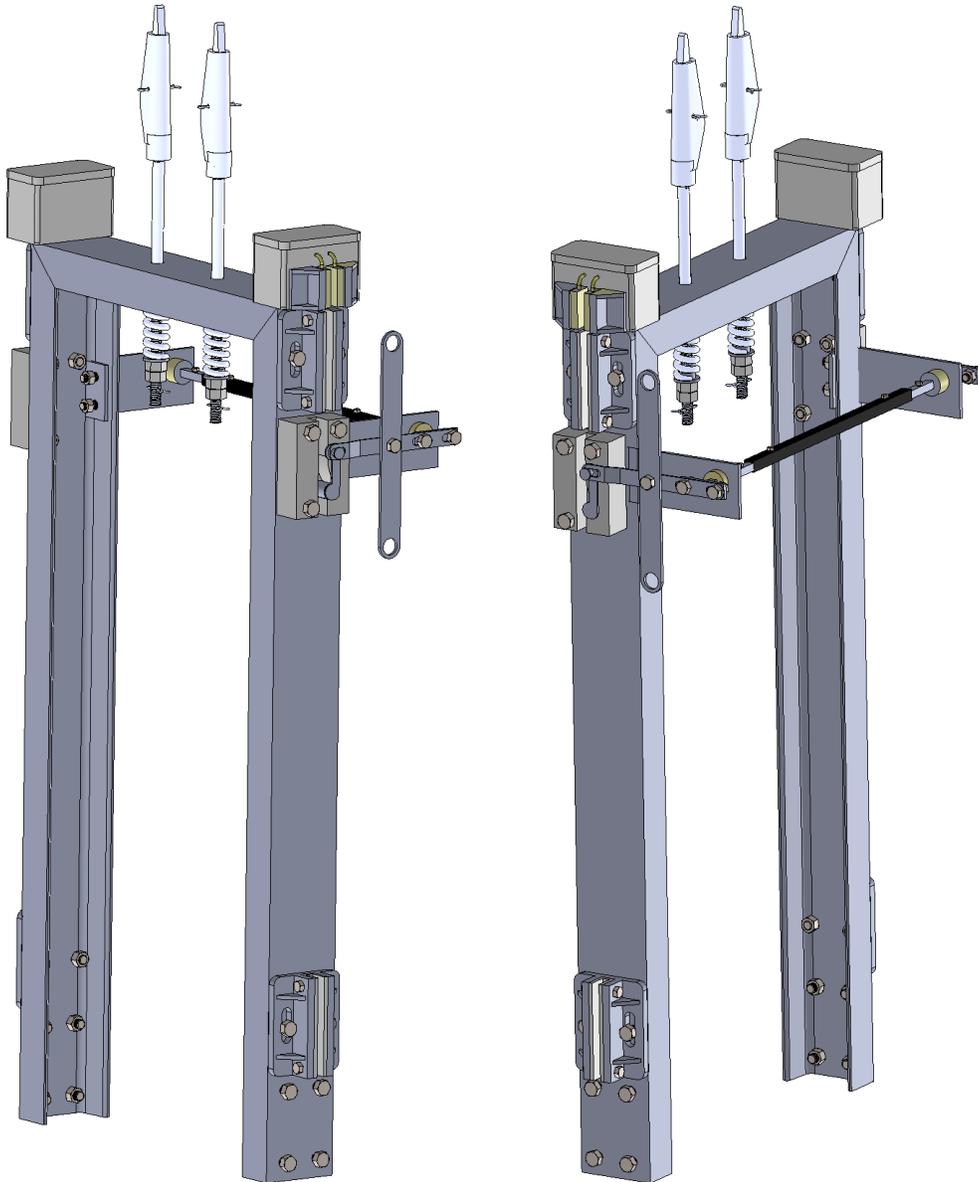


Ilustración 56-Arco superior de Arcata

Calculo Perfiles Verticales

Para dimensionar los perfiles verticales que componen la arcata se considera la carga nominal de la plataforma y el peso propio de esta:

P_C : Carga nominal (200kg)

P_P : Peso plataforma (60kg)

La carga por perfil es entonces

$$C = \frac{P_P + P_C}{2}$$

$$C = \frac{260kg}{2}$$

$$C = 130kg$$

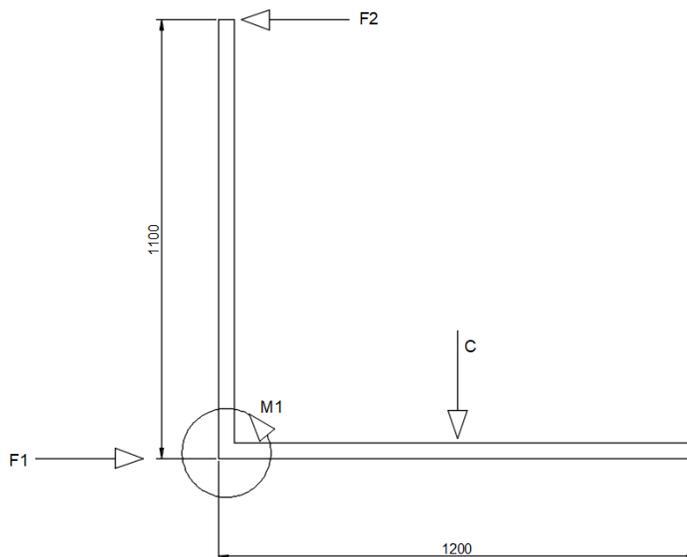


Ilustración 57-Diagrama Cuerpo Libre de Arcata

Siendo

F1 y F2: Fuerzas de las ruedas sobre el perfil

C: Carga total por perfil

La ilustración anterior muestra el diagrama de cuerpo libre de la arcata respecto los esfuerzos generados con la guía. Según la normativa consultada (ISO 9386-1 1.4) el FS>1,6 por lo tanto para esta ocasión se escoge un FS=6, siendo este un valor conservador.

Material: F-24

Sy (fluencia): $2400 \text{ kg/cm}^2 = 235 \text{ Mpa}$

Por lo tanto, la tensión admisible se determina

$$\sigma_{adm} = \frac{2400 \text{ kg/cm}^2}{6}$$

$$\sigma_{adm} = 400 \text{ kg/cm}^2$$

Si planteamos el momento en la rueda inferior podemos determinar la reacción F_2 luego por sumatoria de fuerzas sabemos que $F_1=F_2$

$$M_1 = C * d_1$$

$$M_1 = 130kg * 0,6m$$

$$M_1 = 78kgm = 7800kgcm$$

De la misma manera

$$M_1 = F_2 * d_2$$

$$F_2 = \frac{M_1}{d_2}$$

$$F_2 = \frac{7800 \text{ kgcm}}{110cm}$$

$$F_2 = F_1 = 71 \text{ kg}$$

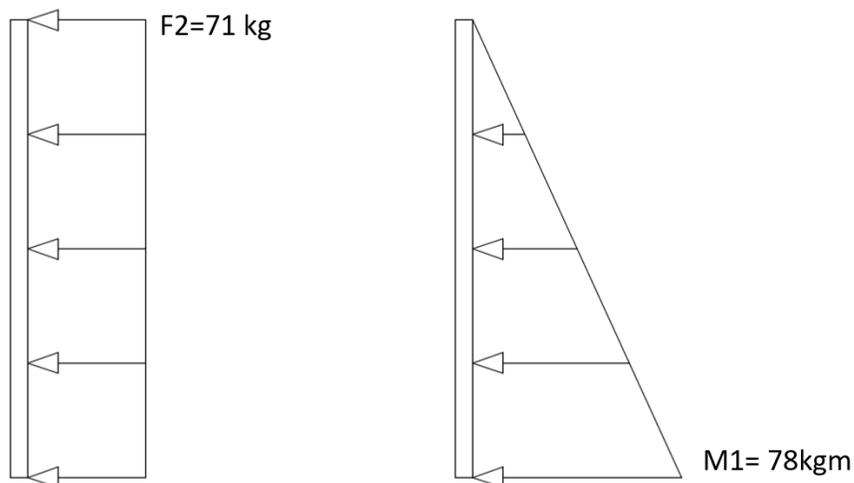


Ilustración 58-Diagrama de corte y momento flector

Por lo tanto, para poder dimensionar el perfil vertical, calculamos el módulo resistente

$$\sigma_{adm} = \frac{M_x}{W_x}$$

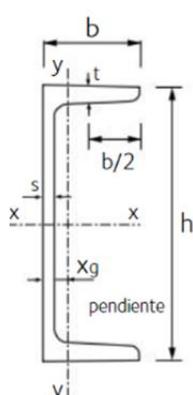
$$W_x = \frac{M_x}{\sigma_{adm}}$$

$$W_x = \frac{7800 \text{ kgcm}}{400 \text{ kg/cm}^2}$$

$$W_x = 19,5 \text{ cm}^3$$

Si bien dicho valor verifica con UPN 80, se escoge perfil UPN 100, ya nos ofrece mayor facilidad en el diseño de la arcata a la hora de montar los accesorios (guidores, sistema paracaídas, etc).

La siguiente tabla muestra lo expresado con anterioridad.



| U.P.N. | Dimensiones | | | | | Sección | Peso | Valores estáticos | | | | | |
|--------|-------------|-----|------|------|------|-----------------|------|-------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|------|
| | h | b | s | t | Xg | | | S | G | Jx | Jy | Wx | Wy |
| | mm | mm | mm | mm | cm | cm ² | kg/m | cm ⁴ | cm ⁴ | cm ³ | cm ³ | cm | cm |
| 80 | 80 | 45 | 6,0 | 8,0 | 1,45 | 11,0 | 8,6 | 106 | 19,4 | 26,5 | 6,36 | 3,10 | 1,33 |
| 100 | 100 | 50 | 6,0 | 8,5 | 1,55 | 13,5 | 10,6 | 206 | 29,3 | 41,2 | 8,49 | 3,91 | 1,47 |
| 120 | 120 | 55 | 7,0 | 9,0 | 1,60 | 17,0 | 13,4 | 364 | 43,2 | 60,7 | 11,1 | 4,62 | 1,55 |
| 140 | 140 | 60 | 7,0 | 10,0 | 1,75 | 20,4 | 16,0 | 605 | 62,7 | 86,4 | 14,8 | 5,45 | 1,75 |
| 160 | 160 | 65 | 7,5 | 10,5 | 1,84 | 24,0 | 18,8 | 925 | 85,3 | 116,0 | 18,3 | 6,21 | 1,89 |
| 180 | 180 | 70 | 8,0 | 11,0 | 1,92 | 28,0 | 22,0 | 1350 | 114,0 | 150,0 | 22,4 | 6,95 | 2,02 |
| 200 | 200 | 75 | 8,5 | 11,5 | 2,01 | 32,2 | 25,3 | 1910 | 148,0 | 191,0 | 27,0 | 7,70 | 2,14 |
| 220 | 220 | 80 | 9,0 | 12,5 | 2,14 | 37,4 | 29,4 | 2690 | 197,0 | 245,0 | 33,6 | 8,48 | 2,26 |
| 240 | 240 | 85 | 9,5 | 13,0 | 2,23 | 42,3 | 33,2 | 3600 | 248,0 | 300,0 | 39,6 | 9,22 | 2,42 |
| 260 | 260 | 90 | 10,0 | 14,0 | 2,36 | 48,3 | 37,9 | 4820 | 317,0 | 371,0 | 47,7 | 9,99 | 2,56 |
| 280 | 280 | 95 | 10,0 | 15,0 | 2,53 | 53,3 | 41,8 | 6280 | 399,0 | 448,0 | 57,2 | 10,90 | 2,74 |
| 300 | 300 | 100 | 10,0 | 16,0 | 2,70 | 58,8 | 46,2 | 8030 | 495,0 | 535,0 | 67,8 | 11,70 | 2,90 |
| 320 | 320 | 100 | 14,0 | 17,5 | 2,60 | 75,8 | 59,5 | 10870 | 597,0 | 679,0 | 80,6 | 12,10 | 2,81 |
| 350 | 350 | 100 | 14,0 | 16,0 | 2,40 | 77,3 | 60,6 | 12840 | 570,0 | 734,0 | 75,0 | 12,90 | 2,72 |
| 380 | 380 | 102 | 13,5 | 16,0 | 2,38 | 80,4 | 63,1 | 15760 | 615,0 | 829,5 | 78,7 | 14,00 | 2,77 |
| 400 | 400 | 110 | 14,0 | 18,0 | 2,65 | 91,5 | 71,8 | 20350 | 846,0 | 1020,0 | 102,0 | 14,90 | 3,04 |

Tabla 12- Dimensiones y propiedades perfil UPN

Guidores

Son los elementos de conexión entre el carro y las guías. Además son los encargados de conservar guiado del bastidor durante todo su recorrido. Existen 2 clases de deslizaderas:

- Deslizaderas lubricadas:** Estas deslizaderas están compuestas por materiales rígidos como el nylon y se lubrican mediante un sistema que almacena y dosifica aceite de manera precisa. Su aplicación se limita a equipos que operan a velocidades reducidas, generalmente en el rango de 0.5 a 1.5 m/s. Algunos



modelos con velocidades cercanas a los 3 m/s utilizan deslizaderas de bronce en lugar de nylon.

- b. *Deslizaderas no lubricadas*: A diferencia de las mencionadas anteriormente, este tipo de deslizaderas tienen la capacidad de adaptarse a posibles irregularidades presentes en las guías y no requieren lubricación gracias a su diseño especial. También conocidas como guías de rodillos, se utilizan en equipos que operan a velocidades medias y altas, es decir, superiores a 1.6 m/s.



Para este caso se utilizan guidores fijos de fundición para guías de 5mm hasta 10mm. Con corredera de sujeción para bulón hasta 5/8. Para utilizar con colizas o rozaderas individuales de 125mm de largo auto lubricadas. Estas son de fabricación nacional por RAS metalúrgica.



Ilustración 59-Guidador Fijo Plano 125P

Estos guidores son de fundición de hierro o aluminio por lo que no están en contacto directo con las guías, es por ello que en la ranura se colocan rozaderas de nylon para guías, en este caso, guías de 9mm



Ilustración 60-Rozaderas de Nylon

La auto lubricación viene dada por aceiteras que constan de depósitos de aceite ubicados en los guidores superiores, las cuales van lubricando la guía con la que están en contacto durante el recorrido.



Ilustración 61-Lubricador de guías

Calculo Perfil Horizontal Amarra-Cables

En este perfil perteneciente a la arcata, es en donde los amarra-cables hacen tope y sostiene el peso que viene dado por

$$P = P_c + P_p + P_a \quad (1)$$

Donde

P_c Peso carga nominal (200kg)

$(P_p + P_a)$ Peso de plataforma + Peso Arcata (150kg)

$$P = 350kg$$

Para este perfil se ha utilizado un UPN 100 para unificar materiales, por lo que se procede a verificar mediante análisis de elementos finitos, considerando que esta soldado en extremos y la carga se reparte por cada agujero.

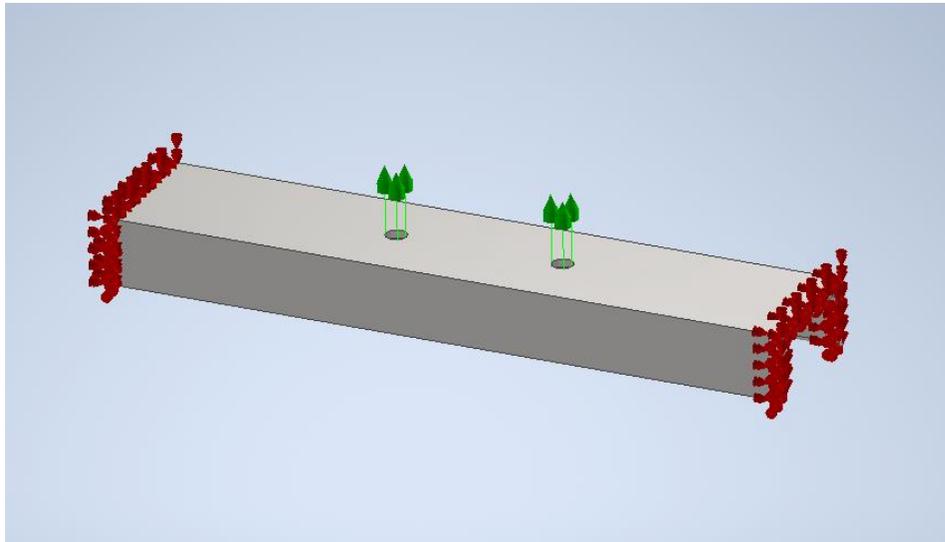


Ilustración 62-Fuerzas actuantes en perfil superior de arcata

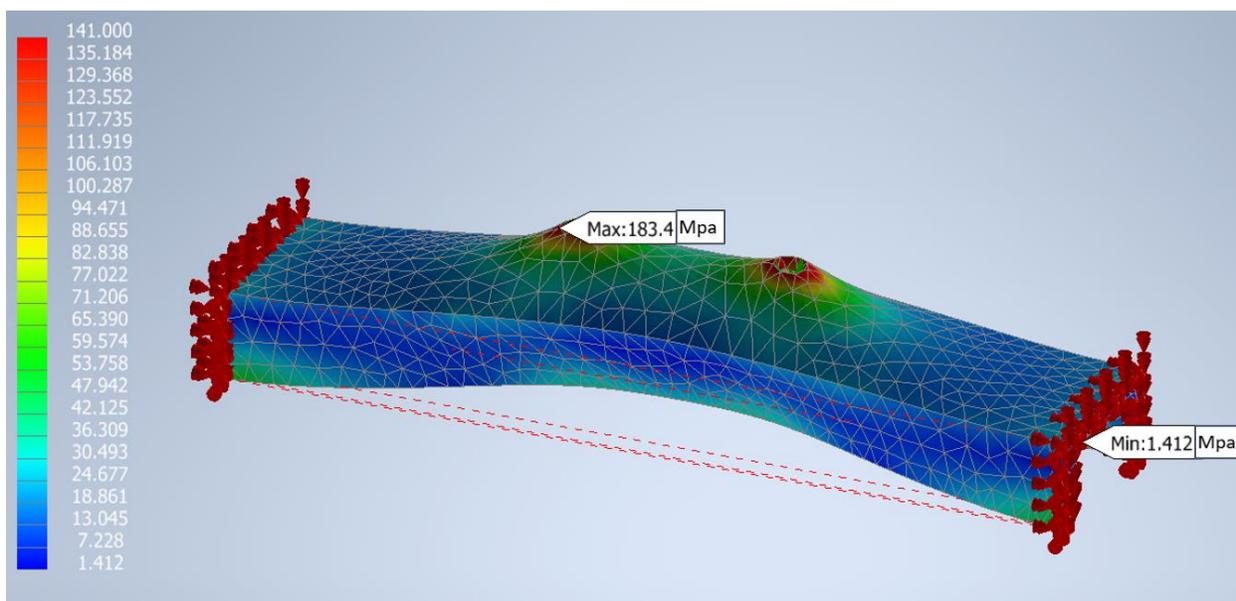


Ilustración 63- Análisis de perfil

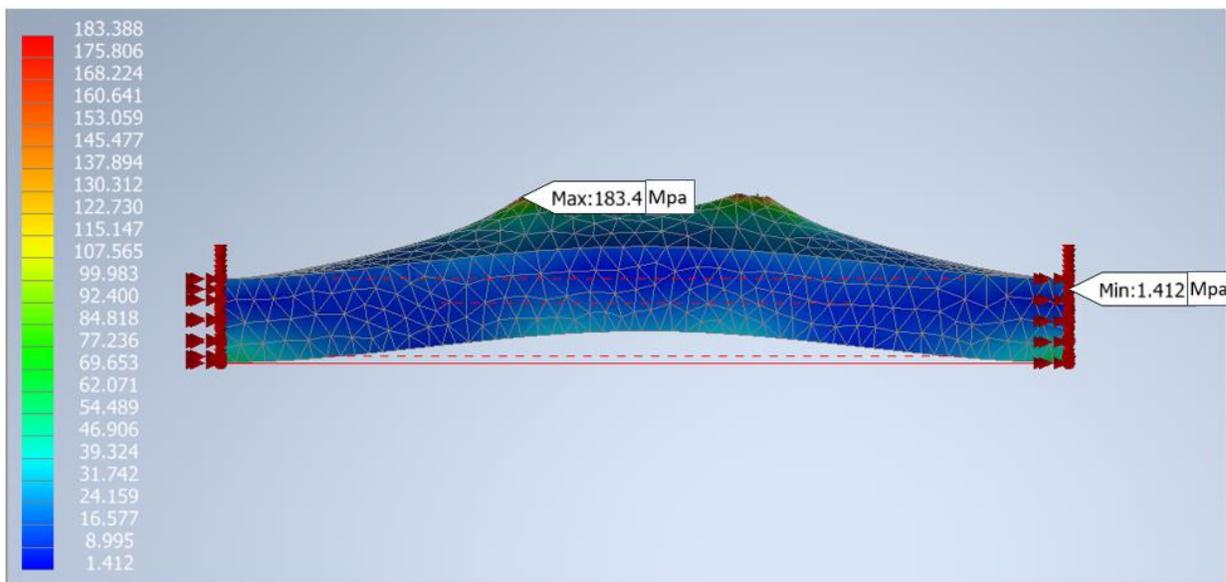


Ilustración 64-Tensiones

Como se puede apreciar en las Ilustraciones anteriores, existen zonas puntuales de tensiones elevadas superiores a la admisible debido a rendimientos en el mallado o en el mismo solver. De esta manera, no se pretende que el resultado de estos esfuerzos localizados sea el que determine la verificación o no verificación del elemento analizado.

Por lo tanto, podemos observar que el perfil se ve sometido a tensiones máximas que rondan los 70 Mpa, sin considerar los valores máximos producidos por esfuerzos concentrados.

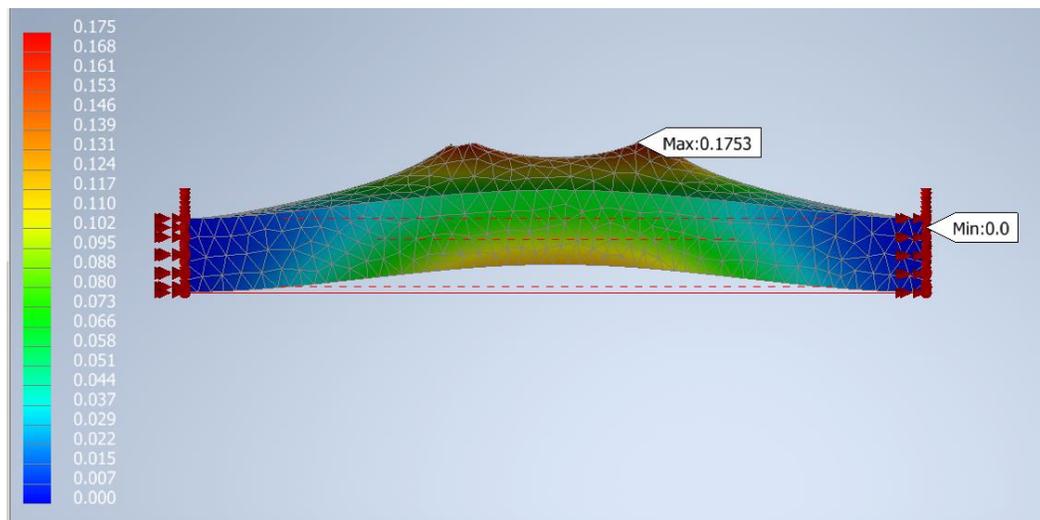


Ilustración 65-Desplazamientos

De igual manera podemos ver que los desplazamientos son despreciables, siendo el máximo de 0,17mm.

Recordando las propiedades del F-24

$$\text{Resistencia a la traccion } \sigma_u = 370\text{Mpa}$$

$$\text{Tension de fluencia } \sigma_y = 235\text{Mpa}$$

La tensión admisible viene dada por la siguiente expresión en donde se considera un FS=5 siendo este un valor conservador en el diseño.

$$\sigma_{adm} = \frac{370\text{Mpa}}{5} = 74\text{Mpa}$$

$$\sigma_{adm} = 74\text{Mpa} > 70\text{Mpa}$$

Por lo tanto podemos decir que el elemento analizado verifica las solicitaciones.

5.2.2 Dimensionamiento de la Base de Arcata

La base de la arcata está conformada principalmente por dos perfiles discontinuos, estos son perfiles plegados de sección variable para mejorar el aprovechamiento de material y

también alivianar peso. Luego estos dos se unen mediante perfiles estructurales de manera perpendicular y transversal, cumpliendo la función de reticulado, el cual da la rigidez estructural y terminan de conformar la base de arcata. La ilustración siguiente muestra el resultado final del conjunto base de la arcata.

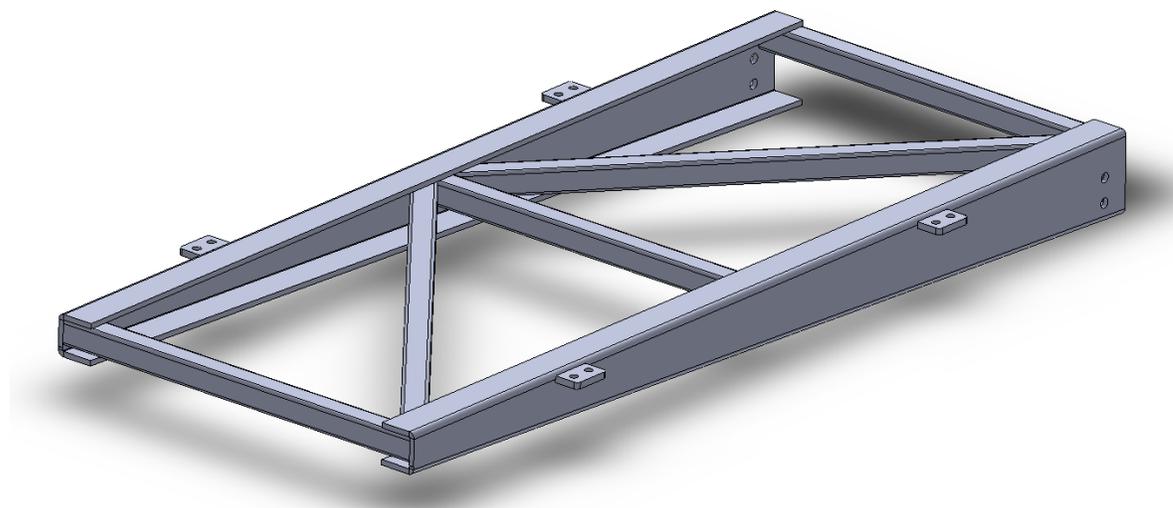


Ilustración 66-Base de arcata

La vinculación plataforma y arcata se realiza por las cuatro orejas que se encuentran en los perfiles discontinuos, por medio de bulones M10.

Cada uno de estos perfiles en C, se diseñan de manera que van de una sección mayor a una sección menor, para aprovechamiento del material, ya que como veremos a continuación el momento máximo se da en un solo extremo, por lo que una sección uniforme no conllevaría un aprovechamiento óptimo. Es importante destacar que la conformación de estos perfiles es mediante chapa plegada ya que comercialmente no se fabrican.

Dimensionamiento de Perfiles Discontinuos

Cálculo de Corte y Momento Flector

El cálculo se efectúa considerando que se trata de un perfil empotrado. La fuerza total actúa sobre cada uno de los perfiles por lo que cada uno toma una carga de 1750N distribuidos en 1,2m.

Ilustración 67-Diagrama Viga empotrada

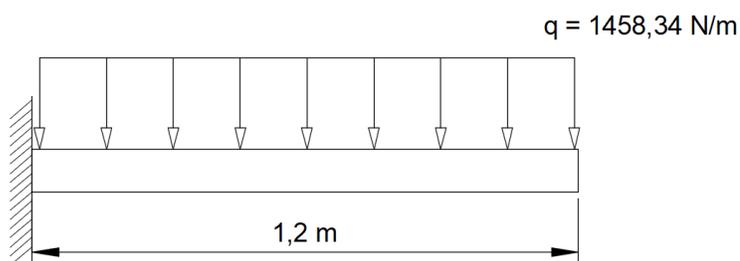
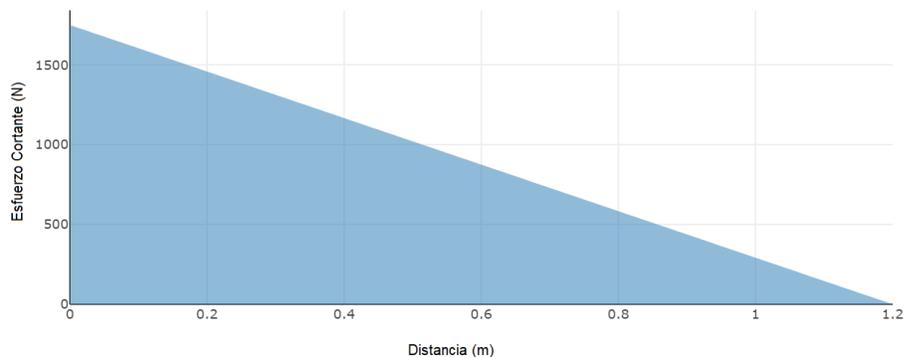


Ilustración 68-Diagrama Esfuerzo de corte

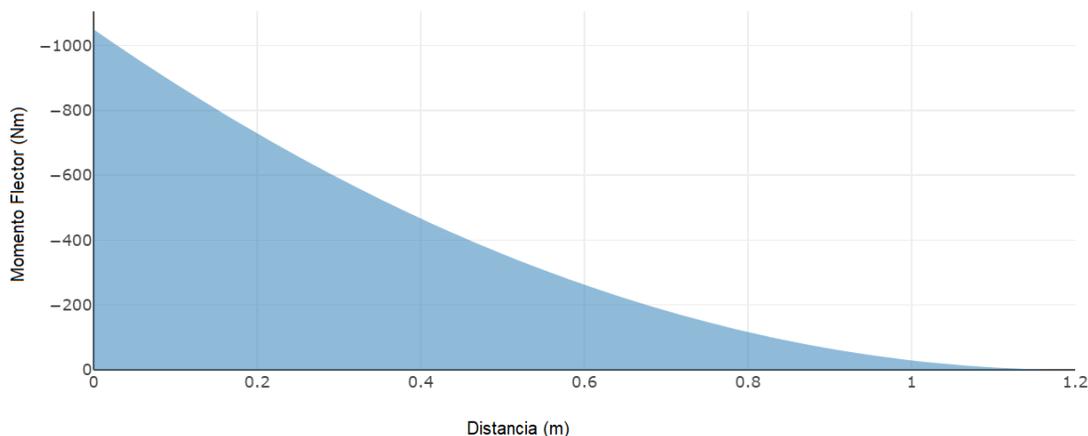


Los valores de esfuerzo cortante se resumen a continuación en la siguiente tabla

Tabla 13-Valores esfuerzo cortante

| Distancia [m] | Esfuerzo Cortante [N] |
|---------------|-------------------------|
| 0 | $q_{\text{máx}} = 1750$ |
| 0,2 | 1458,34 |
| 0,4 | 1166,67 |
| 0,6 | 875 |
| 0,8 | 583,33 |
| 1 | 291,66 |
| 1,2 | 0 |

Ilustración 69-Diagrama momento flector



Los valores de momento flector son decrecientes a lo largo del perfil y se resumen en la siguiente tabla

| Distancia [m] | Momento Flector [Nm] |
|---------------|--------------------------|
| 0 | $M_{\text{máx}} = -1050$ |
| 0,2 | -729,17 |
| 0,4 | -466,67 |
| 0,6 | -262,5 |
| 0,8 | -116,67 |
| 1 | -29,17 |
| 1,2 | 0 |

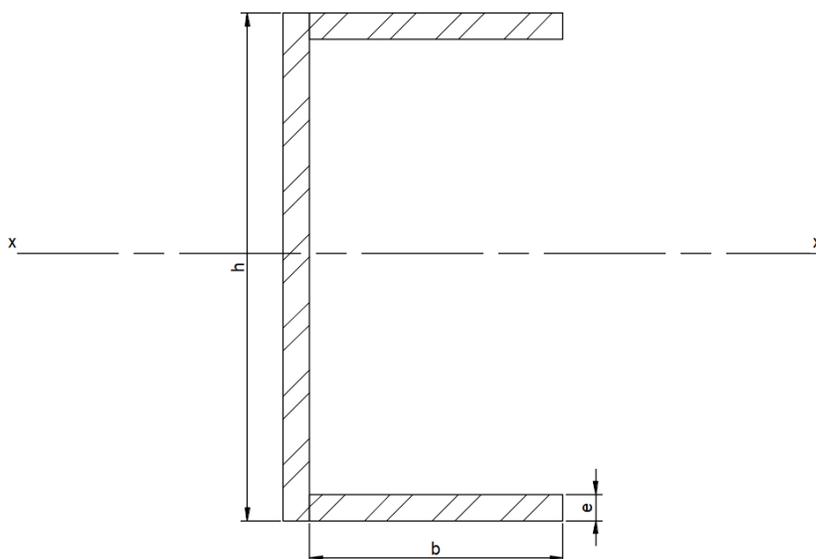
Tabla 14-Valores de momento flector

De acuerdo al diagrama de momento flector y corte, se observa que los esfuerzos máximos se producen en el extremo del perfil empotrado, disminuyendo a medida que nos alejamos de dicho punto. Por lo tanto, utilizar un perfil de sección uniforme en las secciones más alejadas donde el momento es menor, sería ineficiente. Con base en este criterio, se opta por el diseño de un perfil discontinuo.

Calculo Modulo Resistente obtenido

Al considerar la sección del perfil C, simplificamos su geometría dividiéndola en tres rectángulos para poder determinar el momento de inercia con respecto al eje horizontal.

Ilustración 70-Perfil C



El momento de inercia de la figura respecto al eje $x-x'$ utilizando el teorema de ejes paralelos viene dado por la siguiente expresión

$$I_x = \frac{e * h^3}{12} + 2 * \left[\frac{b * e^3}{12} + b * e * \left(\frac{h}{2} - \frac{e}{2} \right)^2 \right]$$

Desarrollando la expresión

$$I_x = \frac{e * h^3}{12} + 2 * \frac{b * e^3}{12} + 2 * b * e * \left(\frac{h}{2} - \frac{e}{2} \right)^2$$

$$I_x = \frac{e * h^3}{12} + \frac{b * e^3}{6} + 2 * b * e * \left(\frac{h}{2} - \frac{e}{2} \right)^2$$

$$I_x = \frac{e * h^3}{12} + \frac{b * e^3}{6} + 2 * b * e * \left[\left(\frac{h}{2} \right)^2 + 2 * \frac{h}{2} * \left(-\frac{e}{2} \right) + \left(-\frac{e}{2} \right)^2 \right]$$

$$I_x = \frac{e * h^3}{12} + \frac{b * e^3}{6} + 2 * b * e * \left[\frac{h^2}{4} + h * \left(-\frac{e}{2} \right) + \frac{e^2}{4} \right]$$

$$I_x = \frac{e * h^3}{12} + \frac{b * e^3}{6} + b * e * \left[\frac{h^2}{2} + h * (-e) + \frac{e^2}{2} \right]$$

Obteniendo

$$I_x = \frac{e * h^3}{12} + \frac{b * e^3}{6} + b * e * \frac{h^2}{2} + b * h * -e^2 + \frac{1}{2} * b * e^3$$

Ahora, como sabemos, podemos caracterizar cada sección por su módulo resistente o módulo de resistencia, que se define como el cociente entre el momento de inercia y la distancia máxima desde el eje neutro hasta la fibra más alejada del perfil:

$$W_x = \frac{I_x}{y_{\text{máx}}}$$

El eje x-x' sería su eje neutro, ya que el eje x-x' divide la altura del perfil en dos partes iguales, y en este caso, $y_{\text{máx}}$ sería igual a $h/2$ ($y_{\text{máx}} = h/2$, siendo h la altura total del perfil). Es decir, que para este caso donde existe simetría en el perfil, la fibra más alejada de la sección se encuentra a una altura de $h/2$ del eje neutro del perfil, que coincide también con la posición de su centro de gravedad.

Por lo tanto, para determinar el módulo resistente en cada tramo de la sección, reemplazamos la ecuación de I_x en la ecuación correspondiente a W_x , obteniendo

$$W_x = \left[\frac{e * h^3}{12} + \frac{b * e^3}{6} + b * e * \frac{h^2}{2} + b * h * -e^2 + \frac{1}{2} * b * e^3 \right] * \frac{1}{y_{\text{máx}}}$$

$$W_x = \left[\frac{e * h^3}{12} + \frac{b * e^3}{6} + b * e * \frac{h^2}{2} + b * h * -e^2 + \frac{1}{2} * b * e^3 \right] * \frac{2}{h}$$

Con esta ecuación podemos determinar el módulo resistente que obtenemos de nuestro perfil en función de la altura h , el espesor e y ancho b , siendo estos últimos dos constantes a fines de este cálculo.

Cálculo Modulo resistente necesario

Para posibilitar el plegado del perfil, la altura decreciente del mismo debe ser lineal de un extremo a otro, desde $h=100$ hasta $h=50\text{mm}$

Considerando que el ala del perfil tiene un ancho b de 40mm y tenemos una chapa de material F-24 de $\frac{1}{4}$ " de espesor que cuenta las siguientes propiedades mecánicas

- ❖ Resistencia a la tracción: $370 \text{ MPa} = 3773 \text{ kg/cm}^2$
- ❖ Límite de Elástico: $235 \text{ MPa} = 2396 \text{ kg/cm}^2$

Podemos también determinar el módulo resistente mínimo necesario para cada tramo del perfil, si recordamos el momento flector al que está sometido cada tramo del mismo y tenemos en cuenta el FS=7 (siendo este un valor alto y por ende conservador debido a que es considerado uno de los componentes críticos del elevador a la hora de su diseño).

Utilizando las siguientes expresiones

$$W_x (\text{necesario}) \geq \frac{M}{\sigma_{adm}} = \frac{M}{\frac{S_y}{FS}}$$

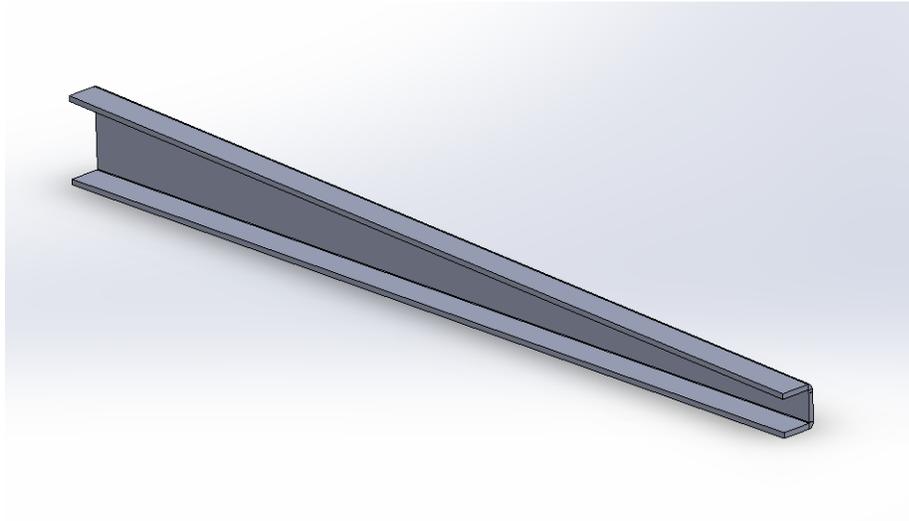
Para mayor practicidad se resumen los valores obtenidos en la siguiente tabla para cada tramo del perfil:

| | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| L [m] | 0 | 0.2 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 1 | 1.2 |
| Mf [kg.cm] | 10500 | 7291.7 | 4666.7 | 2625 | 1166.7 | 291.7 | 0 |
| h [mm] | 100 | 91.67 | 83.34 | 75 | 66.67 | 58.34 | 50 |
| b [mm] | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |
| e [mm] | 6.35 | 6.35 | 6.35 | 6.35 | 6.35 | 6.35 | 6.35 |
| σ_{adm} [kg/cm ²] | 342.29 | 342.29 | 342.29 | 342.29 | 342.29 | 342.29 | 342.29 |
| Wx (necesario) [cm ³] | 30.68 | 21.3 | 13.63 | 7.67 | 3.41 | 0.85 | 0 |
| Wx (obtenido) [cm ³] | 39.35 | 35.55 | 31.91 | 28.41 | 25.07 | 21.88 | 18.84 |

Tabla 15-Valores Obtenidos - Dimensionamiento de Perfil Discontinuo

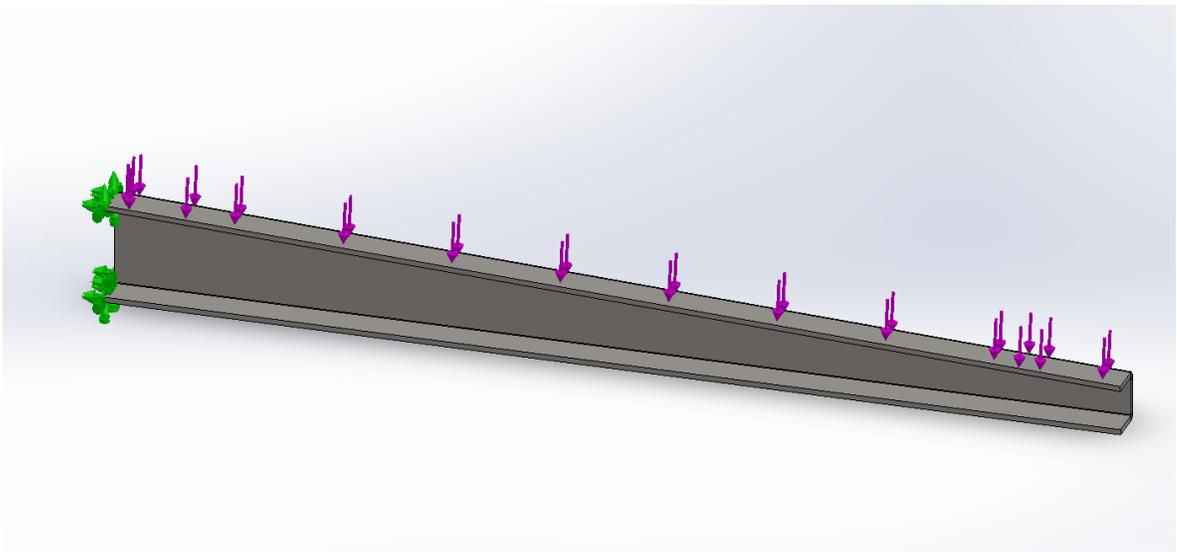
Por lo tanto con esta tabla verificamos que el valor del módulo Wx obtenido en la chapa plegada sea mayor al necesario a lo largo de todo el perfil construido.

La siguiente ilustración muestra el perfil adoptado

Ilustración 71-Perfil C sección discontinua

Análisis Estático – Perfil Discontinuo

Para verificar el cálculo anterior se utiliza el software Solidworks, realizando un análisis estático mediante la técnica de elementos finitos donde podemos ver las solicitaciones de la pieza.

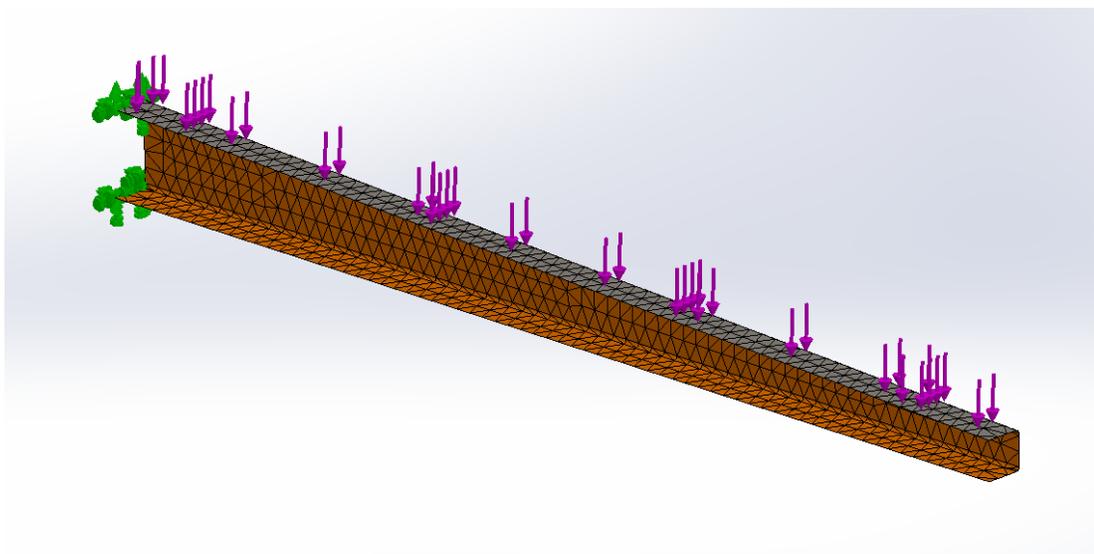
Ilustración 72-Condiciones de borde - Perfil discontinuo

Consideramos una vinculación fija en el extremo de mayor sección del perfil, ya que es donde irá soldado perpendicularmente al perfil vertical. A su vez, la carga se encuentra distribuida en el ala superior del mismo.

A continuación, procedemos a realizar el análisis mediante la técnica de elementos finitos. Esta metodología se fundamenta en la descomposición de un objeto o sistema en una malla de elementos más pequeños, conocidos como elementos finitos, los cuales se conectan entre sí en nodos. Cada elemento finito puede ser analizado de manera individual, lo que proporciona la capacidad de simular y predecir el comportamiento del sistema en su conjunto.

La generación de la malla, necesaria para el análisis, es realizada por el software utilizado. La malla resultante es representada visualmente en la siguiente ilustración.

Ilustración 73 - Malla de Elementos Finitos



Análisis de tensiones – Perfil discontinuo

La representación gráfica del resultado obtenido a partir del análisis se muestra en la siguiente ilustración. Al examinar dicha representación, se puede observar que el perfil analizado se encuentra sometido a esfuerzos que se sitúan por debajo del límite elástico. Esto indica que el perfil presenta una respuesta elástica y no ha alcanzado la región plástica de deformación.

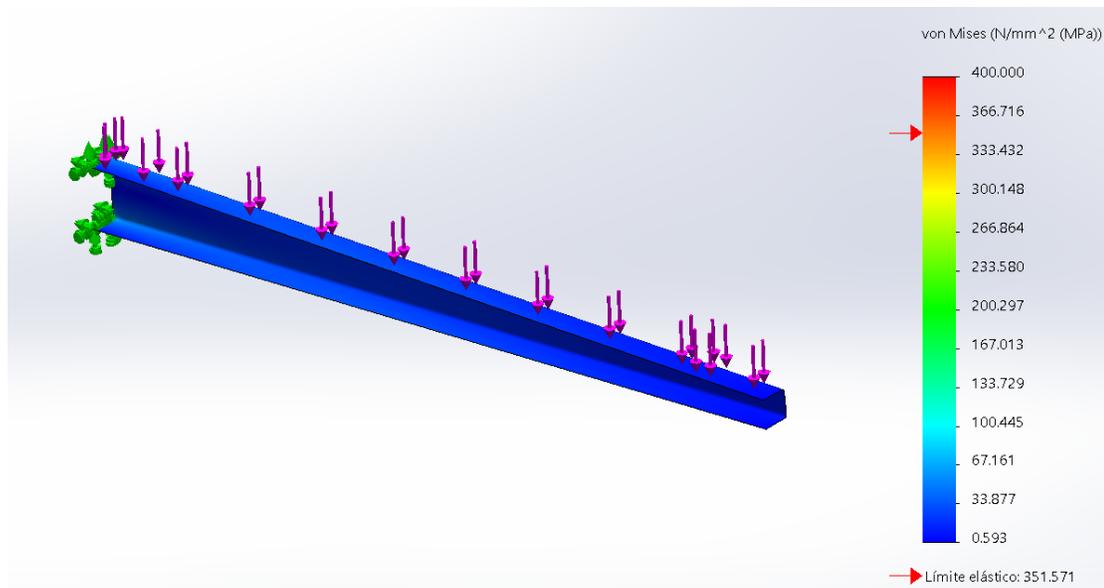


Ilustración 74-Tensiones en perfil discontinuo

Al analizar las tonalidades de color en la escala utilizada para representar los valores de esfuerzo en megapascales (MPa), se puede apreciar que el perfil se encuentra en el rango de tonalidades azules. Por otro lado, el límite elástico se encuentra representado dentro del rango de tonalidades naranjas/rojas.

Esta comparación visual nos permite concluir de manera segura que el perfil se encuentra dentro de un rango de esfuerzos seguro, ya que se mantiene por debajo del límite elástico establecido. Este hallazgo confirma la integridad estructural del perfil y respalda su capacidad para soportar las cargas previstas sin experimentar deformaciones plásticas significativas.

De esta manera, vemos que las tensiones no superan los 30 Mpa, por lo que se encuentra dentro del límite admisible.

Análisis de desplazamiento - Perfil discontinuo

Además, durante el análisis de desplazamiento realizado, se ha observado una variación en los desplazamientos a lo largo del elemento bajo estudio. No obstante, es importante destacar que estos desplazamientos se mantienen dentro del rango de colores

verde/azul establecido en la escala utilizada para su representación. Como indica la siguiente ilustración

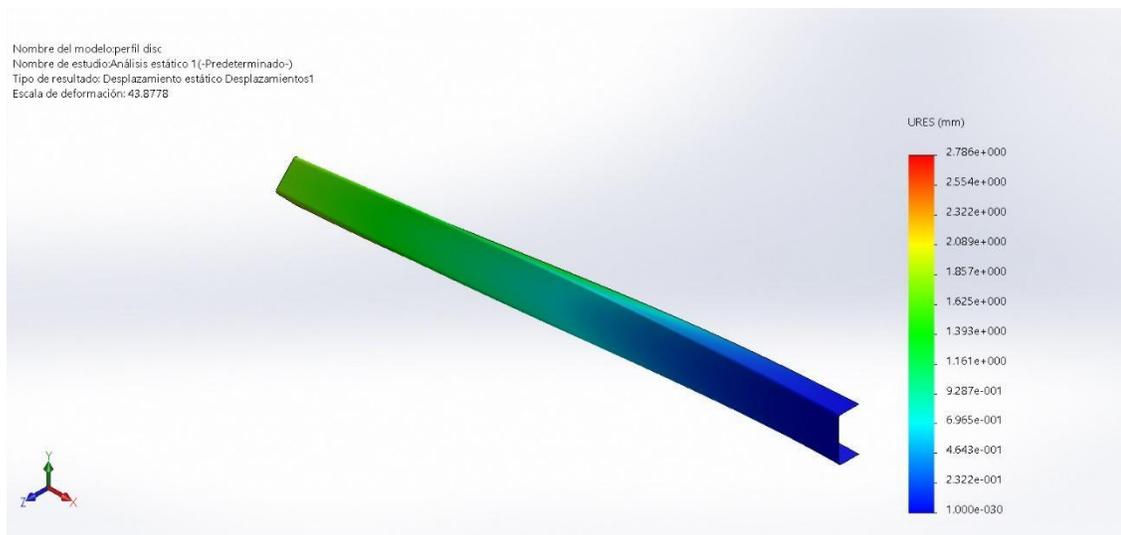


Ilustración 75-Desplazamientos

El desplazamiento máximo registrado ha alcanzado los 2,8 mm según la escala. Estos valores nos proporcionan una comprensión clara de la magnitud de los desplazamientos experimentados en el elemento analizado.

Análisis de deformación unitaria – Perfil discontinuo

Además, durante el análisis, se ha identificado una tendencia del perfil a deformarse de manera torsional. Esta observación implica la presencia de una torsión en el elemento bajo estudio. Es fundamental destacar este hallazgo, ya que la deformación torsional puede tener implicaciones significativas en la estabilidad y el rendimiento del elemento analizado.

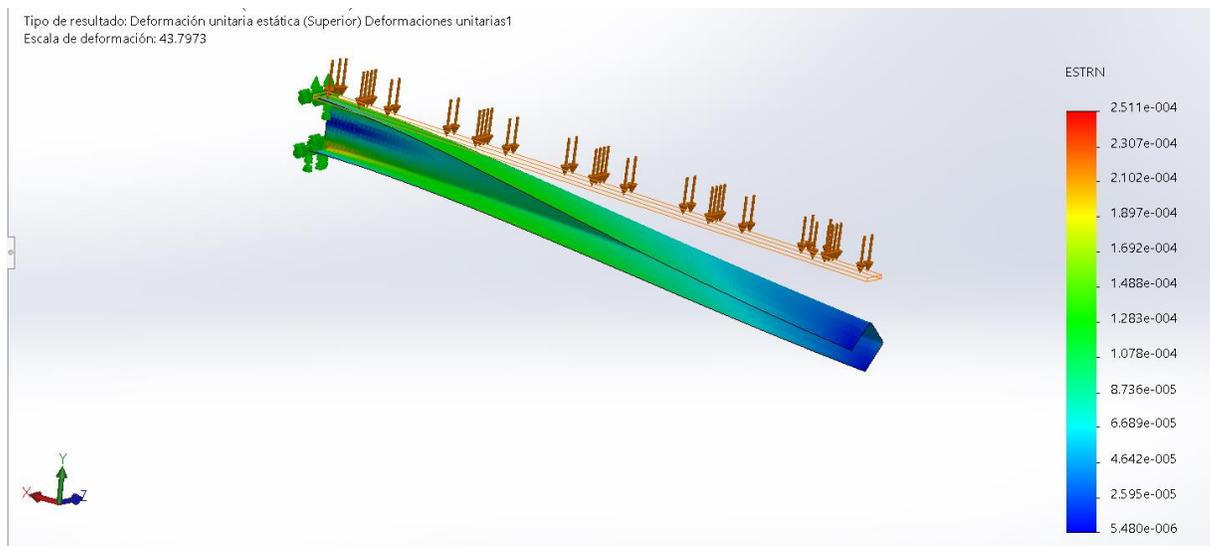


Ilustración 76-Deformacion unitaria en perfil discontinuo

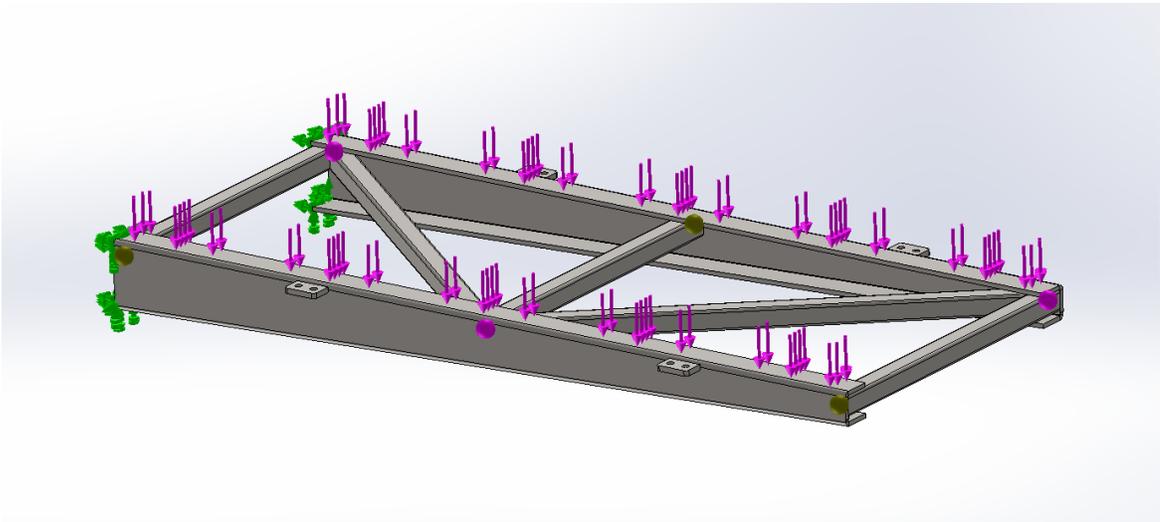
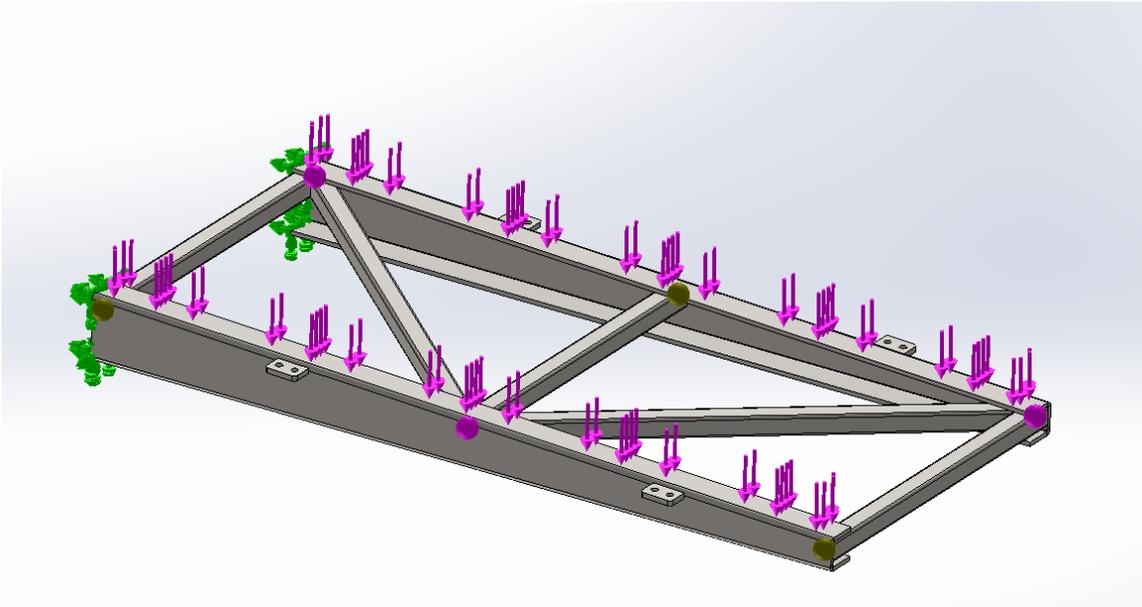
Análisis Base de Arcata

Se realizó la simulación de un análisis estático de la base de la arcata.

Como ya se ha mencionado, dicha base está compuesta por dos perfiles C discontinuos enfrentados entre sí, los cuales se unen mediante perfiles estructurales cuadrados de dimensiones 30x30x2,5mm. Esta configuración de unión se ha implementado con el propósito de brindar rigidez estructural y prevenir la torsión en cada uno de los perfiles discontinuos.

Al igual que en el análisis anterior, las caras de mayor sección se consideran como vinculaciones fijas, ya que van soldadas a los perfiles verticales. Mientras que la carga se distribuye en las caras superiores de las alas de los perfiles discontinuos, repartiéndose 1750N en cada uno.

Ilustración 77-Base de Arcata-Condiciones de borde



De igual manera en este caso se realiza el análisis mediante la técnica de elementos finitos por lo que el software procede a realizar el siguiente mallado.

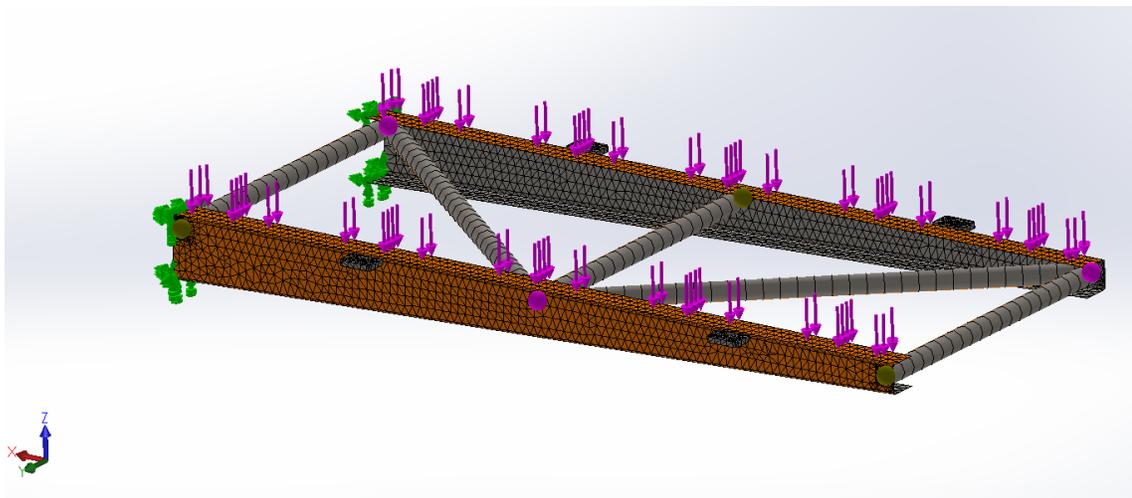


Ilustración 78-Mallado-Base de arcata

Análisis de Tensiones – Base de arcata

Como resultado del estudio de tensiones realizado, se ha observado que el conjunto base de la arcata analizado se encuentra sometido a esfuerzos que se sitúan por debajo del límite elástico. Este hallazgo indica que el conjunto exhibe una respuesta elástica y no ha alcanzado la región plástica de deformación.

Al examinar las tonalidades de color en la escala utilizada para representar los valores de esfuerzo en megapascales (MPa), se puede apreciar que el perfil se encuentra en el rango de tonalidades azules, no superando los 31MPa de tensión admisible. Por otro lado, el límite elástico se encuentra representado dentro del rango de tonalidades naranjas/rojas como se representa a continuación.

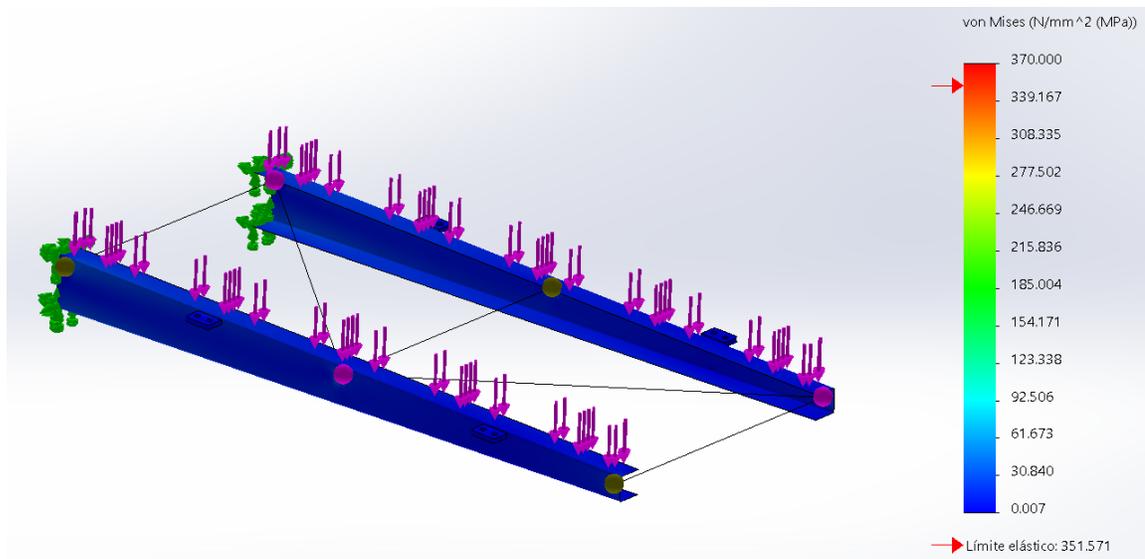


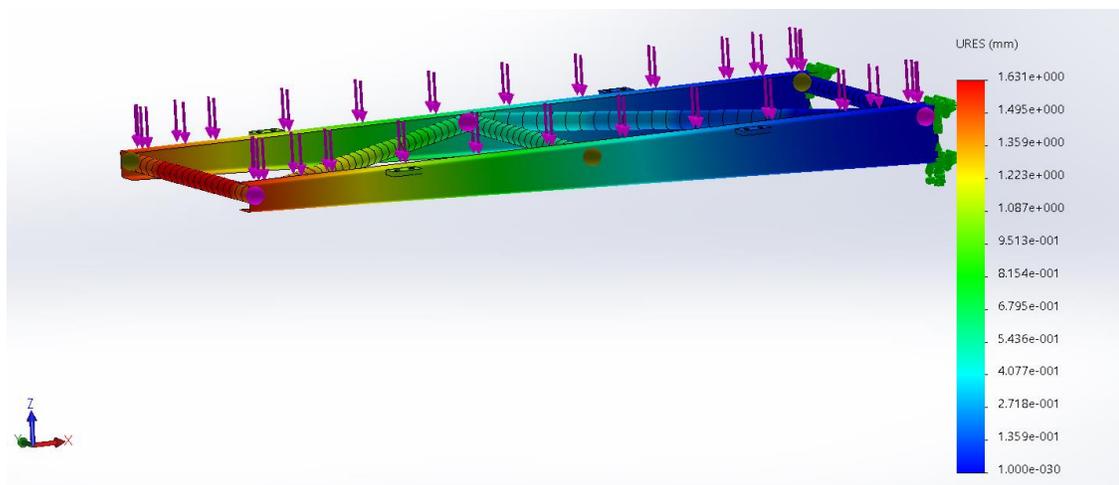
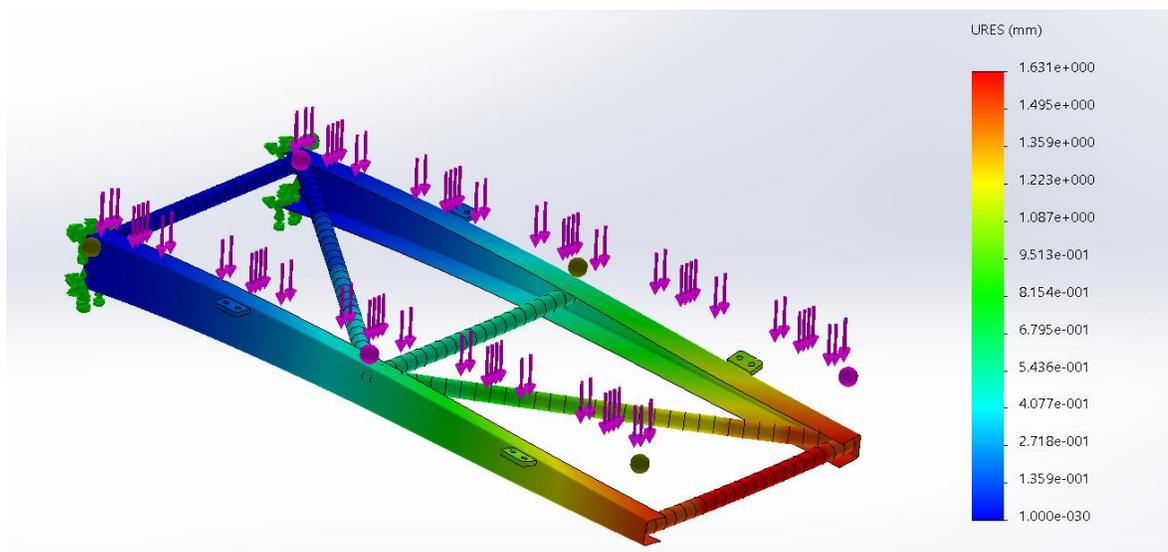
Ilustración 79-Tensiones-Base de arcata

Análisis desplazamientos - Base de arcata

También se han registrado durante el análisis los desplazamientos que sufre la base la arcata, en donde el valor máximo de desplazamiento registrado es de 1,63 mm en el extremo más alejado de la vinculación fija, lo cual se encuentra dentro de los límites aceptables establecidos para el proyecto.

Este desplazamiento es congruente con las expectativas previstas y no representa una preocupación significativa en términos de estabilidad y seguridad estructural.

Ilustración 80-Desplazamientos-Base de Arcata



Análisis deformaciones unitarias – Base de Arcata

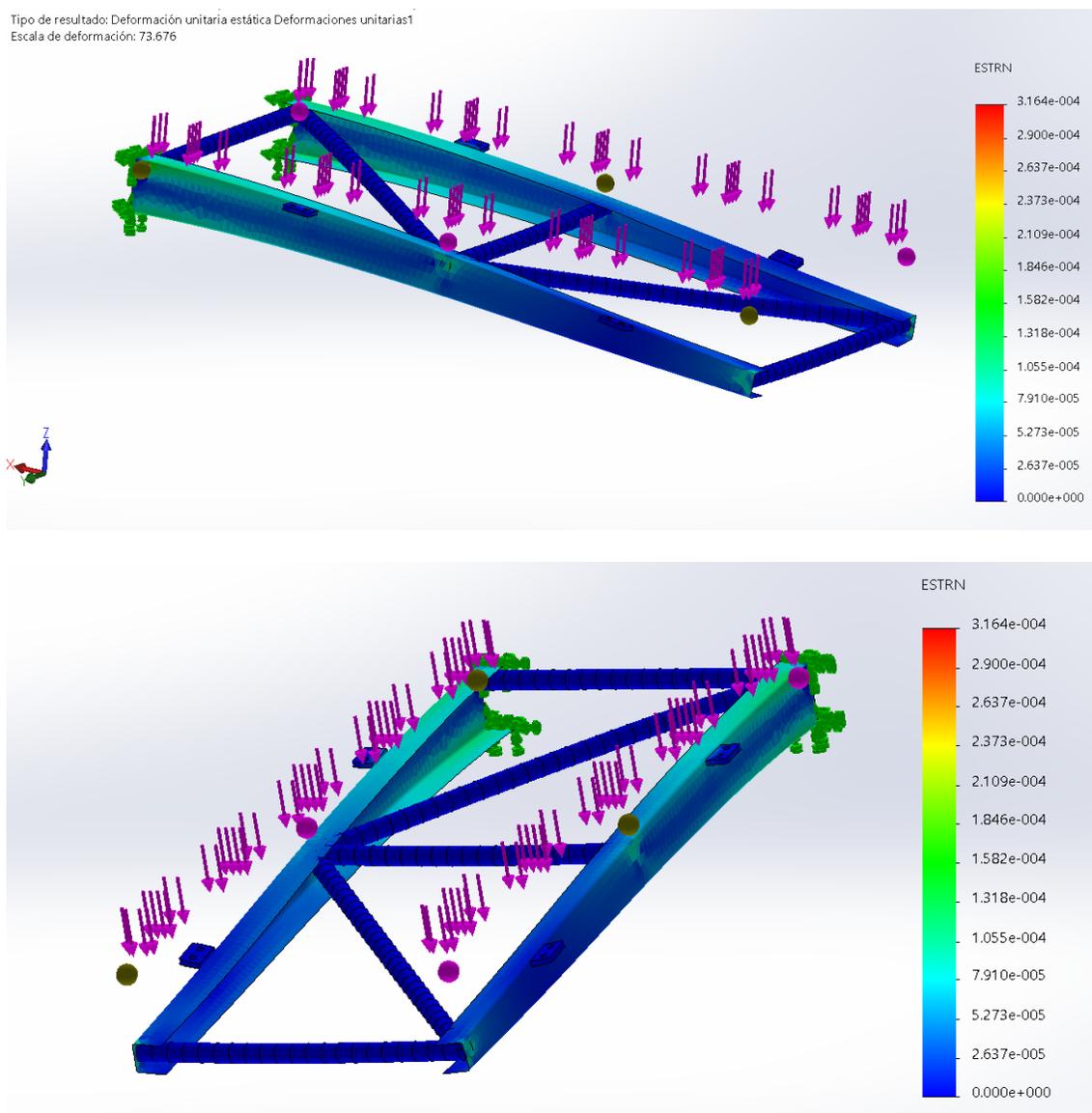
En el análisis de deformaciones unitarias realizado mediante el software, se ha podido constatar que la tendencia a la torsión de los perfiles discontinuos ha sido eliminada. Este resultado es de suma importancia, ya que la presencia de torsión puede afectar negativamente el comportamiento y la integridad estructural del sistema.

Además, al examinar las ilustraciones proporcionadas, se observa que el conjunto de la base de la arcata experimenta una deformación uniforme. Esta conclusión se basa en la

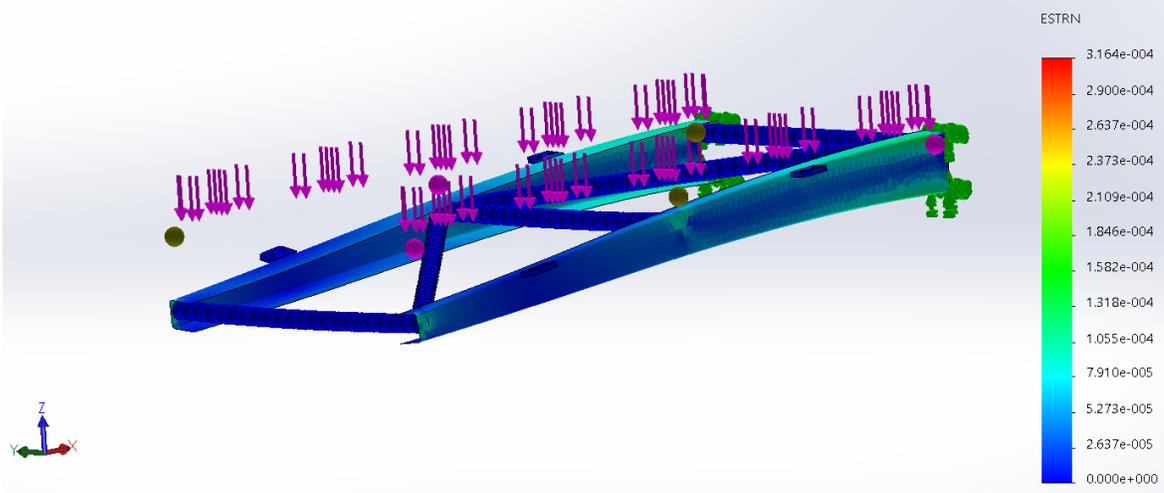
constatación de que los valores de deformación se mantienen dentro del rango representado por los colores verdes/azules de la escala utilizada.

Este hallazgo es relevante, ya que una deformación uniforme implica una respuesta estructural equilibrada y homogénea del conjunto de la base de la arcata. La deformación dentro de límites aceptables garantiza la integridad y el rendimiento del sistema, evitando situaciones críticas que podrían afectar su estabilidad y funcionalidad.

Ilustración 81-Deformación unitaria-Base de arcata



Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
Escala de deformación: 73.676



El análisis exhaustivo de tensiones, desplazamiento y deformaciones unitarias ha confirmado la integridad estructural del conjunto analizado. Los resultados revelan que el conjunto trabaja por debajo del límite de elasticidad, lo que garantiza que no se producirán deformaciones permanentes en ninguna circunstancia.

Además, los desplazamientos registrados se encuentran dentro de rangos aceptables en el diseño de una estructura de esta envergadura.

La incorporación de elementos estructurales de 30x30x2,5 mm ha eliminado la tendencia a la torsión de los perfiles discontinuos, logrando la rigidez estructural buscada.

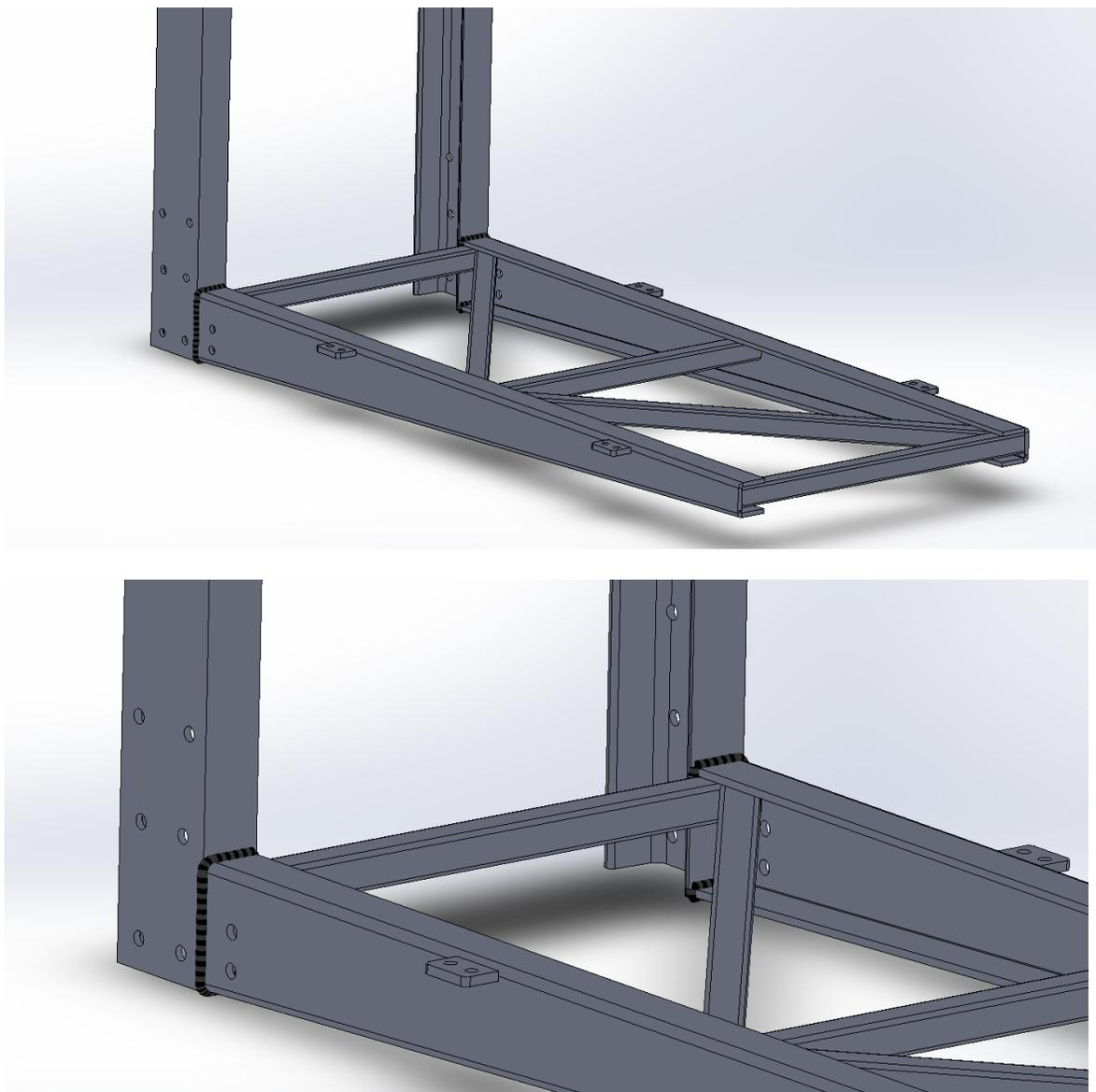
La base de la arcata experimenta una deformación uniforme, dentro de los valores tolerados. Estos resultados respaldan la confiabilidad y eficiencia estructural del conjunto analizado.

En resumen, el análisis exhaustivo demuestra que el conjunto opera de manera segura y confiable, cumpliendo con los requisitos de diseño. La ausencia de deformaciones permanentes, la eliminación de la torsión en los perfiles discontinuos y la deformación uniforme de la base de la arcata son indicadores positivos del correcto funcionamiento y la integridad estructural del sistema.

Cálculo unión soldada crítica

Se ha determinado que la unión crítica se encuentra en los cordones de soldadura que conectan los perfiles discontinuos con los perfiles verticales, como se ilustra a continuación. Este punto de unión es de vital importancia para el sistema estructural analizado.

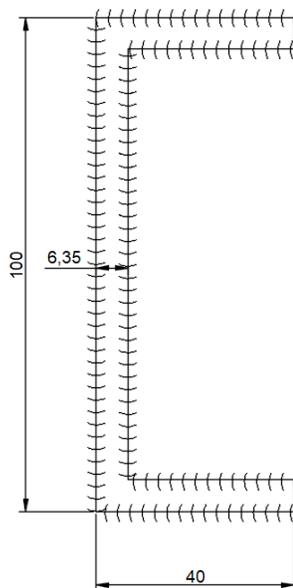
Ilustración 82-Unión Soldada Crítica – Base de arcata



La responsabilidad de soportar todo el peso de la plataforma recae en los perfiles discontinuos, y la unión soldada es la que está sometida al mayor esfuerzo. Por esta razón, en esta fase del proyecto se lleva a cabo el cálculo exhaustivo de esta unión soldada.

La soldadura se lleva a cabo de manera continua siguiendo el contorno del perfil, tanto en la parte interna como externa, tal y como se muestra en la ilustración siguiente.

Ilustración 83-Contorno de Soldadura



Suponiendo, que la carga es distribuida a lo largo del perfil discontinuo, se puede simplificar de la siguiente manera

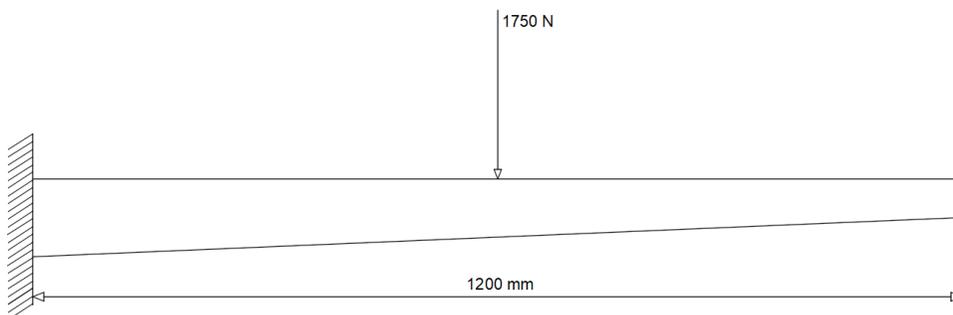


Ilustración 84-Viga en voladizo

Considerando que la unión es una soldadura a filete como se representa a continuación

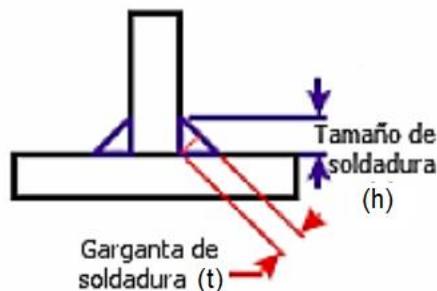


Ilustración 85-Representación unión a filete

El cateto h del filete de soldadura viene dado por la siguiente tabla. (También se considera que la tensión admisible de la soldadura es igual a la del perfil $314,41 \text{ kg/cm}^2$).

Ilustración 86-Tamaño mínimo de soldadura de filete

| Programa B: tamaño mínimo de soldadura de filete, h | | |
|---|----------------------|------------------------------|
| Espesor del material de la parte unida más gruesa, pulg | | Tamaño de la soldadura, pulg |
| *Hasta $\frac{1}{4}$ inclusive | | $\frac{1}{8}$ |
| Mayor que $\frac{1}{4}$ | Hasta $\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{16}$ |
| Mayor que $\frac{1}{2}$ | Hasta $\frac{3}{4}$ | $\frac{1}{4}$ |
| †Mayor que $\frac{3}{4}$ | Hasta $1\frac{1}{2}$ | $\frac{5}{16}$ |
| Mayor que $1\frac{1}{2}$ | Hasta $2\frac{1}{4}$ | $\frac{3}{8}$ |
| Mayor que $2\frac{1}{4}$ | Hasta 6 | $\frac{1}{2}$ |
| Mayor que 6 | | $\frac{5}{8}$ |

No se debe exceder el espesor de la parte más delgada.

* El tamaño mínimo para aplicaciones en puentes no puede ser menor a $\frac{3}{16}$ pulg.

Fuente: Shigley, 9na Edición - Capítulo 9 de soldadura

En nuestro caso, el perfil discontinuo de espesor 6,35mm se une con el ala del UPN 100 que tiene un espesor de 8,5mm.

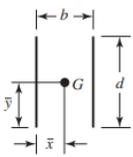
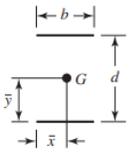
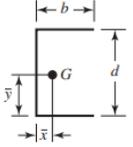
Considerando que no debemos exceder el espesor de la parte más delgada, determinamos que,

$$6,35\text{mm} > h > 4,76\text{mm}$$

El valor del cateto h que se designo es 6mm.

Para la realización de los cálculos correspondientes se recurre a la 9na edición del libro “Diseño en Ingeniería Mecánica” de Shigley, capítulo 9 de soldadura, de donde obtenemos las expresiones necesarias

Tabla 16-Propiedades flexionantes de las soldaduras a filete

| Soldadura | Área de la garganta | Ubicación de G | Segundo momento unitario del área |
|--|----------------------|---|-----------------------------------|
| 1.  | $A = 0.707hd$ | $\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$ | $I_u = \frac{d^3}{12}$ |
| 2.  | $A = 1.414hd$ | $\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$ | $I_u = \frac{d^3}{6}$ |
| 3.  | $A = 1.414hb$ | $\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$ | $I_u = \frac{bd^2}{2}$ |
| 4.  | $A = 0.707h(2b + d)$ | $\bar{x} = \frac{b^2}{2b + d}$ $\bar{y} = d/2$ | $I_u = \frac{d^2}{12}(6b + d)$ |

Fuente: Shigley, 9na Edición - Capítulo 9 de soldadura

Por lo tanto, calculando el área de cada cordón

$$A = 0,707 * h_{filete} * (2 * b * h)$$

$$A_1 = 0,707 * 6 * (2 * 40mm * 100mm) = 33936mm^2$$

$$A_2 = 0,707 * 6 * (2 * 33,65mm * 87,3mm) = 24923 mm^2$$

$$A_T = A_1 + A_2 = 58859 mm^2$$

Ahora, determinando el segundo momento unitario del área

$$I_{u1} = \frac{(100mm)^2}{12} * (6 * 40mm + 100mm) = 283 333,34 mm^3$$

$$I_{u2} = \frac{(87,3\text{mm})^2}{12} * (6 * 33,65\text{mm} + 87,3\text{mm}) = 183\,673\text{ mm}^3$$

$$I_u = I_{u1} + I_{u2} = 467006\text{ mm}^3$$

$$I = 0,707 * 6\text{mm} * 467006\text{ mm}^3 = 1981039\text{ mm}^4$$

Recordando la expresión de Von Misses para esfuerzos

$$S_y^2 = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

$$S_y^2 = \sqrt{\left(\frac{F * lc}{I}\right)^2 + 3 * \left(\frac{F}{A}\right)^2}$$

$$S_y^2 = F^2 * \left(\frac{lc}{I}\right)^2 + 3 * \left(\frac{1}{A}\right)^2$$

Determinamos la fuerza máxima que puede soportar el cordón

$$F = \frac{S_y}{\sqrt{\left(\frac{lc}{I}\right)^2 + 3 * \left(\frac{1}{A}\right)^2}}$$

$$F = \frac{S_y}{\sqrt{\left(\frac{lc}{I}\right)^2 + 3 * \left(\frac{1}{A}\right)^2}}$$

$$F = \frac{30,83\text{ N/mm}^2}{\sqrt{\left(\frac{600\text{mm} * 50\text{mm}}{1981039\text{ mm}^4}\right)^2 + 3 * \left(\frac{1}{58859\text{ mm}^2}\right)^2}}$$

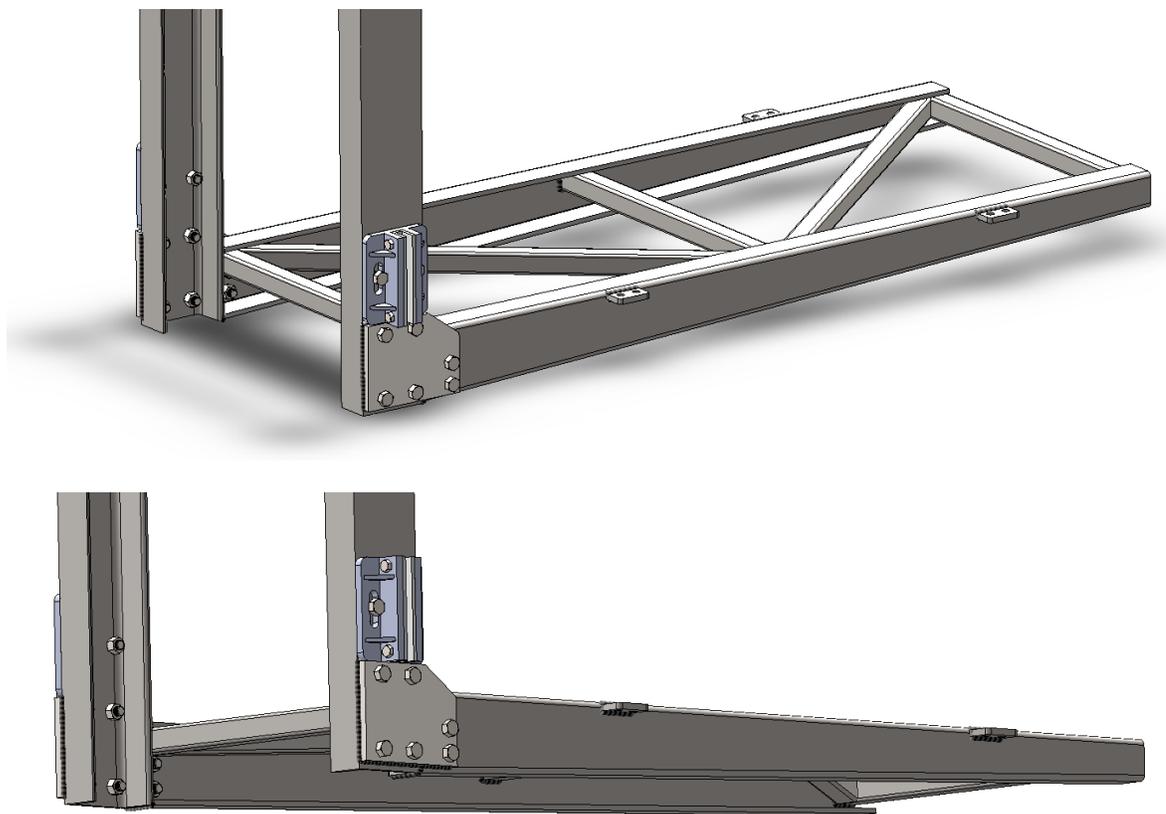
$$F = 2035\text{N}$$

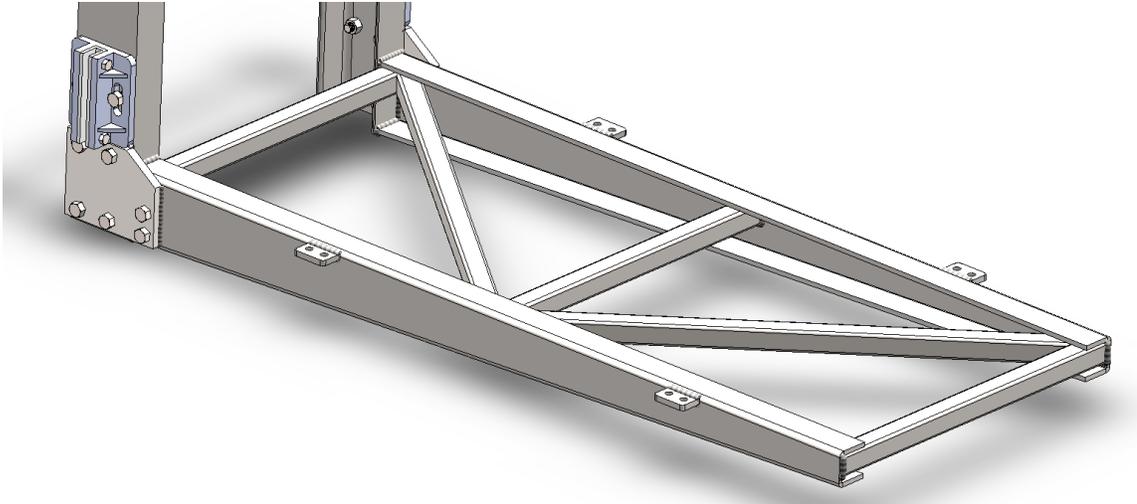
De esta manera vemos que la fuerza máxima que puede soportar el cordón es mayor que nuestra carga de trabajo de 1750N, pero no por mucho. Por lo que al ser considerado la zona más crítica, se han agregado en ambos lados placas de refuerzo en escuadra, son componentes utilizados en la construcción y estructuras de acero para fortalecer las conexiones entre miembros estructurales.

Su función principal es aumentar la resistencia y estabilidad de la conexión, distribuyendo las cargas y evitando la concentración de tensiones en puntos específicos.

Se han implementado placas de un espesor de $\frac{1}{2}$ " y para esta ocasión se montan mediante pernos M12, como se puede visualizar en las siguientes ilustraciones.

Ilustración 87-Placas de refuerzo - Base de arcata





Además, se verifican los bulones al corte;

Tornillos comerciales calidad 8.8.

- Tensión Última (σ_u) = 800 MPa.
- Tensión normal admisible (σ_{adm}) = 160 MPa
- Tensión tangencial admisible (τ_{adm}) = 112 MPa
- Área resistente tornillo M12 = 84,3mm²

$$\sigma = \frac{F}{12 * A} = \frac{3500N}{12 * 84,3mm^2} = 3,45Mpa$$

Por lo tanto los tornillos M12 verifican los esfuerzo de corte, ya que los valores de tensión son menor a la admisible.

5.3 Plataforma cerrada

La plataforma cerrada en la que se transporta la persona con movilidad reducida, es un tipo de estructura diseñada específicamente para facilitar el acceso vertical a estas. A diferencia de una cabina convencional de ascensor, esta plataforma presenta características distintivas que la hacen más accesible y funcional para su uso.

Se caracteriza por tener un acceso unilateral y paredes (paneles) de media altura. Al ser una plataforma descubierta, ofrece la ventaja de aprovechar la luz natural durante el día,

eliminando la necesidad de iluminación artificial. Esta configuración proporciona un entorno luminoso y abierto.

A continuación, se muestra una ilustración del conjunto completo que conforma la plataforma cerrada, las dimensiones detalladas de cada componente se encuentran adjuntas en los planos.

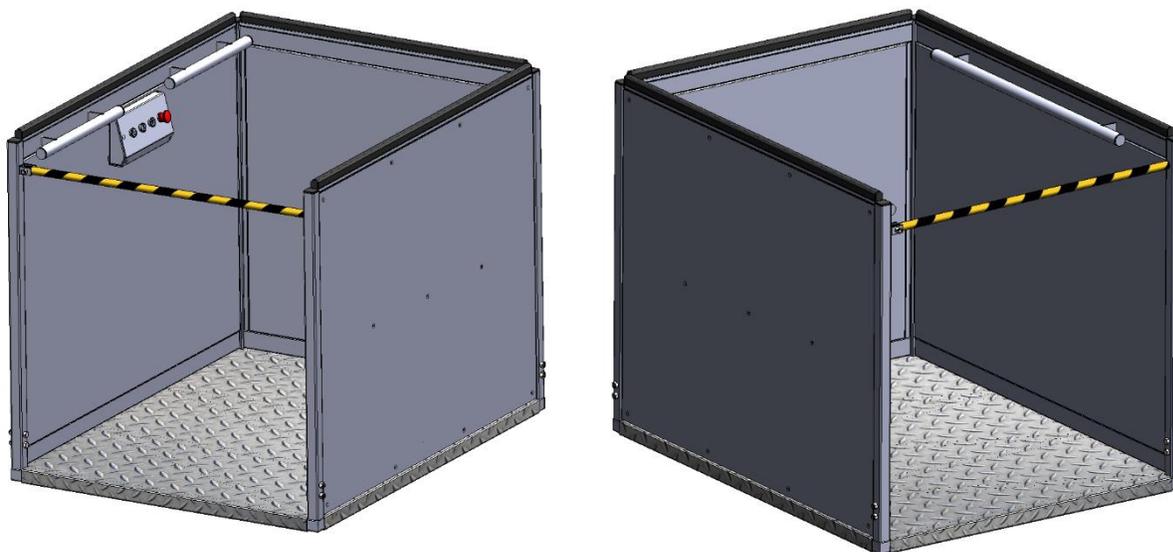


Ilustración 88-Plataforma

La misma se compone principalmente por:

- Base de plataforma
- Paneles lateral y posterior
- Botonera de mando
- Bordes sensibles de seguridad
- Pasamanos
- Baranda de seguridad

Base de plataforma

La base de la plataforma está conformada por una estructura reticulada de perfiles estructurales de 40x40x2mm. A su vez está recubierta por chapa antideslizante de acero plegada de 2,7mm que recubre la estructura y se suelda a la misma mediante cordones intermitentes.

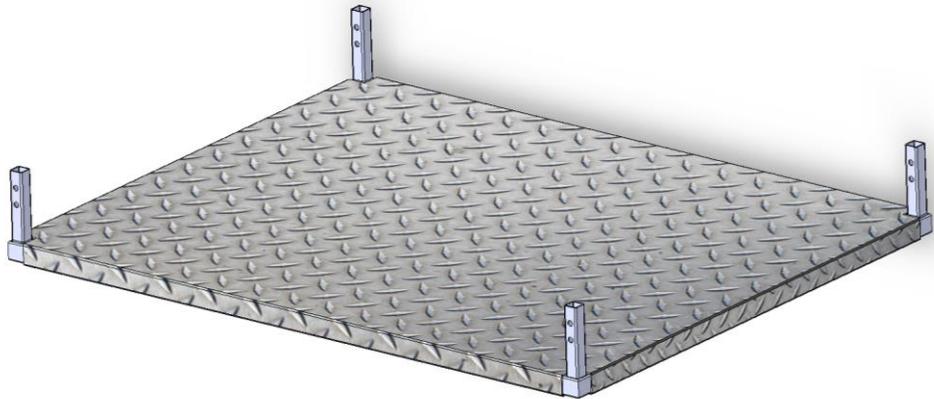
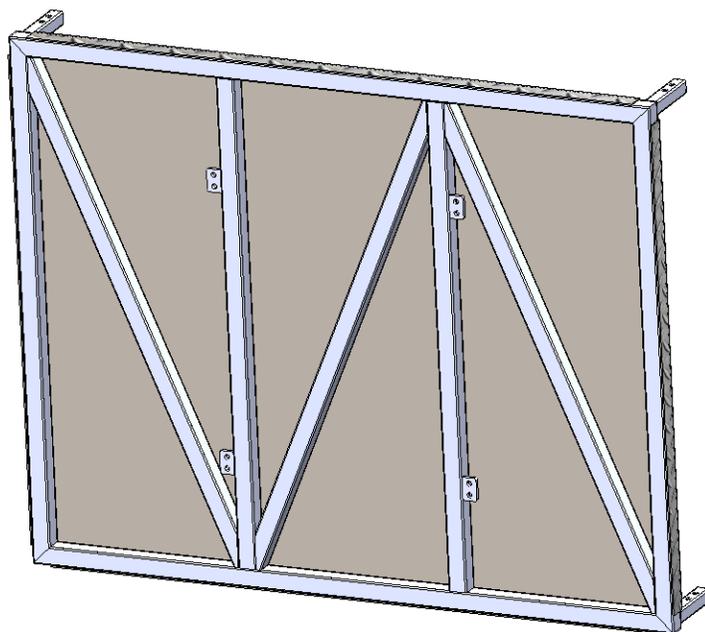


Ilustración 89-Base de plataforma

En la parte inferior la estructura, la plataforma cuenta con cuatro orejas agujereadas, que son coincidentes con las orejas de la arcata, en donde por medio de estas se realiza la vinculación arcata-plataforma con 8 bulones M10.

Ilustración 90-Inferior de la Base de Plataforma



Las dimensiones de la superficie útil de la plataforma son de 1080mmx1360mm.

Paneles laterales y posterior

Las paredes son paneles conformados por perfiles estructurales que a pesar de que no toman carga conforman un reticulado que les da la rigidez necesaria a la estructura del panel, luego estos están recubiertos de chapa plegada y unidos mediante remaches. Los paneles se montan individualmente y se vinculan mediante bulones a la base de la plataforma. Estas tres paredes son de 1,10 m de altura. Estos se muestran con mayor detalle en los planos adjuntados.

Botonera de mando

En el interior de la plataforma se encuentra la botonera. Los botones del elevador cuentan con una placa frontal en acero inoxidable y contiene 4 botones, los cuales comandan el ascenso, descenso, parada de emergencia y alarma sonora, a su vez cuentan con descripción en braille.

La botonera se hará a pedido al fabricante nacional RAS Metalurgica.

La sujeción de la misma se realiza mediante tornillos en su parte trasera al panel lateral.

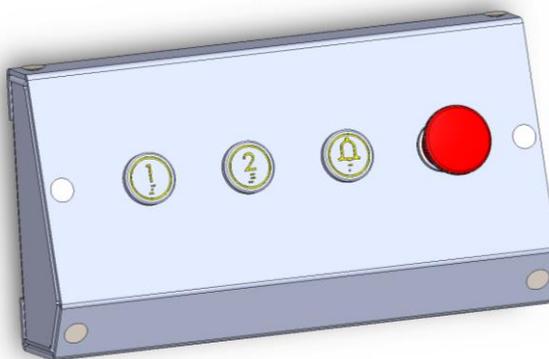


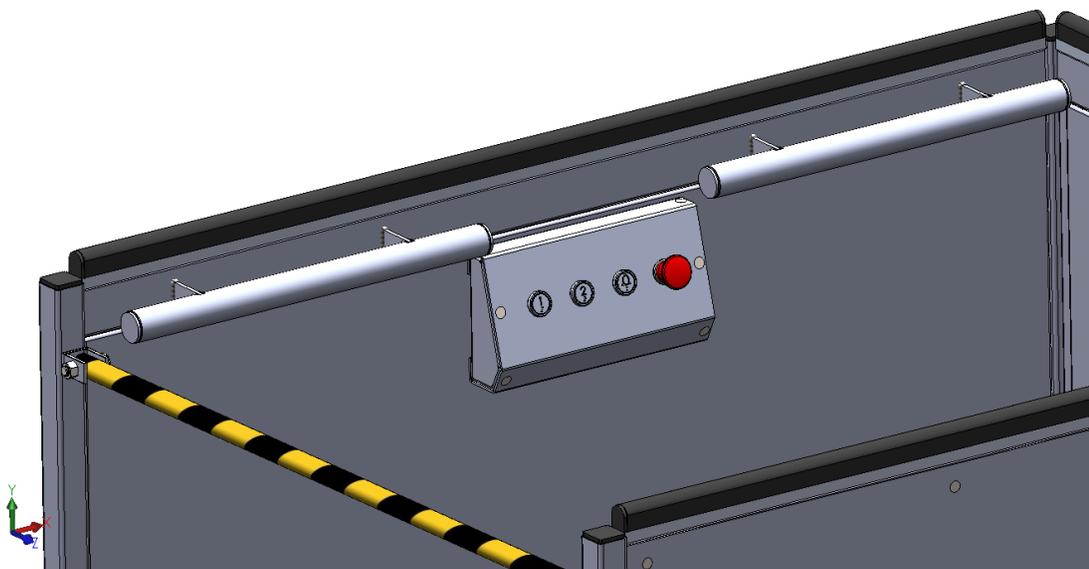
Ilustración 91-Botonera de mando

Pasamanos

En ambos laterales del interior de la plataforma contamos con pasamanos de agarre, ubicados a 1030mm por encima del nivel del piso de la plataforma. Como se pudo observar en la ilustración, en el panel lateral donde se encuentra ubicada la botonera contamos con dos pasamanos de 50cm de largo cada uno. Mientras que en el lateral opuesto, contamos con un único pasamano ininterrumpido de 1 m de longitud.

Estos pasamanos se encuentran soldados al perfil estructural de los paneles laterales.

Ilustración 92-Interior de Plataforma





Bordes sensibles de seguridad

En todos los bordes de la plataforma se han instalado dispositivos de seguridad denominados bordes sensibles, con el propósito de reducir los riesgos de atrapamiento o cizallamiento. Estos elementos, fabricados en caucho, están diseñados para detectar la presión ejercida sobre ellos. En caso de que sean comprimidos, se activa la detención inmediata de la plataforma, en caso de que esté en movimiento. Esta medida de seguridad tiene como objetivo prevenir cualquier situación de atrapamiento y minimizar el riesgo de que las personas se apoyen en los bordes, evitando así posibles accidentes.

Ilustración 93-Borde sensible de seguridad



Para esta oportunidad se utilizan bordes de seguridad de la marca ABB de 25mm, las dimensiones que proporciona el fabricante se muestran a continuación y el modelo seleccionado es TT 25-30 TPE.

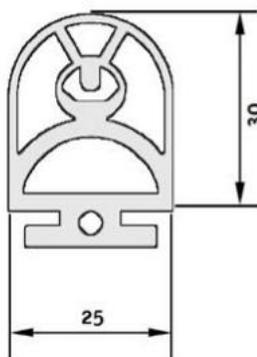


Ilustración 94-Dimensiones-Borde Sensible de Seguridad

Este modelo de bordes de seguridad está fabricado de goma TPE que tiene una buena resistencia al ozono, a la intemperie y especialmente a los productos químicos.

Estos se encastran en perfiles C de aluminio de 30x14mm. Y a su vez estos perfiles de aluminio se montan mediante remaches planos en los paneles laterales y el posterior de la plataforma.

Baranda de seguridad

La plataforma cuenta con una barrera física de seguridad que pivota en un extremo, permitiendo su movimiento (de manera manual) en un ángulo de 90° desde su posición original para facilitar el acceso hacia la plataforma.

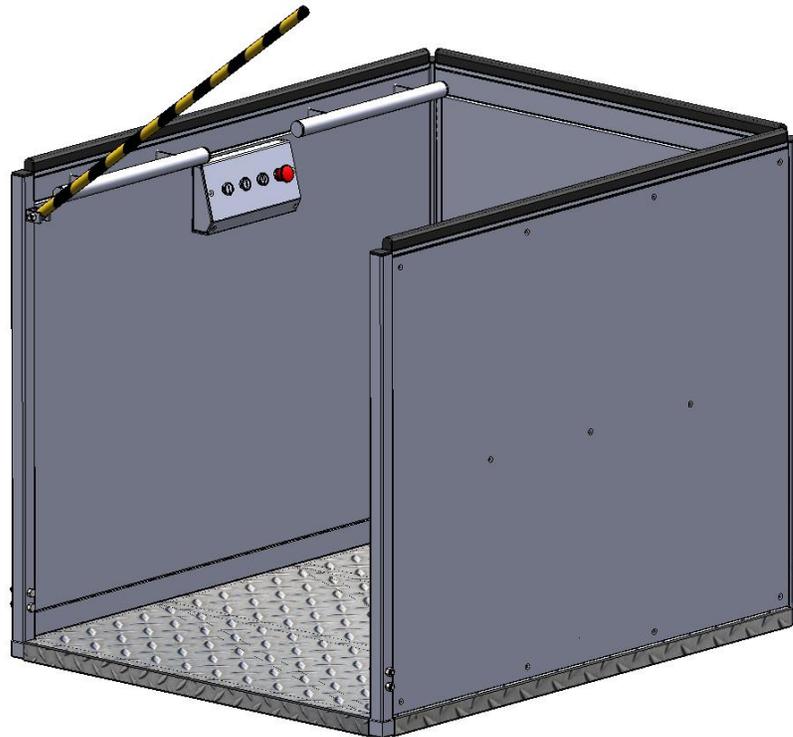


Ilustración 95-Plataforma con Barrera elevándose

Debido a la indisponibilidad comercial de una barrera con las dimensiones necesarias, se propone la utilización de un tubo estructural del menor espesor con el objetivo de reducir el peso. Asimismo, se ha aplicado un recubrimiento en la superficie de la baranda con franjas de advertencia para mayor visibilidad y seguridad.

Pivotea en un extremo y en el otro se mantiene fijo en su posición de reposo gracias a la atracción que ejerce un imán.

Cargas estimadas y reales

Es importante destacar que los cálculos previamente realizados se basaron en las siguientes estimaciones:

P_c Peso carga nominal (200kg)

$P_p + P_a$ (Peso de plataforma + Peso Arcata) (150kg)

Una vez realizados los diseños y asignando los materiales correspondientes, calculamos la masa de manera precisa con el Software utilizado, para verificar y dar por validos los cálculos realizados



Ilustración 96-Peso de Plataforma

Para la plataforma cerrada la masa total es,

Masa : 62kg

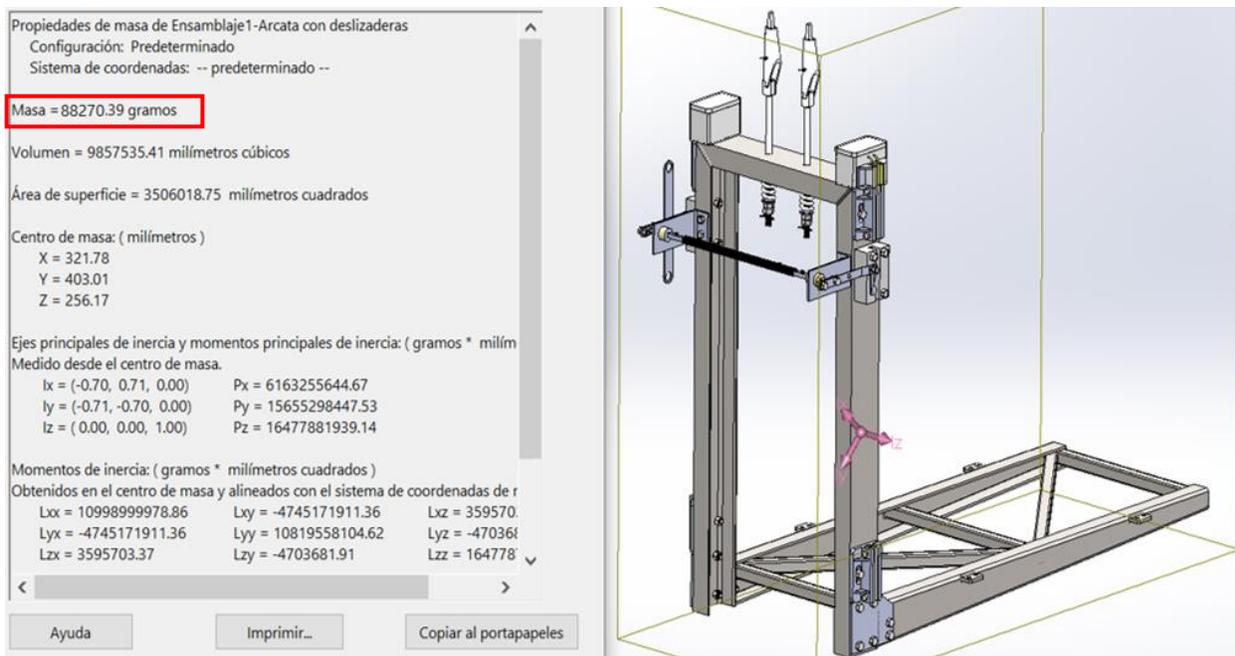


Ilustración 97-Peso de Arcata

De la misma manera, para la arcata, se determina la masa

Masa : 88 kg

Por lo que, ambos valores sumados resultan en un valor inferior al estimado al inicio del cálculo (150kg), por lo que los cálculos anteriores son validados con los pesos estimados.

Capítulo VI - Estructura Autoportante – Cerramiento

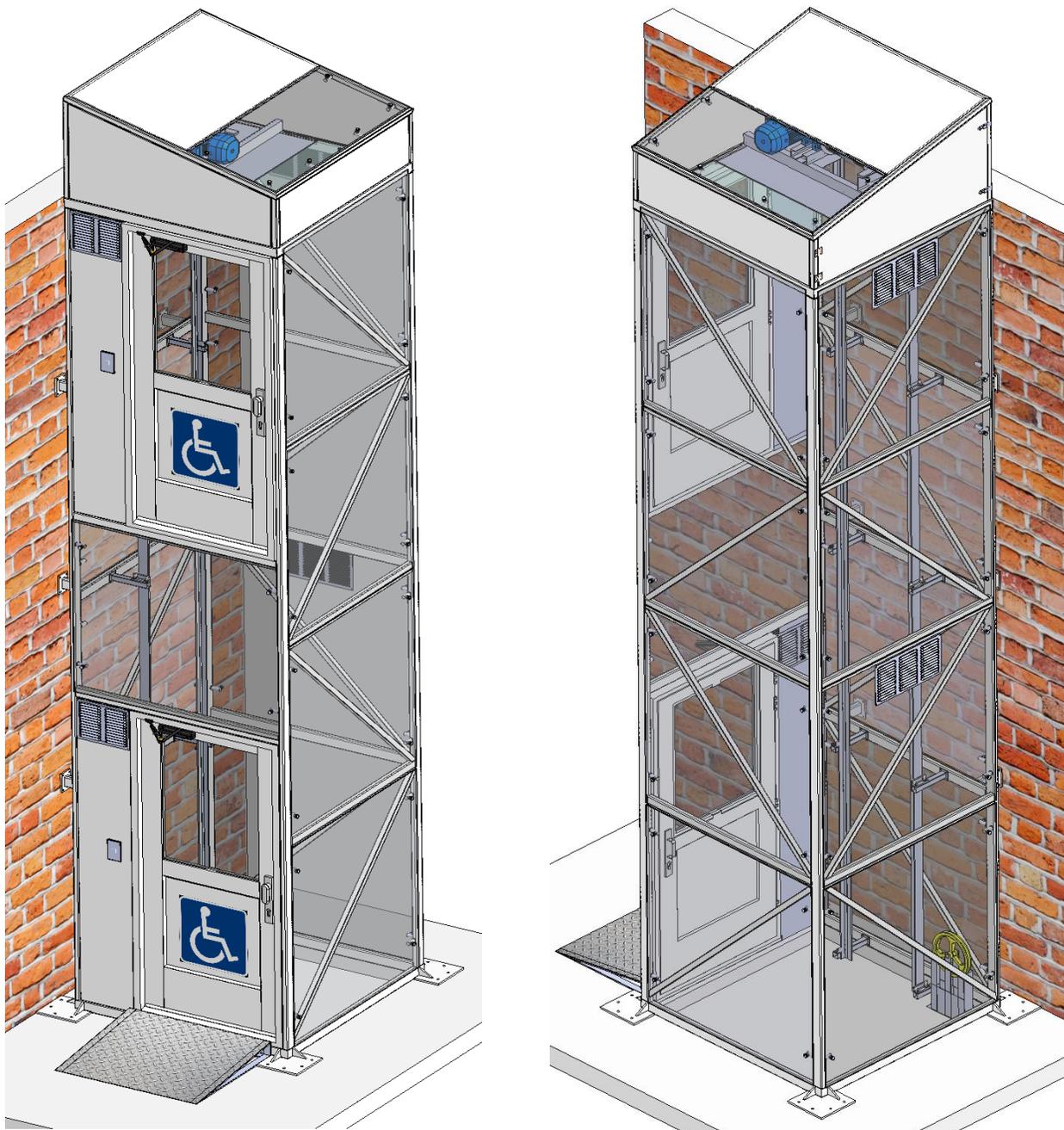
La estructura autoportante del elevador desempeña diversas funciones fundamentales en su operación eficiente y segura. Estas funciones son:

1. Soportar: La estructura metálica autoportante está diseñada para distribuir y soportar los esfuerzos generados por la carga total, que incluye el peso propio de la estructura y el peso del elevador completo. Mediante una disposición adecuada de elementos que la componen, se logra una distribución equilibrada de las cargas para garantizar la estabilidad y resistencia estructural.

2. Proteger: La estructura cuenta con un cerramiento que tiene como objetivo principal proteger mecánicamente al elevador y prevenir la entrada de agentes externos, como el viento, el agua en caso de lluvia y las partículas de polvo transportadas por el viento. Este cerramiento contribuye a evitar el deterioro prematuro de todos los componentes del elevador y asegura su funcionamiento óptimo a lo largo del tiempo.
3. Fijar: La correcta fijación de la estructura autoportante es esencial para garantizar la estabilidad y seguridad del sistema. Al mantenerla firmemente fija, se evitan movimientos indeseados que podrían comprometer la integridad de la instalación. La fijación también ayuda a prevenir vibraciones y oscilaciones excesivas, proporcionando un viaje suave y seguro para los usuarios del elevador. En resumen, mantener la estructura autoportante del elevador debidamente fijada es crucial para asegurar su correcto funcionamiento y la protección de las personas que lo utilizan.

6.1 Diseño de Estructura Autoportante

La estructura principal está conformada por un reticulado de perfiles estructurales cuadrados de 40x40x2mm y rectangulares de 80x40x5,15mm el cual da la rigidez estructural y estabilidad que posteriormente será analizada y verificada con ayuda del software SolidWorks.

Ilustración 98-Estructura Autoportante

6.1.1 Análisis Estático – Carga Nominal

Para verificar la estabilidad de la estructura se realizó un análisis de elementos finitos con ayuda del software Solidworks Simulation.

El análisis estático de la estructura autoportante se lleva a cabo en dos etapas. En primer lugar, se examina la carga total que actúa sobre la base del conjunto motriz, ubicado en la parte superior de la estructura. Luego, se analiza el comportamiento de la estructura autoportante reticulada, teniendo en cuenta que la base del conjunto motriz transmite la carga mediante sus apoyos a la estructura autoportante reticulada.

A continuación, se presenta una ilustración que muestra la estructura reticulada principal del sistema autoportante, con los elementos principales ubicados en la parte superior. Estos elementos incluyen el conjunto motriz y el limitador de velocidad, los cuales se apoyan en sus respectivas bases.

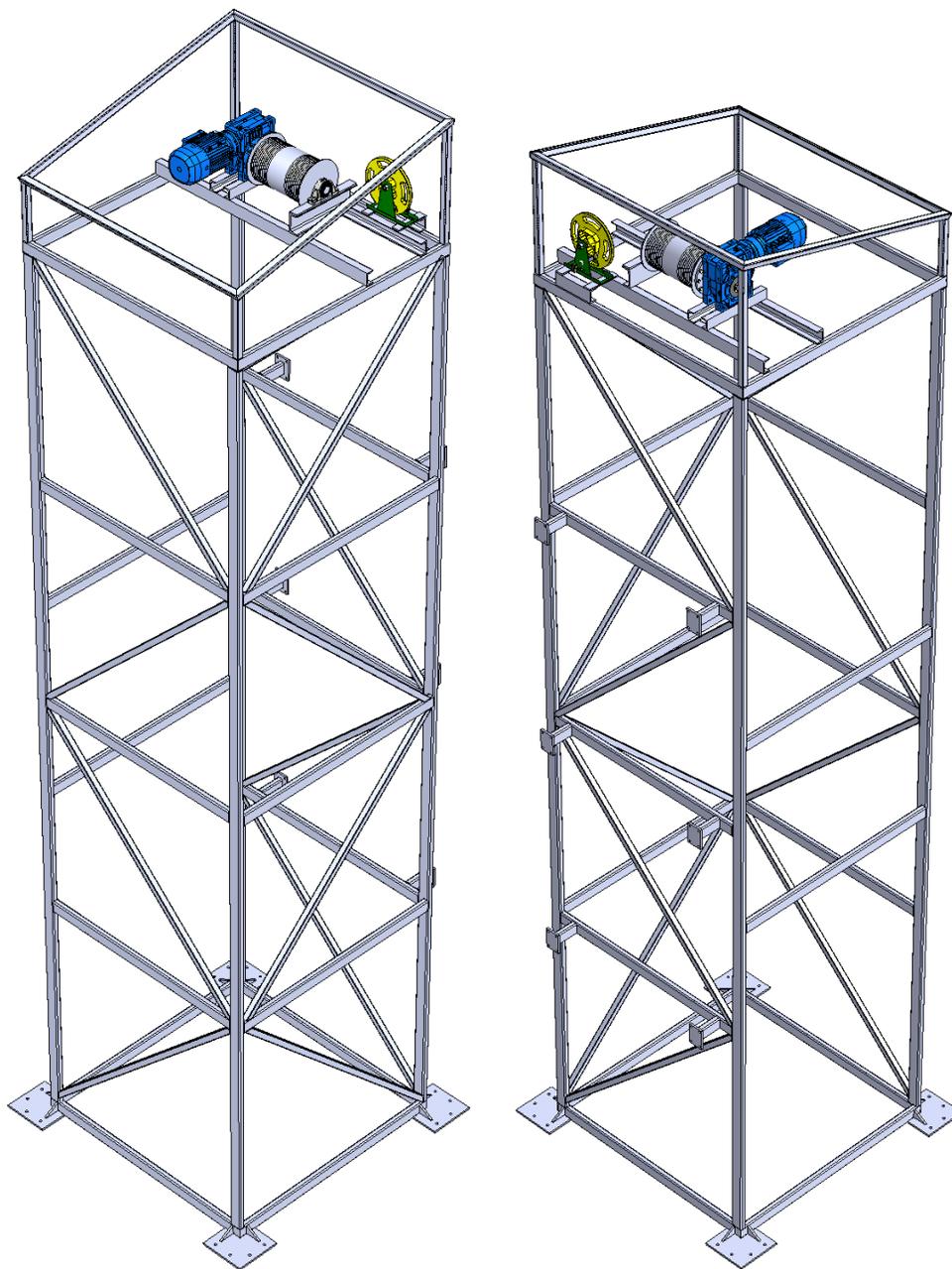


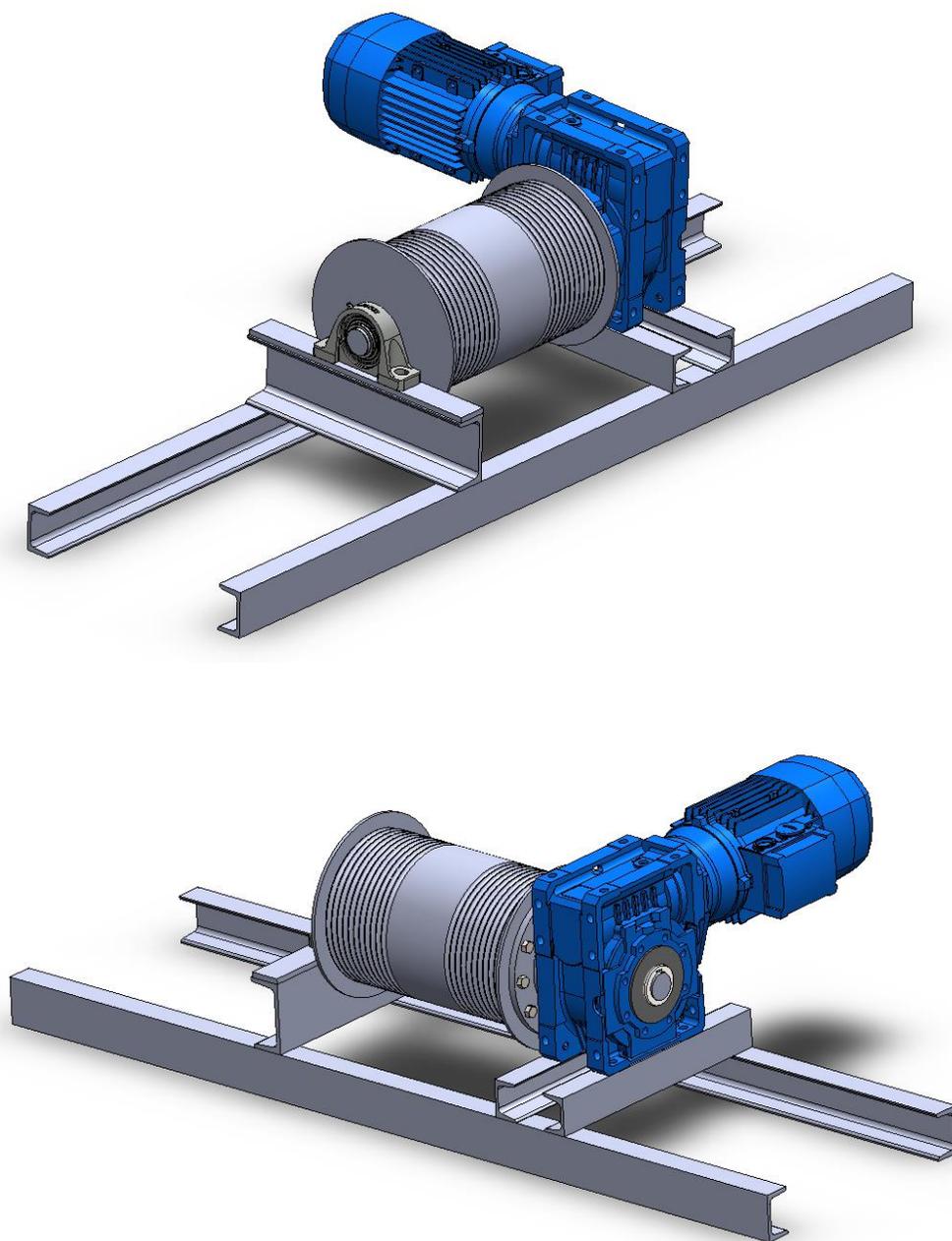
Ilustración 99-Conjunto Estructura Autoportante Reticulada con Base de Sistema Motriz

Base de Sistema Motriz – Análisis Estático

El sistema motriz desempeña un papel fundamental al elevar y sostener la totalidad de la carga, lo que implica que la base del sistema debe soportar todo el esfuerzo generado por dicha carga. La base está compuesta por perfiles UPN, siendo los dos perfiles de mayor

longitud UPN 80, mientras que los perfiles que soportan el motorreductor son dos UPN 65 y el que sostiene el soporte de rodamiento es un UPN 120. Esta configuración de perfiles garantiza la resistencia y estabilidad necesarias para soportar eficientemente las cargas aplicadas en el sistema. A su vez ambos perfiles UPN 80 en sus extremos descansan en la estructura reticulada del elevador.

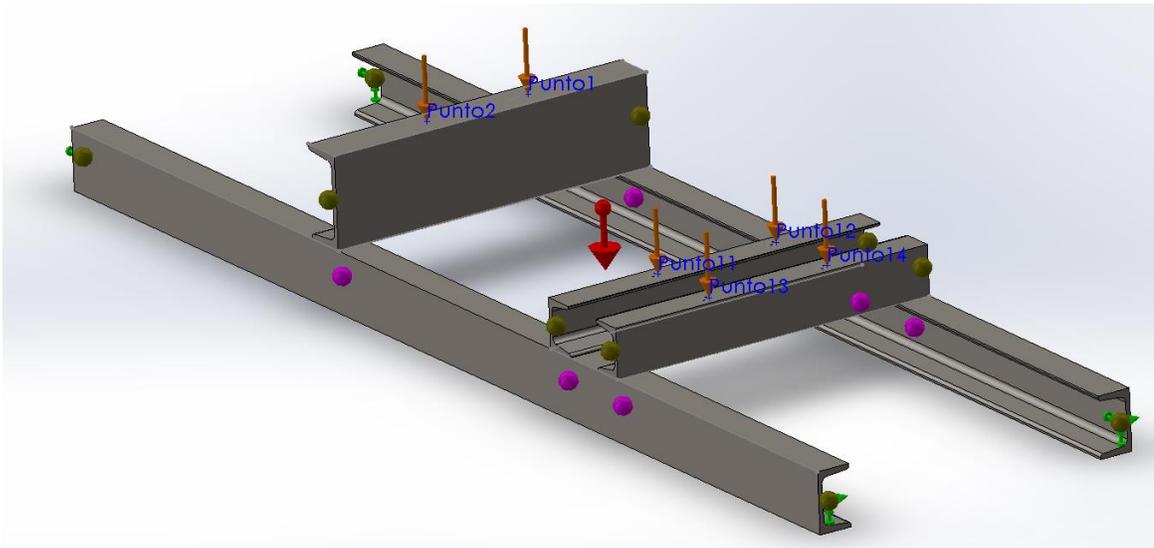
Ilustración 100 - Sistema Motriz



La base, compuesta por perfiles U soldados entre sí, se trata como una estructura rígida. La carga total de 3500N se aplica en los puntos de apoyo del soporte de rodamiento y del motor reductor (estos se representan con vectores de color naranja en el esquema). Además, se tiene en cuenta el peso propio de la estructura, indicado por un vector de color rojo.

La base descansa sobre la estructura autoportante mediante cuatro apoyos fijos ubicados en los extremos de ambas vigas principales UPN 80 de mayor longitud. Se considera que el material utilizado es acero estructural F-24.

Ilustración 101-Base de Sistema Motriz - Fuerzas Puntuales y Apoyos Fijos



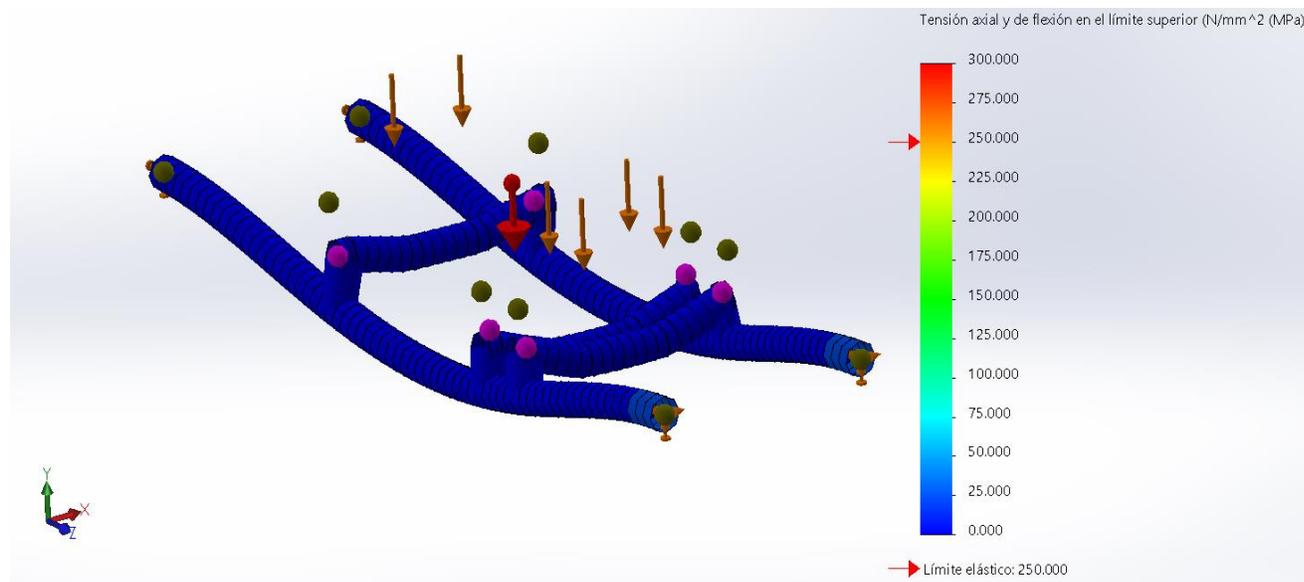
Análisis Estático – Tensiones

Durante el análisis de tensiones se consideran las tensiones axiales y de flexión, que son las que predominan en la estructura.

Con la realización del análisis, se ha constatado que la estructura que conforma la base del conjunto motriz se encuentra sometida a esfuerzos que se sitúan por debajo del límite elástico. Este hallazgo indica que la estructura exhibe una respuesta elástica y no ha alcanzado la región plástica de deformación. Visualmente en los siguientes gráficos se puede observar

que la totalidad de la estructura se encuentra representada de color azul, no superando así los 50Mpa, lo que es un indicativo de que nos encontramos muy por debajo del límite elástico.

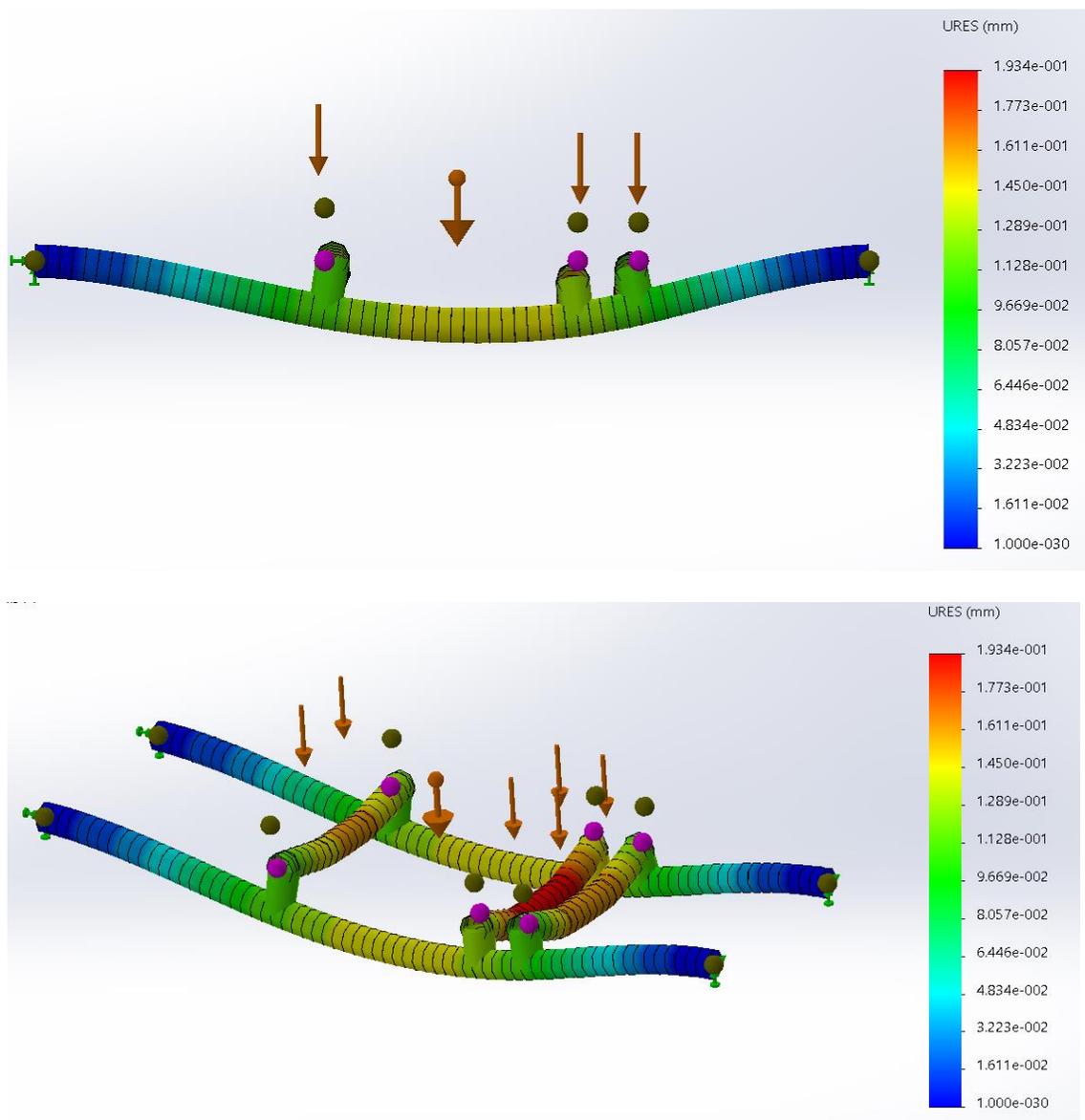
Ilustración 102-Base de Sistema Motriz - Tensiones



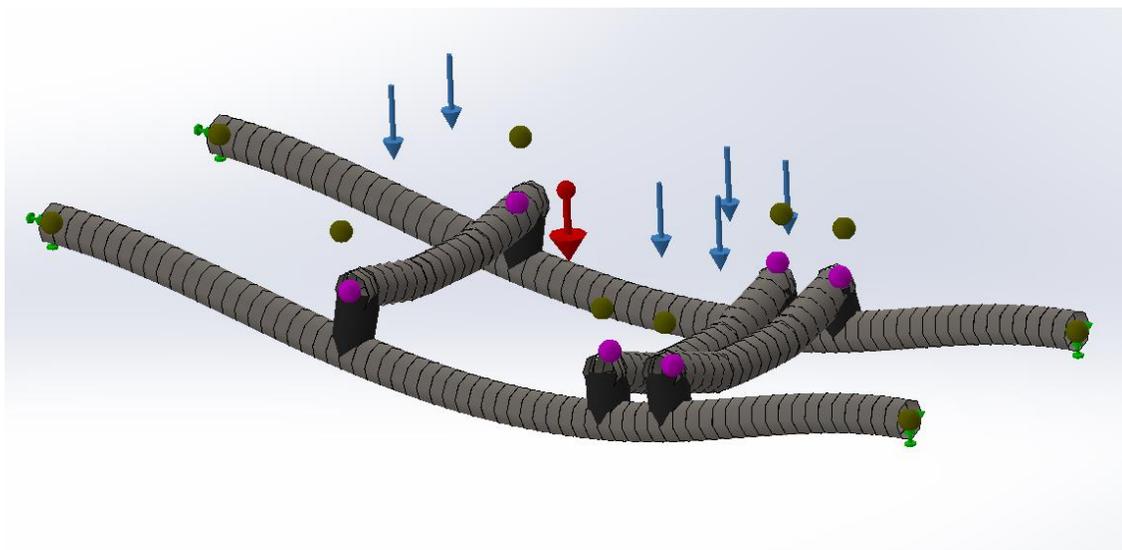
Análisis de Estático – Desplazamientos

Durante el análisis, se ha evaluado el comportamiento de la estructura en relación a los desplazamientos máximos y mínimos que experimenta. Además, se puede observar de manera gráfica que el desplazamiento máximo ocurre en la zona central, donde se aplica la carga, y disminuye gradualmente hacia los extremos fijos de la estructura. Esta distribución de desplazamientos evidencia la respuesta de la estructura ante las cargas aplicadas y proporciona información importante para garantizar su estabilidad y seguridad

Ilustración 103-Base de Sistema Motriz - Desplazamientos



Según los datos ofrecidos por el software, el desplazamiento (en mm) oscila desde 0 a 0,193 mm lo que se considera un desplazamiento mínimo y aceptable para esta aplicación.

Ilustración 104-Base de Sistema Motriz - Deformación

A su vez también podemos ver de manera gráfica, la tendencia a la deformación de la estructura, la cual sigue el comportamiento esperado.

En resumen, los resultados del análisis de desplazamientos y tensiones respaldan el adecuado dimensionamiento y cálculo de la estructura, garantizando su funcionamiento seguro y cumpliendo con los requisitos del proyecto.

Estructura Principal Reticulada – Análisis Estático

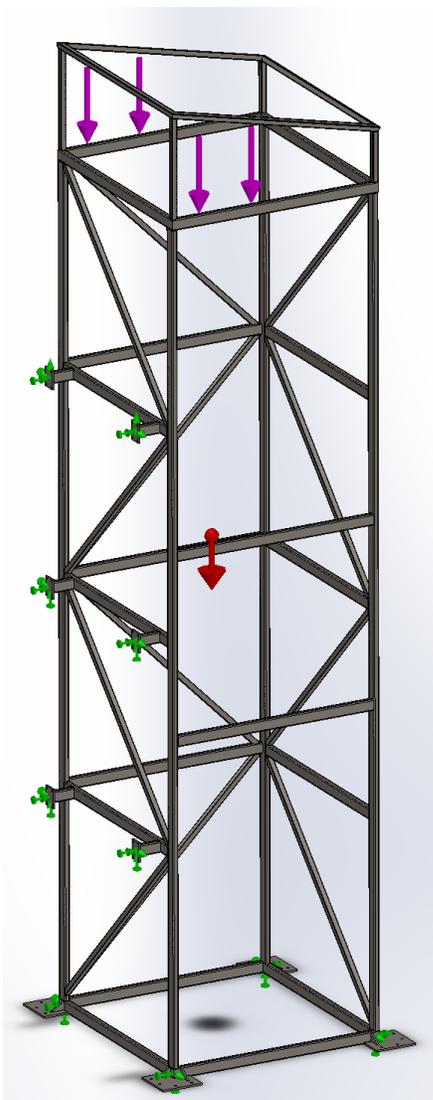
En este análisis, se ha considerado la estructura principal del elevador, la cual está compuesta por una disposición reticulada de perfiles estructurales cuadrados de 40x40mm y rectangulares de 80x40mm. Se analiza como la base del sistema motriz transmite los esfuerzos en la totalidad de la estructura.

Ilustración 105-Estructura Principal Reticulada

La carga total de 3500N se divide en cuatro puntos correspondientes a los puntos de apoyo de la base del conjunto motriz en la parte superior de la estructura (indicados por flechas de color rosa). Además, se toma en cuenta el peso propio de la estructura, representado por la flecha de color rojo.

La estructura se sustenta en cuatro apoyos fijos en el suelo y cuenta con seis fijaciones laterales a la pared. Se considera que la estructura es rígida, al igual que las conexiones entre sus componentes, los cuales están soldados entre sí. El material utilizado en la estructura se identifica como acero estructural F-24.

Ilustración 106-Estructura Principal Reticulada - Fuerzas Puntuales y Apoyos fijos



Análisis Estático – Estructura Principal Reticulada - Tensiones

Durante el análisis de tensiones llevado a cabo, se ha verificado que la estructura autoportante objeto de estudio se encuentra sometida a esfuerzos que se sitúan por debajo del

límite elástico. Este descubrimiento demuestra que la estructura exhibe una respuesta elástica y no ha alcanzado la zona de deformación plástica.

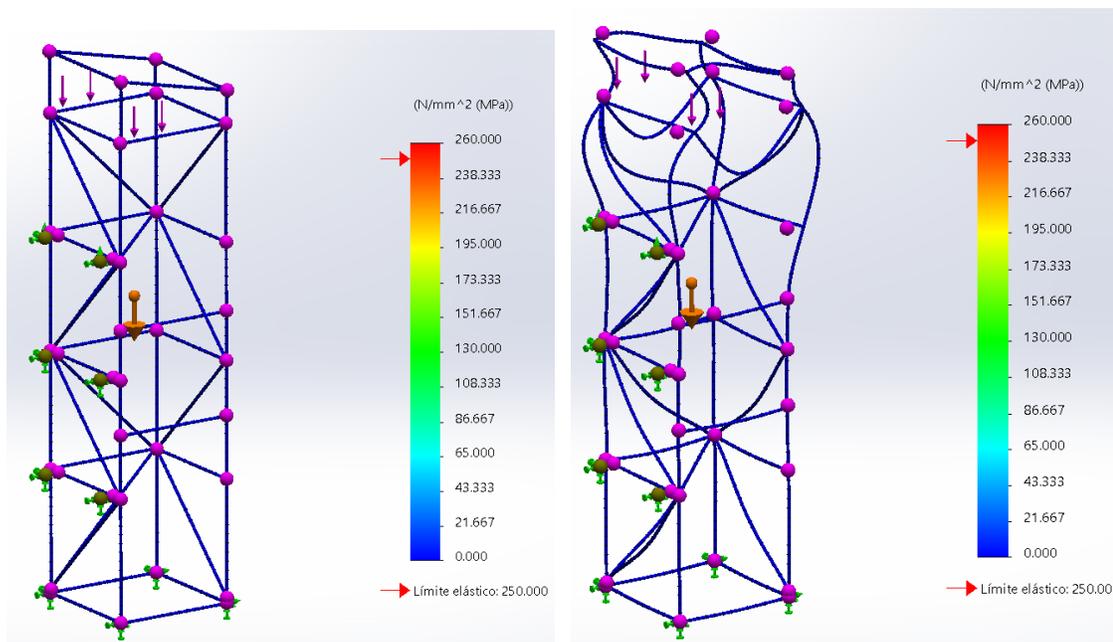


Ilustración 107-Estructura Principal Reticulada - Tensiones

Al examinar visualmente la escala de tonalidades utilizada para representar los valores de esfuerzo, se puede observar que la estructura se encuentra dentro del rango de tonos azules, no superando los 50 Mpa, mientras que el límite elástico se encuentra representado en tonalidades naranjas/rojas.

Mediante esta comparación visual, podemos concluir de manera concluyente que el perfil se mantiene dentro de un rango seguro de esfuerzos, siempre por debajo del límite elástico establecido.

Análisis estático – Estructura Principal Reticulada- Desplazamientos

Durante el análisis de desplazamiento se registró un máximo de 0,396 mm, por lo que se encuentra dentro de los límites aceptables establecidos para el proyecto, lo cual es congruente con las expectativas previstas y no genera inquietudes significativas en cuanto a la estabilidad y seguridad estructural.

Es relevante destacar que los desplazamientos se concentran en las vigas que sustentan la base del conjunto motriz, donde se aplica la carga representada por la zona naranja/roja en el gráfico. Por otro lado, la mayoría de la estructura presenta desplazamientos mínimos, como se indica mediante el color azul en la escala de colores utilizada.

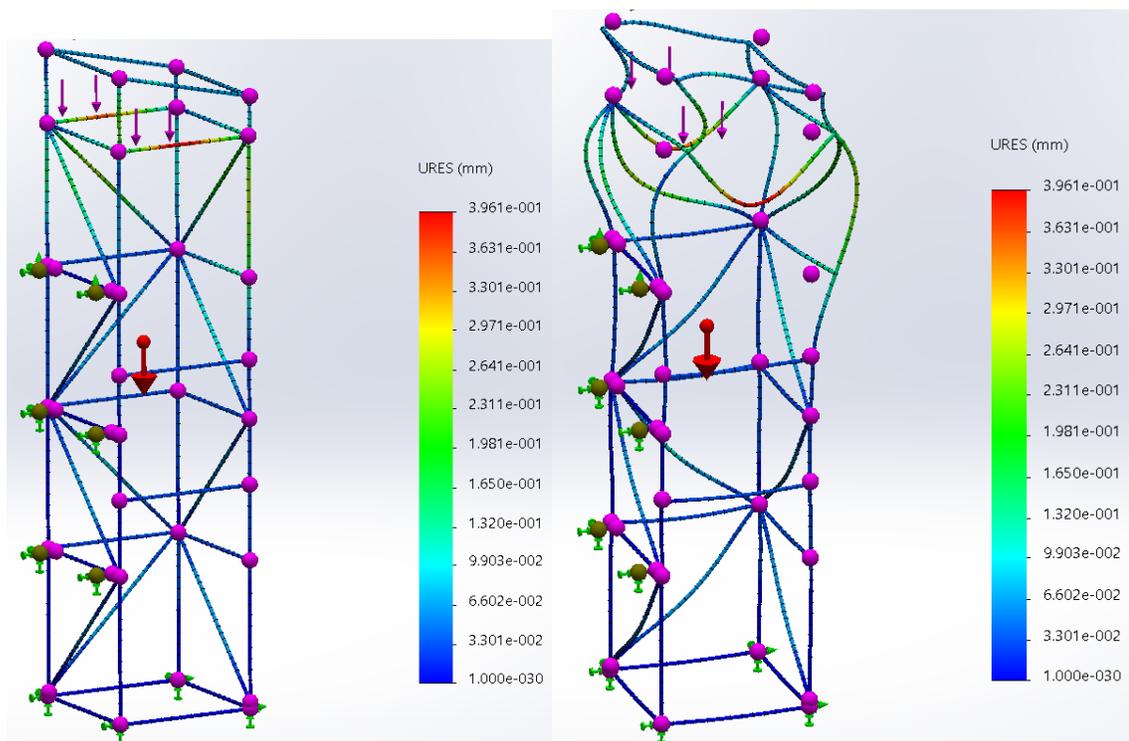


Ilustración 108-Estructura Principal Reticulada - Desplazamientos

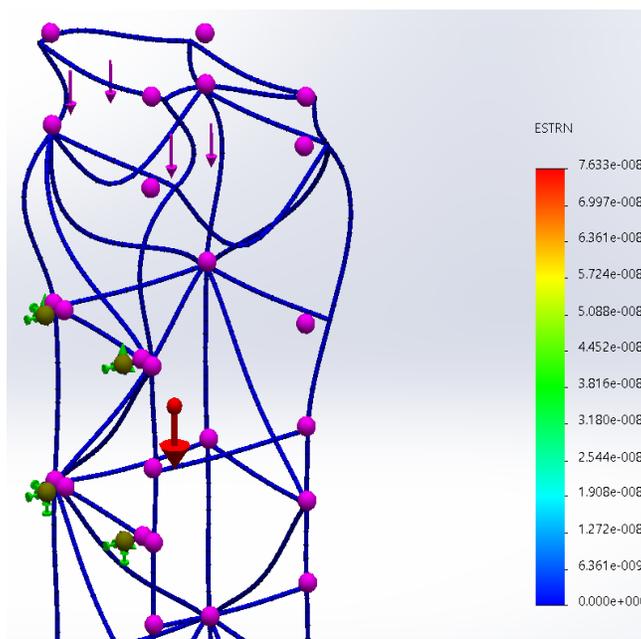
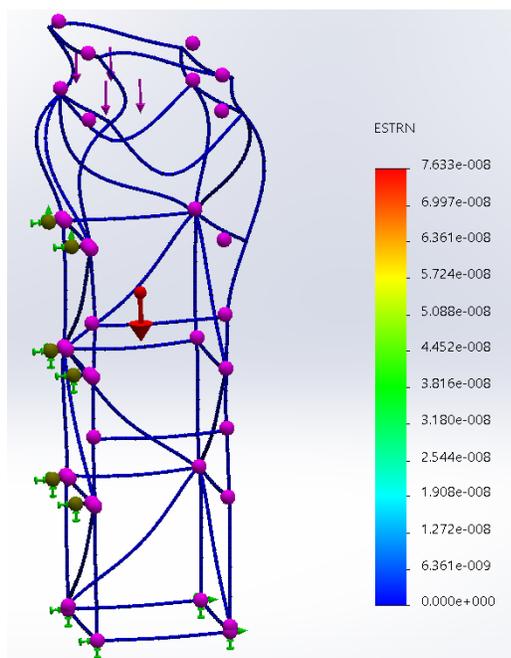
Análisis estático – Estructura Principal Reticulada - Deformación unitaria

Durante el análisis de desplazamiento, se ha observado que el valor máximo registrado, de 0,396 mm, se encuentra dentro de los límites aceptables establecidos para el proyecto. Este resultado se alinea con las expectativas previstas y no genera preocupaciones significativas en términos de estabilidad y seguridad estructural.

Es importante destacar que los desplazamientos se concentran en las vigas que sustentan la base del conjunto motriz, donde se aplica la carga representada por la zona

aranja/roja en el gráfico. Por otro lado, la mayor parte de la estructura exhibe desplazamientos mínimos, indicados por el color azul en la escala utilizada.

Ilustración 109-Estructura Principal Reticulada - Deformación



Adicionalmente, el gráfico ilustra la tendencia a la deformación de la estructura, lo cual es consistente con las expectativas, ya que se observa una mayor deformación en la zona donde se aplica la fuerza.

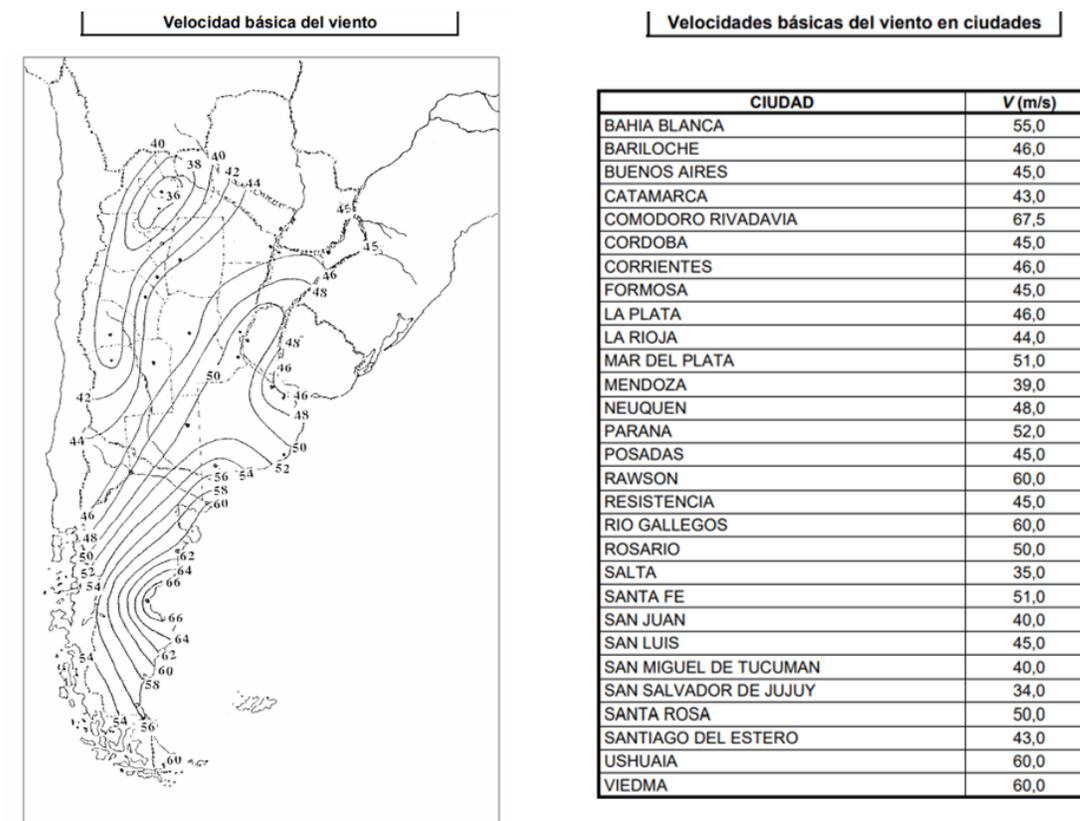
6.1.2 Estructura Autoportante - Fuerza del viento

En este apartado se estudia el comportamiento de la fuerza generada por el viento en la estructura autoportante y como esta responde. Este estudio se considera necesario ya que la estructura se encuentra en la intemperie por lo cual estará sometida a los vientos de la zona.

Para el estudio de fuerza del viento sobre la estructura, se utilizó el complemento Flow simulation del software SolidWorks, en donde se aplica una fuerza normal a una superficie representativa del elevador, esta fuerza es producto de la velocidad del viento considerando las ráfagas máximas en la zona.

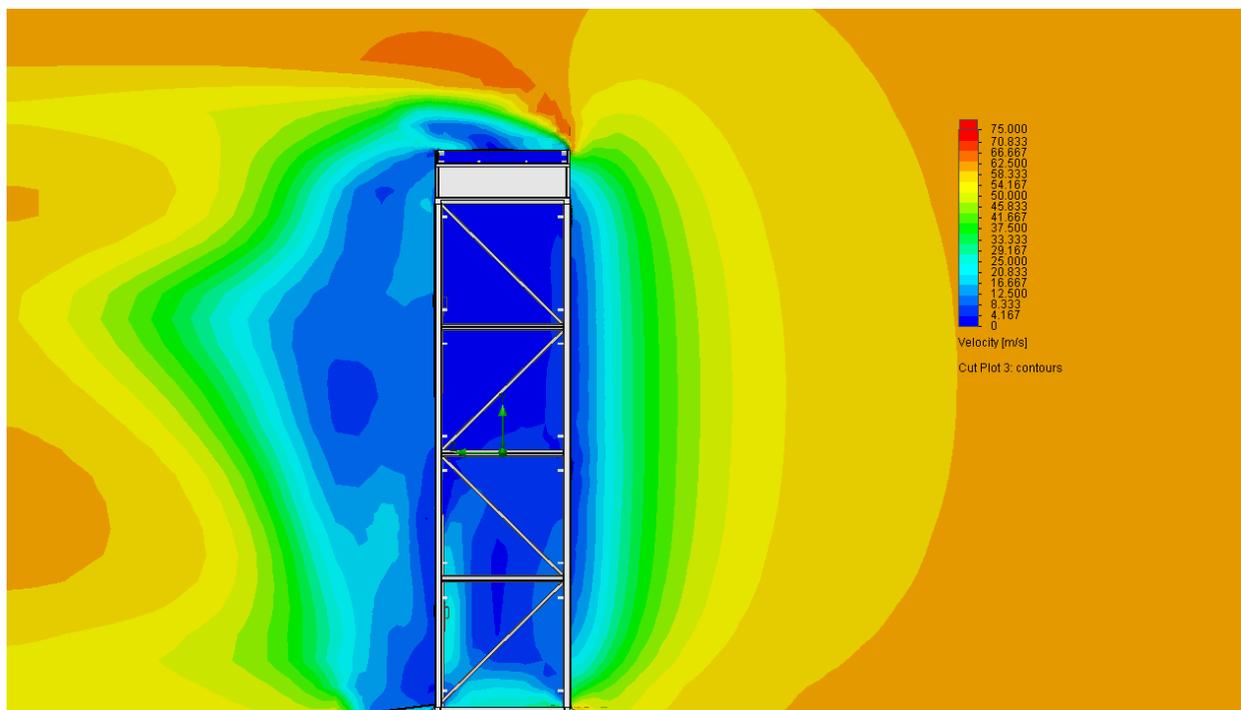
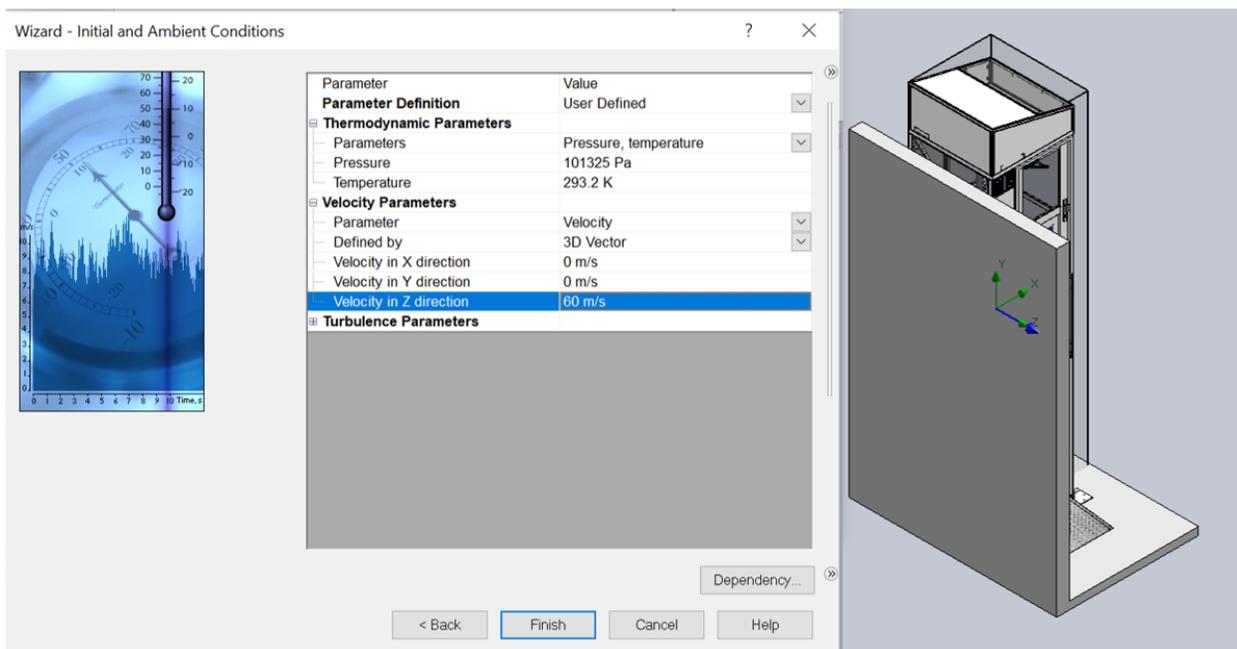
La velocidad básica del viento es definida como la velocidad de ráfagas para un intervalo de 3 seg, a 10 m sobre el terreno, para determinar la misma se recurre al Reglamento CIRSOC 102. En la siguiente ilustración, extraída del apartado 6.4 de la reglamentación mencionada, podemos ver que la velocidad básica del viento en la zona Patagónica, específicamente en Puerto Madryn, provincia de Chubut, es de 60m/s.

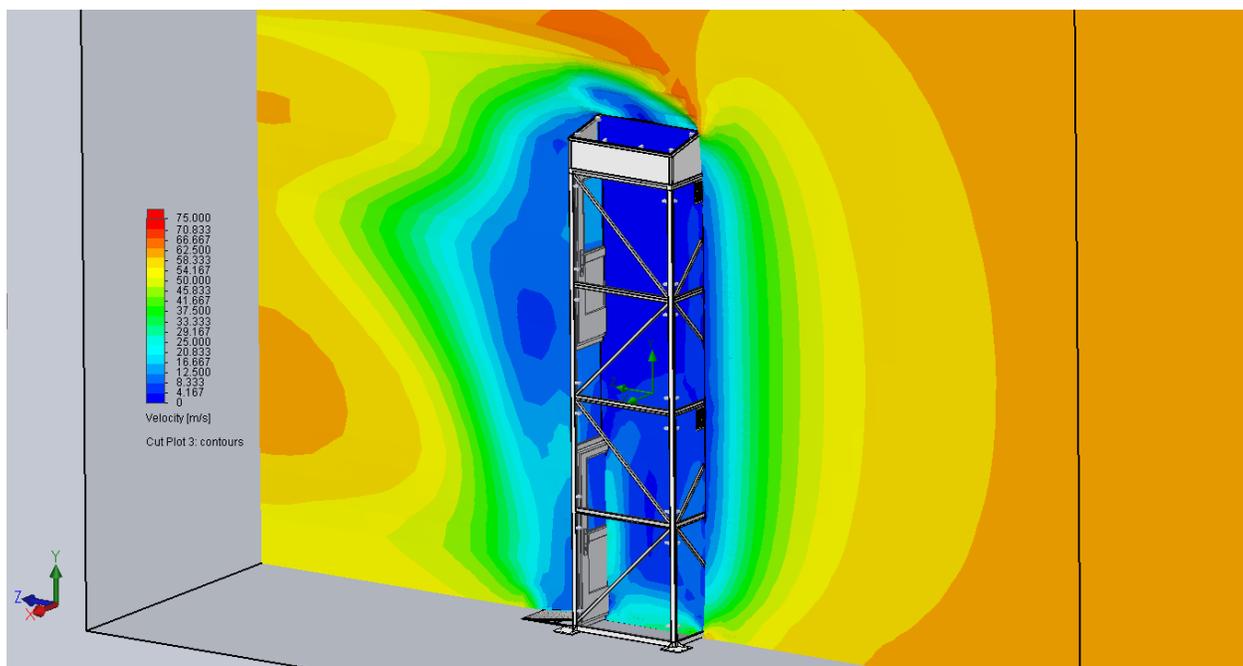
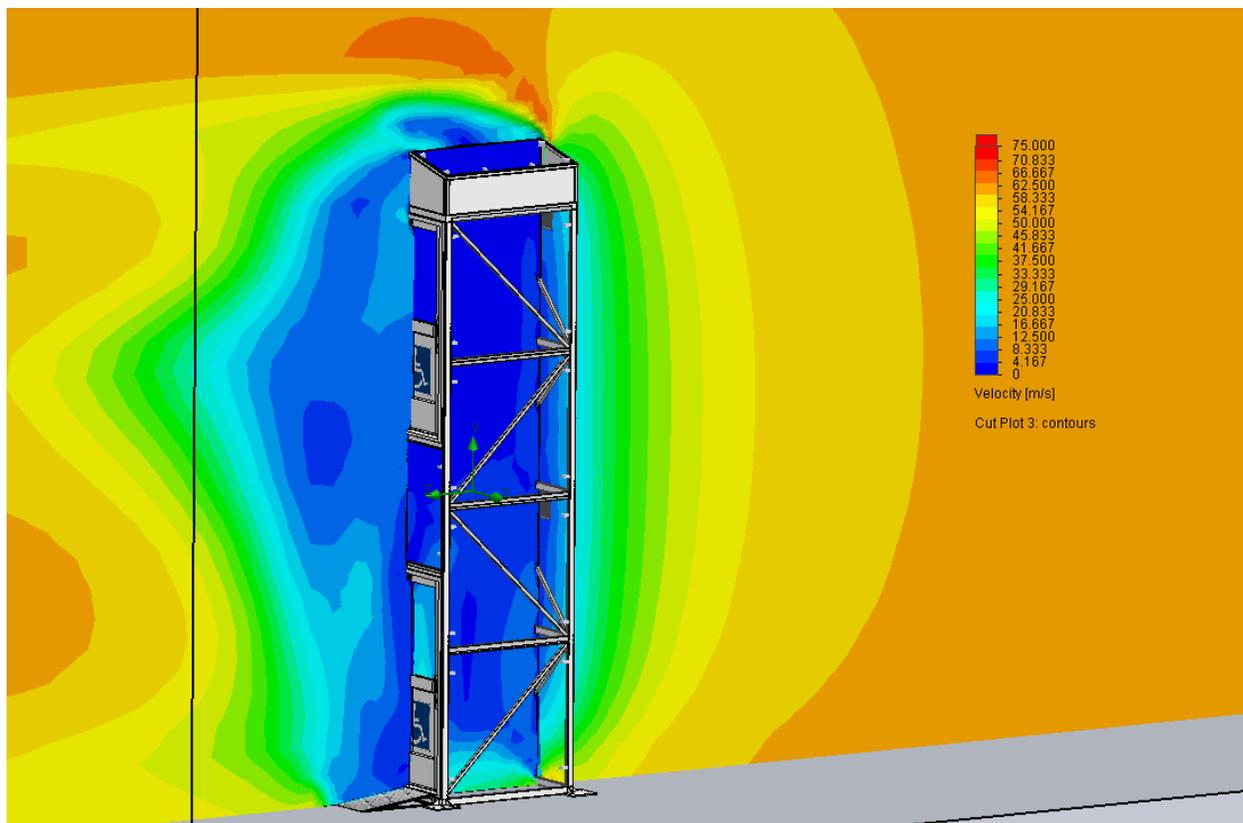
Ilustración 110-Velocidad básica del viento en Argentina - CIRSOC 102



Es por eso que, como se mencionó anteriormente, para este análisis se tomó una superficie representativa del elevador, ya que la velocidad del viento impactará de manera normal a dicha superficie, los casos más críticos son cuando el viento es normal a la superficie frontal y posterior de la estructura del elevador, siendo la fuerza que ejerce el viento perpendicular a los apoyos del elevador con el muro, y produciendo esfuerzos en los mismos. Se considera que el viento sopla en la dirección del eje Z, como se observa en las siguientes ilustraciones donde se representa el comportamiento del aire a una velocidad de 60m/s en el entorno de interés.

Ilustración 111-Simulación fuerza de viento

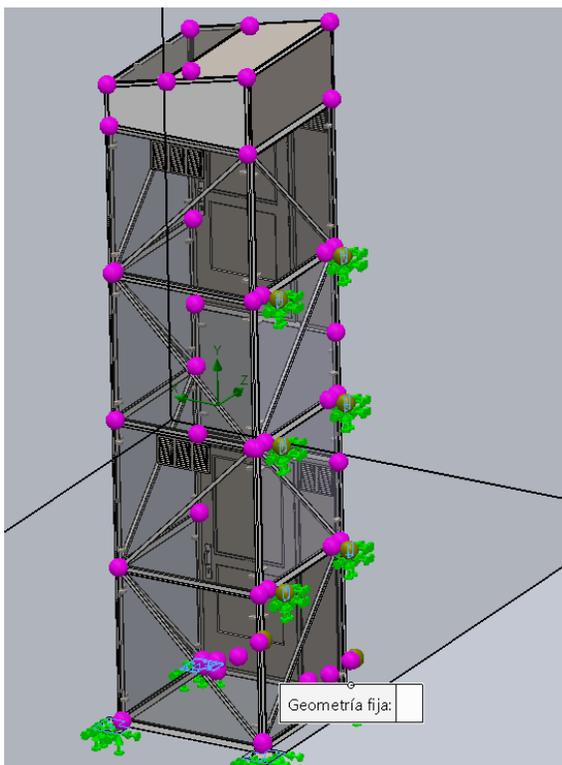




Posteriormente se exportan los esfuerzos generados por el viento y se analizan mediante un análisis estático.

Considerando de igual manera, las siguientes condiciones de borde.

Ilustración 112-Condicion de borde

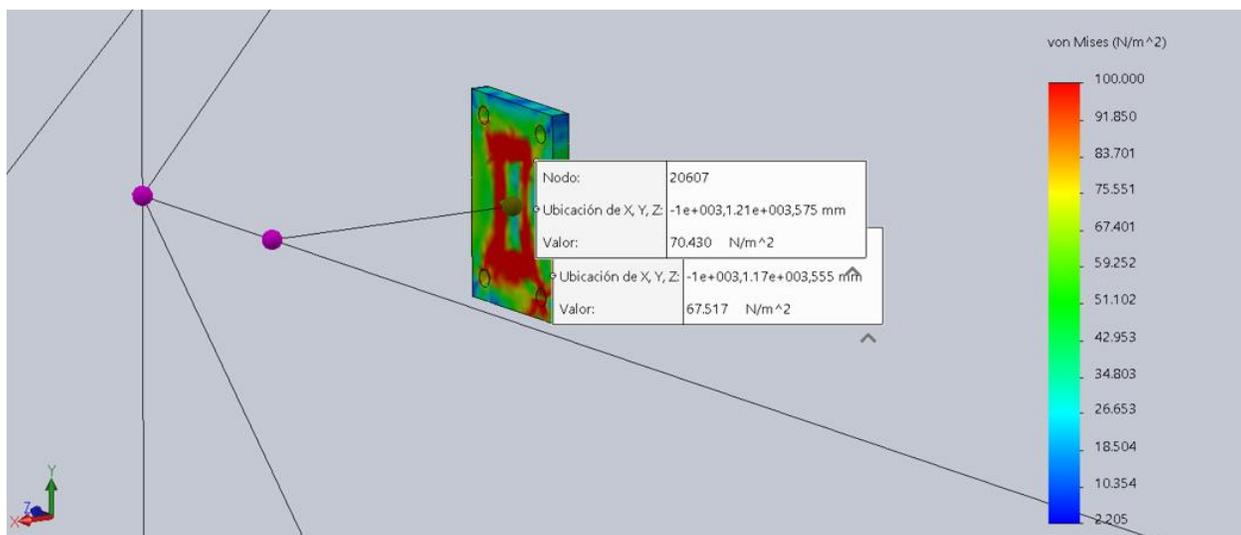


De esta manera se pueden determinar los esfuerzos, deformaciones y desplazamientos que sufriría la estructura ante cargas del viento.

Análisis estático -Tensiones

En el análisis de tensiones realizado se pudo constatar que los esfuerzos máximos se producen en los soportes donde la estructura se vincula al muro, como se puede observar en las ilustraciones. Ya que, como era de esperarse, la fuerza del viento producirá esfuerzos máximos cuando el mismo sople en dirección al eje Z, según la ilustración, siendo cercanos a los 4Mpa. Además, se puede constatar, que en ningún caso se supera el límite elástico

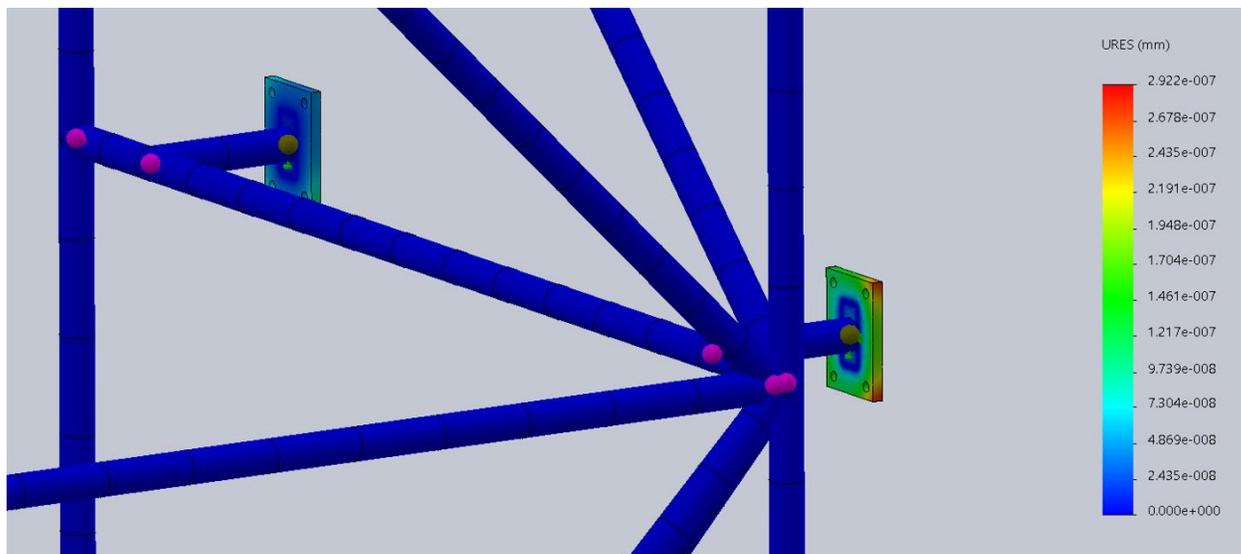
Ilustración 113-Tensiones en apoyos



Análisis estático – Desplazamiento.

En cuanto a los desplazamientos máximos estos se dan igualmente en los soportes de pared en donde se amura la estructura, siendo el desplazamiento máximo de $2.9e-007$ mm por lo cual se considera aceptable siendo un valor bajo de desplazamiento.

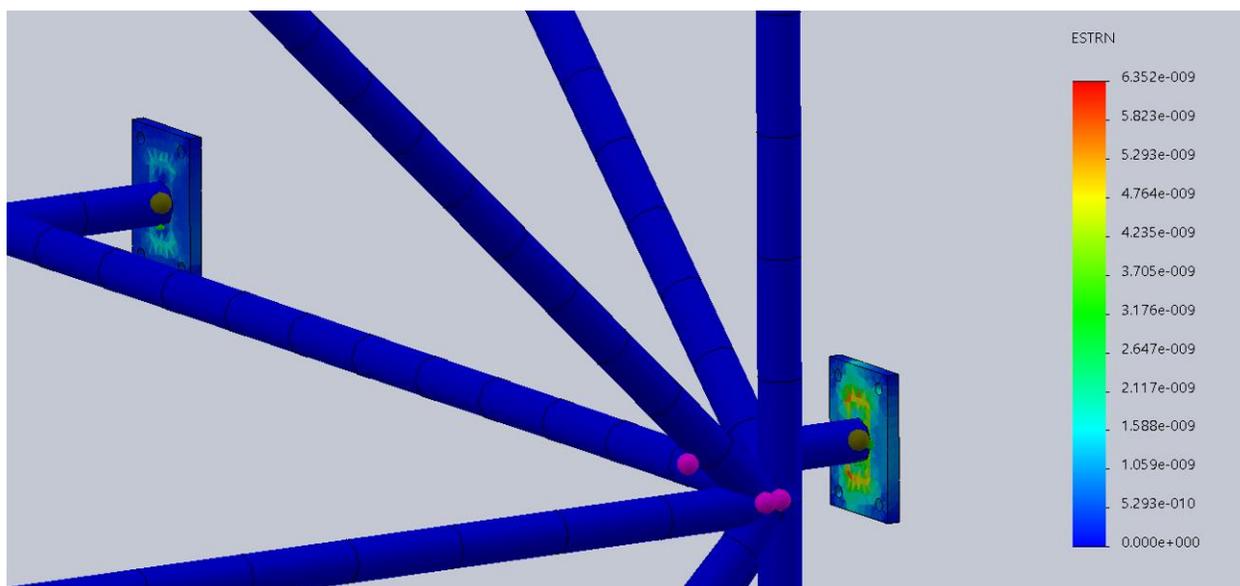
Ilustración 114-Desplazamientos en apoyos



Análisis Estático – Deformaciones unitarias

De igual manera para las deformaciones unitarias, las mismas son producidas en los soportes como se puede observar, las deformaciones máximas son de $1.20523e-007$ siendo este considerado un valor bajo y como también se puede observar en la escala de colores, los valores máximos se dan en los soportes y en el resto de la estructura los valores de deformación son nulos.

Ilustración 115-Deformaciones unitarias



6.1.3 Estructura autoportante – Exposición solar – Dilatación Térmica

La estructura metálica expuesta a la luz solar en horas del día (especialmente en verano) puede sufrir dilatación debido a los cambios de temperatura. La dilatación térmica es un fenómeno físico en el que los materiales tienden a expandirse cuando se calientan y a contraerse cuando se enfrían.

Cuando una estructura metálica está expuesta a la luz solar, absorbe la energía solar en forma de calor. A medida que la temperatura del metal aumenta, sus partículas se mueven

con mayor energía y se separan ligeramente, lo que provoca una expansión del material. Esta expansión puede ser significativa, especialmente en estructuras metálicas largas o en climas con cambios de temperatura extremos entre el día y la noche.

La dilatación térmica puede generar tensiones en una estructura metálica si no se tiene en cuenta en su diseño y construcción

Considerando que los rayos solares impactan en la estructura metálica se requiere determinar cuál será la temperatura que se alcanza en la misma para posteriormente realizar un análisis de dilatación térmica.

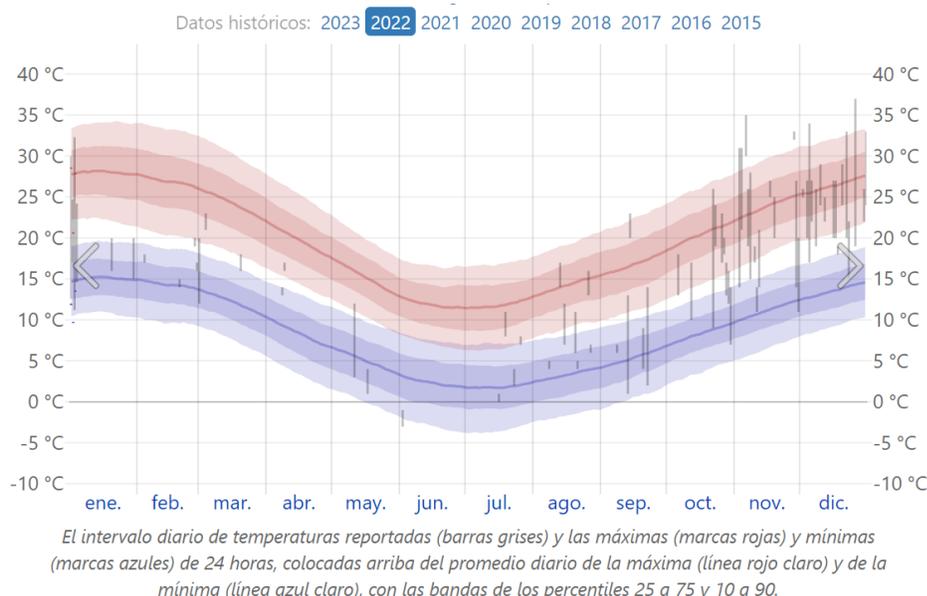
Primeramente, necesitamos estimar la temperatura a la que estaría sometida la estructura metálica en un día caluroso de verano. Para esto, se encontró información sobre la temperatura promedio diaria en Puerto Madryn durante la temporada templada, que dura 3,5 meses, del 25 de noviembre al 11 de marzo, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 26 °C.

El mes más cálido del año en Puerto Madryn es enero, con una temperatura máxima promedio de 29 °C y mínima de 15 °C.

Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 2 °C a 29 °C y rara vez baja a menos de -4 °C o sube a más de 35 °C.

Con esto último, considerando esta temperatura como máxima, podemos realizar los cálculos necesarios.

Ilustración 116-Datos históricos de temperatura en Puerto Madryn



Fuente: Weather Spark

Por lo tanto, para esta estimación necesitamos una ecuación sencilla, es aquella que viene dada por la ley de Stefan-Boltzman. En donde, si llamamos J a la energía por unidad de tiempo y área que emite un cuerpo en forma de radiación, esta ley nos dice que:

$$J = \sigma * T^4$$

Es decir, que las pérdidas son proporcionales a la cuarta potencia de la temperatura, pero, muy importante, la temperatura tiene que ir en grados Kelvin. La constante de proporcionalidad vale

$$\sigma = 5,76 * 10^{-8} W/m^2K^4$$

Por lo tanto, para determinar la temperatura en la superficie metálica, partimos de la condición en la cual se logra una estabilización cuando las pérdidas son iguales a las ganancias, por lo tanto, si la temperatura T_p , es la temperatura de la superficie metálica, entonces

$$\sigma * T_p^4 = 697W/m^2$$

Siendo $697 W/m^2$ lo que recibimos del sol

Pero como la chapa no sólo recibe radiación directa del sol, sino del ambiente. Esto también lo podemos calcular con la ley de Stefan-Boltzmann. Si el ambiente está a 35°C, es decir, a 308 K, la superficie metálica está recibiendo del ambiente

$$\sigma * 308K^4 = 518W/m^2$$

Esto hay que añadirlo a los watts recibidos del sol, así que queda

$$\sigma * T_p^4 = (697 + 518) = 1215 W/m^2$$

$$T_p = \sqrt[4]{1215/\sigma}$$

$$T_p = 381K = 108^\circ C$$

Análisis estático – Dilatación Térmica

Seguidamente se llevó a cabo una simulación de análisis estático de la estructura principal del elevador debido a la dilatación térmica generada a raíz de la exposición de la misma a altas temperaturas en épocas de verano que se han calculado con anterioridad.

La simulación realizada nos permite evaluar y validar la eficacia de la estructura al analizar el comportamiento del sistema frente a las cargas previstas. Se analizan los esfuerzos, desplazamientos y deformaciones generados por la dilatación térmica para determinar la respuesta de la estructura bajo condiciones de calor y altas temperaturas en verano.

En esta sección se extraen los datos más relevantes del análisis completo que se encuentra anexado en un informe.

Suposiciones

Se establecen las suposiciones principales para el estudio realizado. Se considera el peso propio de la estructura.

La estructura está sujeta por cuatro puntos de apoyo en el suelo y cuenta con seis fijaciones laterales a la pared. Estos apoyos y fijaciones se consideran fijos en sus posiciones respectivas.

La estructura se trata como rígida, al igual que las uniones entre sus componentes, los cuales se encuentran soldados entre sí. El material utilizado en la estructura se considera acero estructural F-24, el cual cumple con las propiedades y características requeridas.

Como se ha determinado anteriormente se considera que la estructura no sólo recibe radiación directa del sol, sino del ambiente, y está sometida a 108°C , pero también es importante destacar que esta temperatura a la que se encuentra la superficie de la estructura se da únicamente en algunos días de los meses del verano. Por lo tanto, en esta oportunidad se considera este el caso más desfavorable.

A continuación, se puede observar cómo se produce la dilatación térmica en la estructura autoportante.

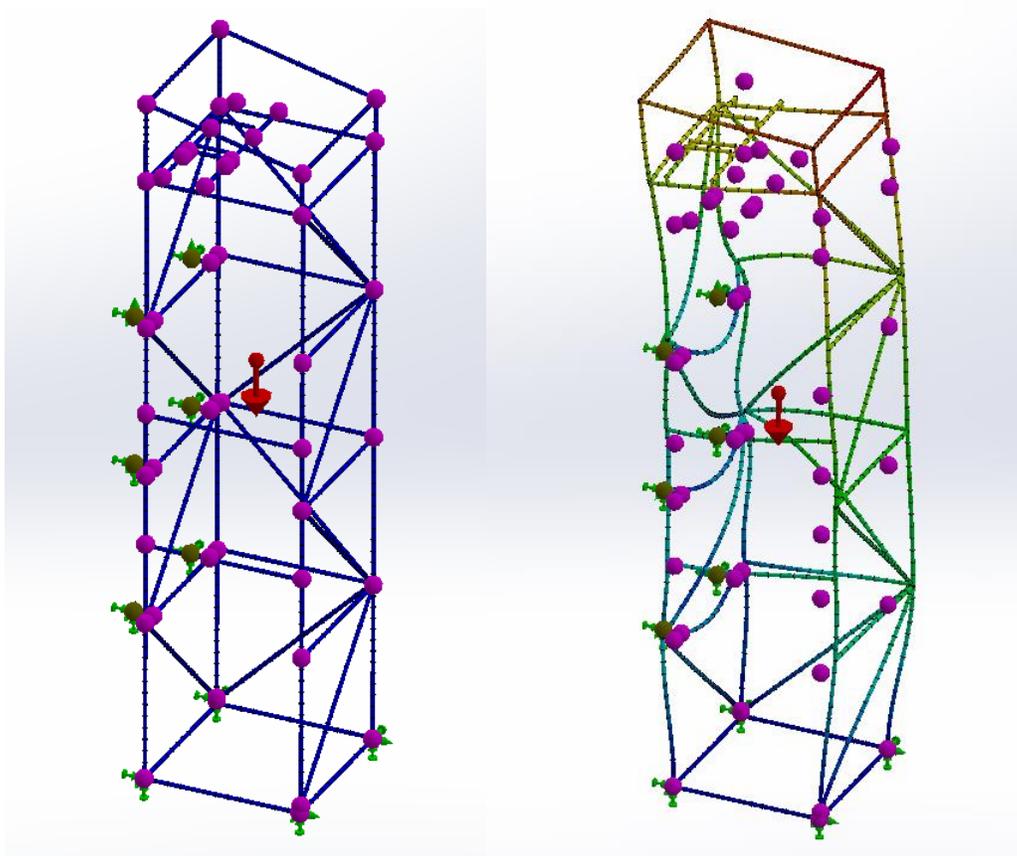


Ilustración 117-Dilatacion térmica-Estructura Autoportante

Análisis Estático -Tensiones - Dilatación térmicas

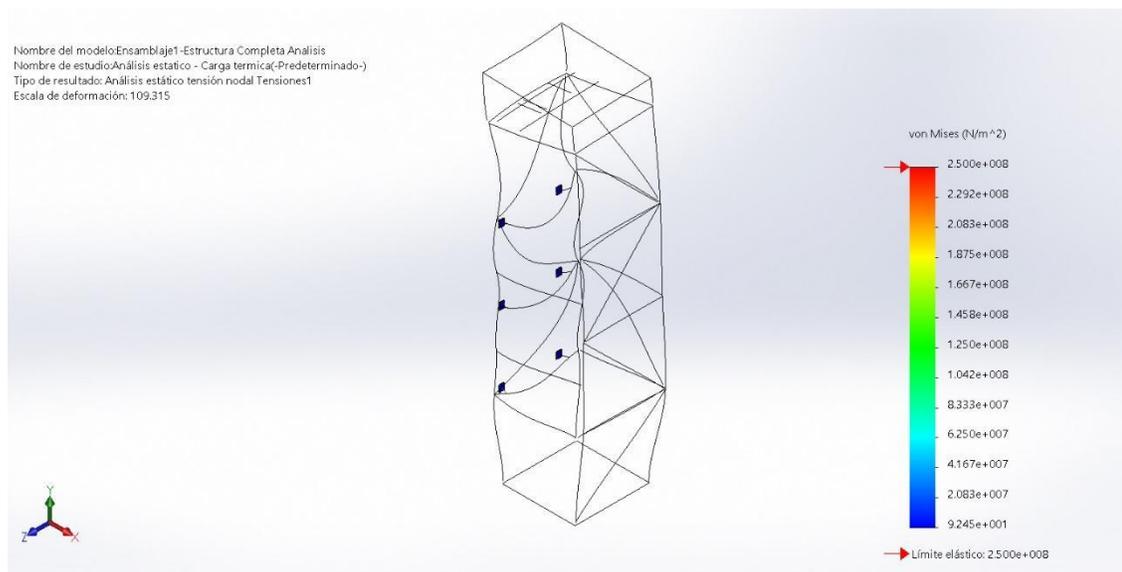


Ilustración 118-Tensiones

Durante el análisis estático, se determinó que los esfuerzos internos en las estructuras producto de la dilatación resultante del aumento de temperatura no superan el límite elástico. El esfuerzo máximo registra un valor de 0,02Mpa, valor casi nulo y muy por debajo del límite elástico mostrado en la escala del análisis.

Análisis Estático - desplazamientos

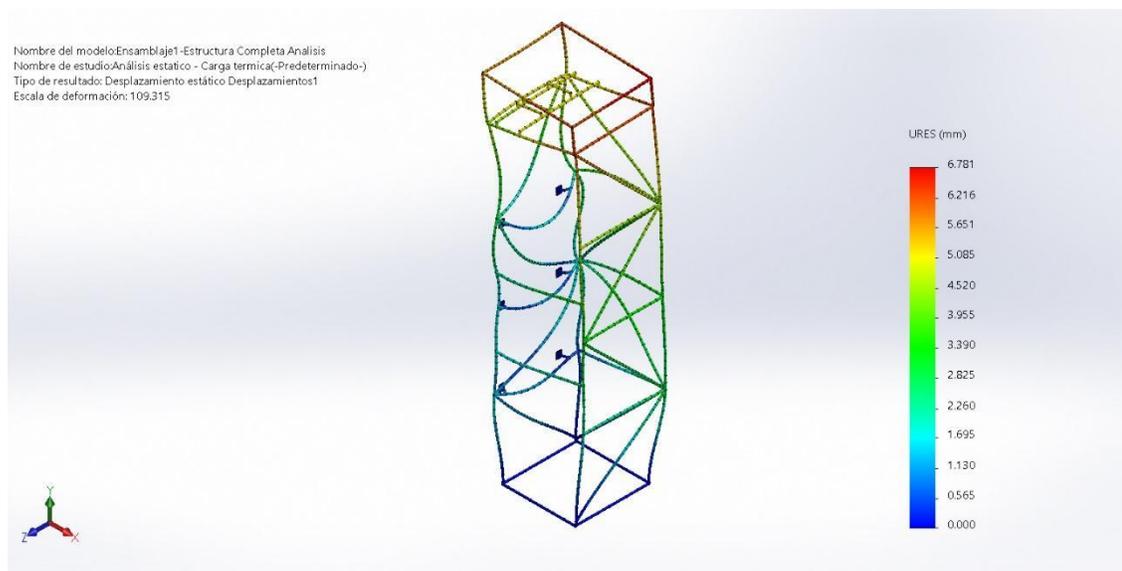


Ilustración 119-Desplazamientos

Mientras tanto el desplazamiento presenta una variación no uniforme en la estructura. Es importante destacar que los desplazamientos máximos se registran en las zonas más alejadas a las fijaciones. Con esto, podemos concluir, como es de esperarse, que los elementos se dilatan en los extremos donde no están fijados.

El valor máximo de desplazamiento registrado es de 6,78 mm, el cual se encuentra dentro de los límites aceptables establecidos para el proyecto, considerando que la estructura cuenta con una gran altura y que la temperatura en su superficie está a 108°C. Este desplazamiento es coherente con las expectativas previstas y no plantea preocupaciones significativas en términos de estabilidad y seguridad estructural.

Es importante señalar que los desplazamientos máximos se representan por la zona naranja/roja en el gráfico. Por otro lado, la mayor parte de la estructura presenta desplazamientos mínimos, como indica el color azul/verde según la escala de colores utilizada.

Con estos dos análisis tanto de deformaciones como de desplazamiento se determina que los valores obtenidos debido a las cargas térmicas a raíz de la dilatación térmica se alinean con las expectativas previstas para el proyecto.

Considerando que la estructura solo está sometida a las temperaturas del análisis solo en días puntuales en épocas de verano, se han obtenido valores aceptables. Ya que los valores de las tensiones se encuentran lo suficientemente debajo del límite elástico, y que el desplazamiento máximo en una estructura de gran altura es de apenas casi 7mm.

En virtud de lo anterior, el dimensionamiento de la estructura ha sido exhaustivamente verificado ante cargas ejercidas debido a las altas temperaturas analizadas. Esto garantiza que la misma operará proporcionando un nivel adecuado de seguridad y cumpliendo con las exigencias estructurales del proyecto.

6.2 Cerramiento - Carga Térmica

Como mencionamos anteriormente, la estructura autoportante se encuentra expuesta a la acción directa de los rayos del sol, ya que se sitúa en el exterior. Esto resulta en un incremento significativo de la carga térmica, especialmente durante la temporada de verano.

La dirección exacta por donde sale y se pone el sol en Puerto Madryn, Argentina, varía a lo largo del año debido a la inclinación de la Tierra y su posición en la órbita. Sin embargo, en general, en Puerto Madryn, que se encuentra en la costa este de Argentina y cerca de la latitud 42°S , el sol suele salir por el este (hacia el mar) y ponerse por el oeste (hacia la tierra).

Durante el verano del hemisferio sur (diciembre a marzo), el sol sale aproximadamente al noreste y se pone al noroeste.

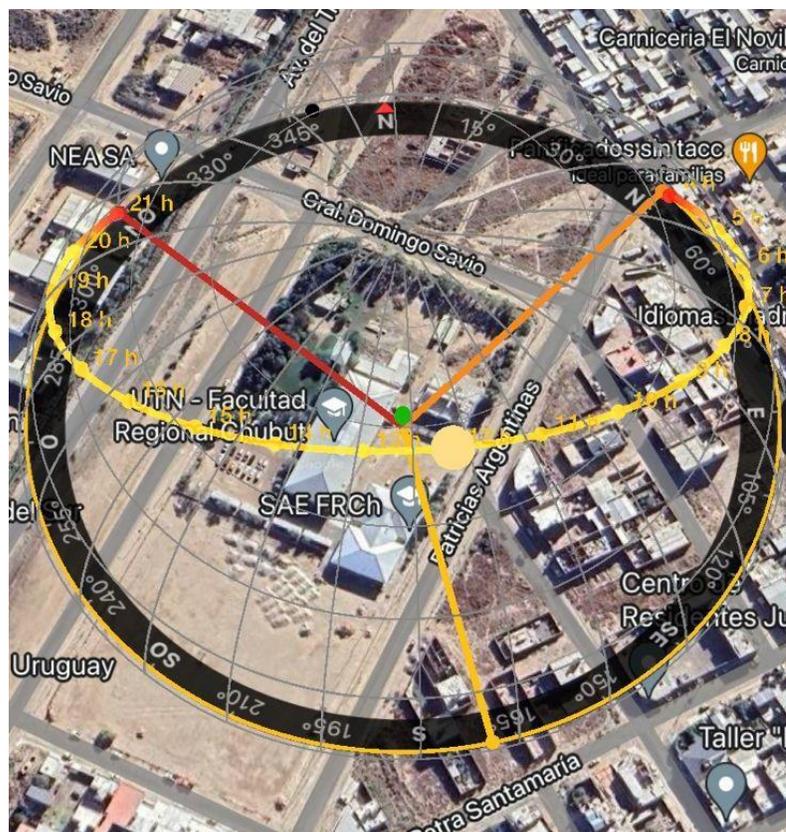


Ilustración 120-Puesta y Salida de sol en verano

Durante el invierno del hemisferio sur (junio a septiembre), el sol sale al sureste y se pone al suroeste.

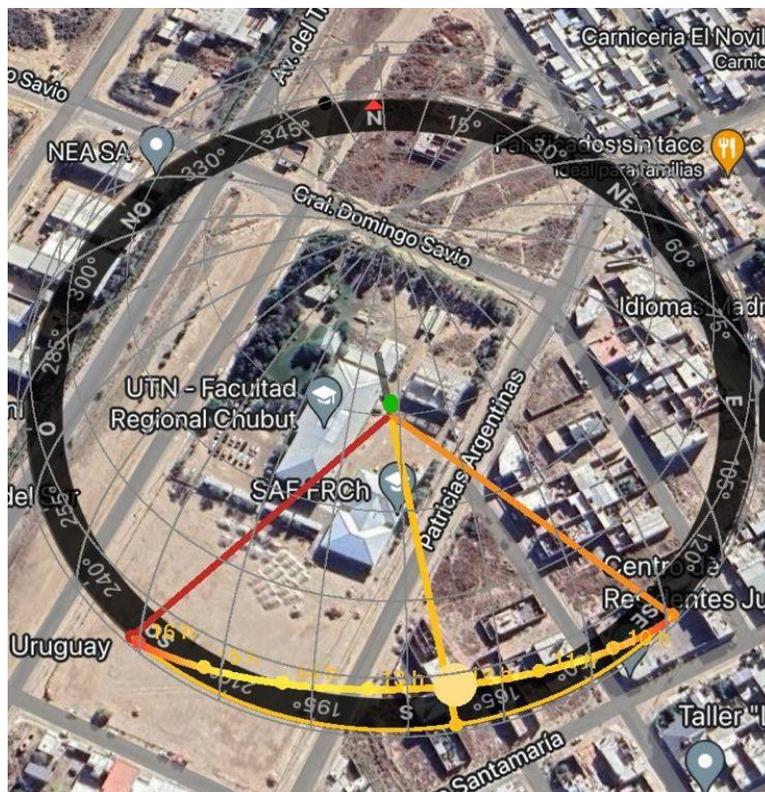


Ilustración 121-Puesta y Salida de sol en invierno

En general, en un clima como el de Puerto Madryn, la mayor carga térmica se producirá durante el verano del hemisferio sur (diciembre a marzo)

Durante esta época, el sol estará alto en el cielo y será más directo, lo que significará una mayor radiación solar que impactará en las superficies vidriadas.

La carga térmica será más alta durante las horas en que el sol esté más alto en el cielo, generalmente alrededor del mediodía. Durante este período, es cuando la radiación solar será más intensa y los vidrios de la estructura tendrán que manejar el calor y la ganancia de calor solar. Para reducir la carga térmica en una estructura vidriada en verano, es importante considerar estrategias de diseño adecuadas.

En contraste, durante el invierno, cuando el sol esté más bajo en el cielo, la carga térmica debido a la radiación solar será menor. En este momento del año, es posible que se desee aprovechar la energía solar pasiva para calentar la estructura, permitiendo que la radiación solar entre y ayude a calentar el interior.

6.2.1 Reducción de la Carga Térmica

Reducir la carga térmica en un cerramiento vidriado es importante para mantener un ambiente interior confortable y para disminuir la necesidad de sistemas de climatización, lo que a su vez reduce el consumo de energía. Algunas estrategias que se pueden utilizar desde la perspectiva de la arquitectura sustentable para lograrlo son:

- Pintar la estructura de colores claros
- Vidrios polarizados o de baja emisividad low-e
- Ventilación cruzada

Pintar la estructura de colores claros

La elección de colores claros para la superficie exterior de la estructura puede ayudar a reflejar parte de la radiación solar incidente en lugar de absorberla. Los colores claros, como el blanco o el beige, tienen una mayor reflectividad solar, lo que significa que menos calor se transferirá al interior del edificio. Esto puede reducir significativamente la carga térmica. Es por eso que para esta oportunidad se opta por cubrir la superficie exterior de la totalidad de la estructura con pintura epoxi color blanco.

Recubrimiento de la estructura

En el proceso de diseño de la estructura, la selección del material para su recubrimiento se convierte en un factor crítico. Se busca principalmente un material que ofrezca protección mecánica contra agentes externos, al mismo tiempo que permita la entrada de luz natural diurna, y que tenga la capacidad de reflejar la radiación solar para minimizar al máximo la carga térmica.

La utilización de vidrios polarizados o vidrios de baja emisividad (Low-E) en las ventanas y fachadas vidriadas puede contribuir significativamente a reducir la transmisión de calor y el deslumbramiento solar.

Vidrio de baja emisividad e-low

El vidrio de baja emisividad es aquel al cual se le aplica un revestimiento para que sea sustancialmente más eficiente. Lo que hace este recubrimiento, que es incoloro, ultrafino y no tóxico, es reducir drásticamente la transferencia de calor, reflejan la energía solar, filtrándola y minimizando la cantidad de luz ultravioleta e infraroja que puede pasar por el vidrio.

Su uso es de gran ayuda para el ahorro energético en edificios y viviendas.

La reducción de pérdida energética puede llegar a ser de hasta el 70% en relación con un vidrio convencional.

Sin embargo, estos vidrios cuentan con la desventaja significativa que no son una alternativa económicamente accesible.

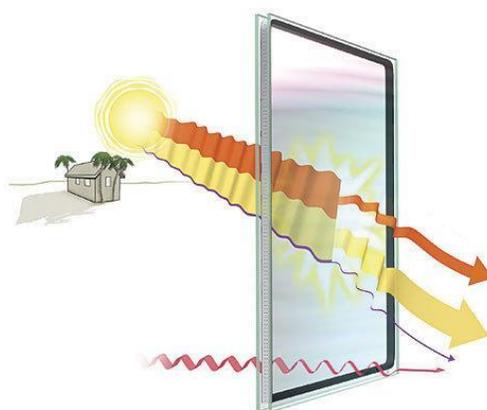


Ilustración 122-Vidrio baja emisividad

Vidrio polarizado

El uso de vidrio polarizado en una estructura vidriada ofrece una serie de ventajas significativas. En primer lugar, este tipo de vidrio reduce de manera efectiva el deslumbramiento causado por la intensa luz solar, lo que mejora la comodidad visual en el interior de la estructura. Esta característica es especialmente valiosa en áreas expuestas a una fuerte radiación solar, como zonas costeras o regiones con climas soleados. Además, el vidrio polarizado controla la cantidad de radiación solar que penetra en el interior, lo que ayuda a

mantener una temperatura más fresca y constante, disminuyendo la necesidad de utilizar sistemas de aire acondicionado y, en última instancia, ahorrando energía.

La protección contra los rayos ultravioleta (UV), la mejora estética y el incremento en la eficiencia energética son otras ventajas clave que hacen del vidrio polarizado una elección atractiva para una amplia gama de aplicaciones arquitectónicas. En última instancia, el vidrio polarizado no solo ofrece beneficios prácticos, sino que también contribuye al confort visual y al atractivo estético de una estructura.

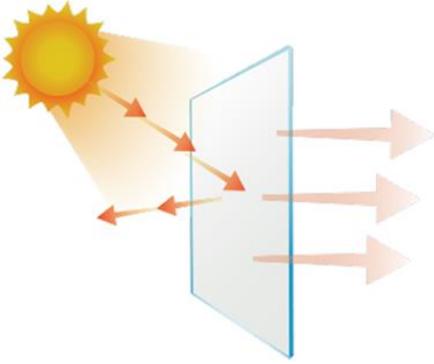
Además, el vidrio polarizado es más accesible en términos de costo inicial en comparación con el vidrio Low-E.



Ilustración 123-Vidrio polarizado espejado

Es por ello que a continuación se presentan en una matriz de decisión las mencionadas alternativas para proteger los componentes del interior de la estructura

Tabla 17-Alternativas para Matriz de decisión

| Ítem | Descripción | Ilustración |
|------|--------------------------------|---|
| A | Cristal + Lamina polarizada |  |
| B | Vidrio e-low / baja emisividad |  |

En la tabla se analizan las posibles soluciones al cerramiento de la estructura, el cual protegerá el sistema de elevación y todos sus componentes del viento, el agua, el polvo, etc. Cabe recordar que deben ser materiales resistentes a dichos elementos y a posibles actos de vandalismo o accidentes que puedan dejar al elevador desprotegido.

Se llevó adelante una matriz de decisión para establecer como prioridad el material a utilizar.

Los distintos sistemas alternativos se calificaron por el método de evaluación ponderada, de la siguiente manera

| Desempeño | Calificación |
|--------------|--------------|
| Insuficiente | 1 |
| Regular | 2 |
| Competente | 3 |
| Destacado | 4 |

Tabla 18-Matriz de decision

| Matriz de decisión | | A | | B | |
|-----------------------|------|-----------------------------|-------------|--------------|-------------|
| | | Cristal + Lamina polarizada | | Vidrio e-low | |
| Criterio de selección | Peso | Calific. | Eval. Pond. | Calific. | Eval. Pond. |
| Costo | 30% | 3 | 0.9 | 1 | 0.3 |
| Resistencia Mecánica | 20% | 3 | 0.6 | 3 | 0.6 |
| Carga térmica | 20% | 3 | 0.6 | 4 | 0.8 |
| Transparencia | 20% | 3 | 0.6 | 3 | 0.6 |
| Estética | 10% | 3 | 0.3 | 4 | 0.4 |
| Total | 100% | | 3 | | 2.7 |
| Lugar | | | 1 | | 2 |

Es por esto, que para esta oportunidad se utiliza un vidrio con film denominado espejado (polarizado) que es una película que tiene un tratamiento especial que le otorga las siguientes características:

- Reduce el calor hasta el 72%, el resplandor un 78%, bloquea los rayos U.V un 99%.
- Hay una sensible reducción de gasto de energía.
- El efecto espejo se da del lado que hay mayor luz.

Los paneles de vidrio se encuentran soportados por medio de conectores tipo pipeta que van fijos a la estructura y cuentan con las siguientes dimensiones para vidrios de 8mm.

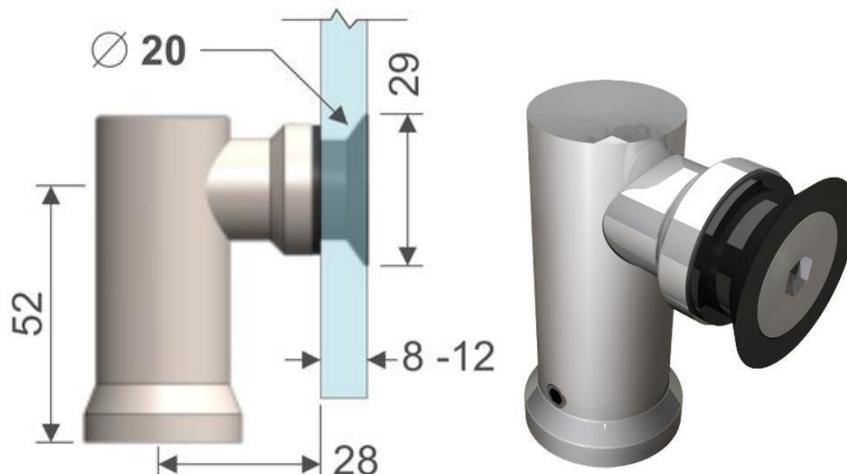


Ilustración 124-Soporte para vidrio

Ventilación cruzada

El diseño de la estructura debe incorporar la posibilidad de ventilación cruzada.

La implementación de la ventilación cruzada puede ser una estrategia efectiva para contrarrestar los efectos de la carga térmica, especialmente durante el verano, cuando las temperaturas pueden ser más elevadas.

Esta es una estrategia de ventilación en la que se aprovecha el flujo de aire natural para renovar el aire en un espacio interior. Esta técnica se utiliza para mejorar la calidad del aire y controlar la temperatura en un edificio o cerramiento de manera eficiente sin depender tanto de sistemas de ventilación mecánica, como aires acondicionados o ventiladores eléctricos. La ventilación cruzada se basa en la diferencia de presión y temperatura entre dos lados opuestos de un espacio para permitir que el aire fluya de una abertura a otra.

En Puerto Madryn, Argentina, los vientos predominantes son influenciados principalmente por su ubicación costera en el golfo Nuevo, que está ubicado en la región patagónica del país.

Durante los días más cálidos, es común experimentar brisas marinas. Estas brisas soplan desde el mar hacia la tierra y tienen un efecto refrescante en la temperatura local, lo que es beneficioso para el alivio del calor en días calurosos.

Es por esto que el ingreso del aire se realiza mediante rejillas permitiendo que la brisa en días calurosos ingrese por el frente de la estructura autoportante desde el noroeste, permitiendo de esta manera disminuir la carga térmica y contrarrestar los efectos de las altas temperaturas en épocas calurosas de verano.

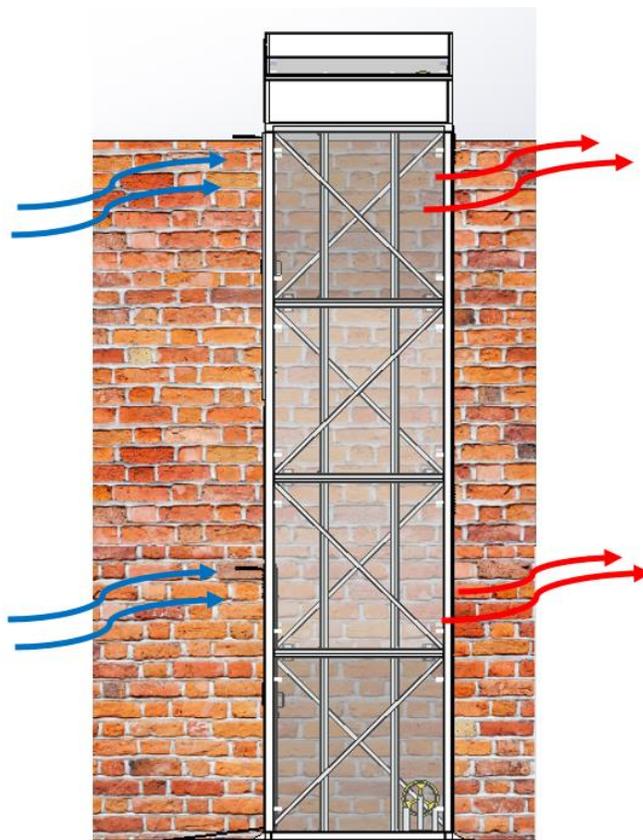


Ilustración 125-Flujo de aire

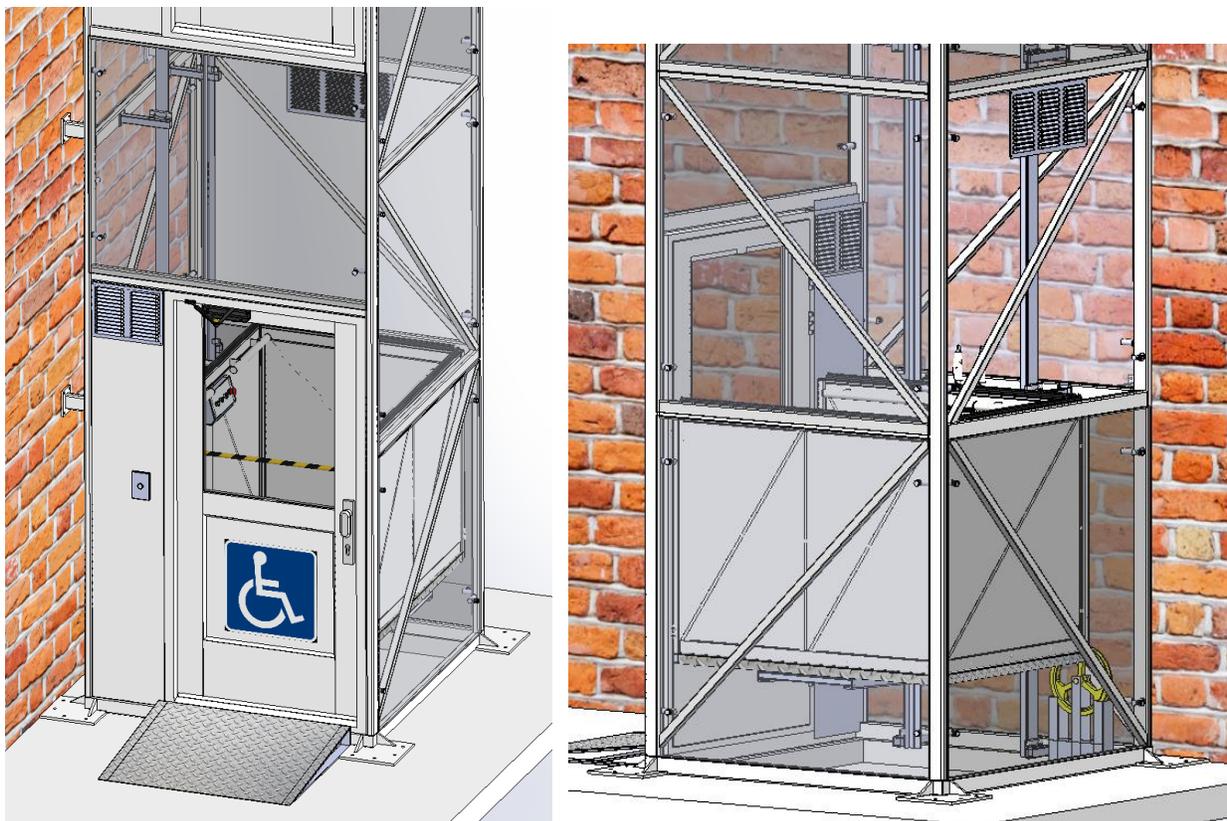


Ilustración 126-Rejillas de ventilación en cerramiento

6.2.2 Cubierta superior

Como se ha mencionado, la estructura soporta la carga que ejerce el conjunto motriz, dicho conjunto motriz se encuentra en la parte superior de la estructura y se encuentra bajo una cubierta superior o techo que está conformada por un panel donde la mitad es de chapa y la mitad de vidrio, al igual que la entre-cubierta.

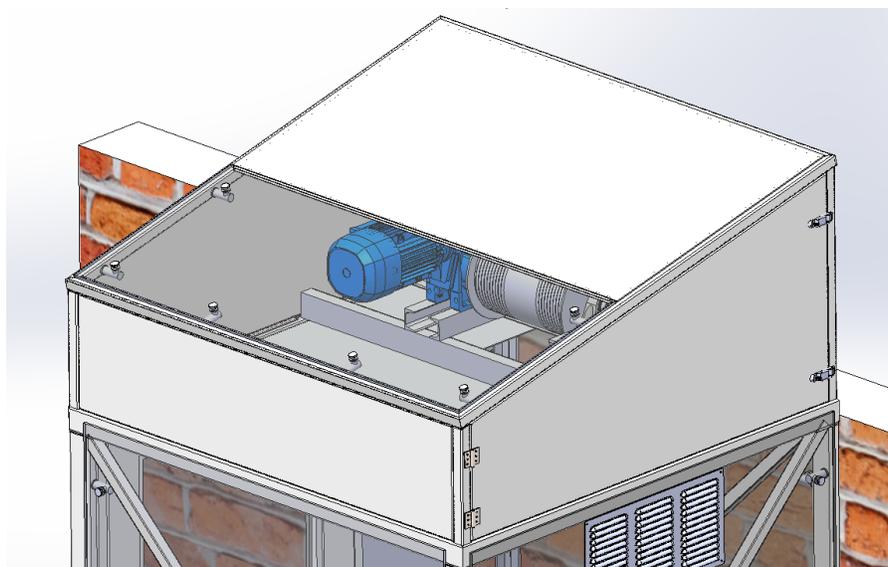
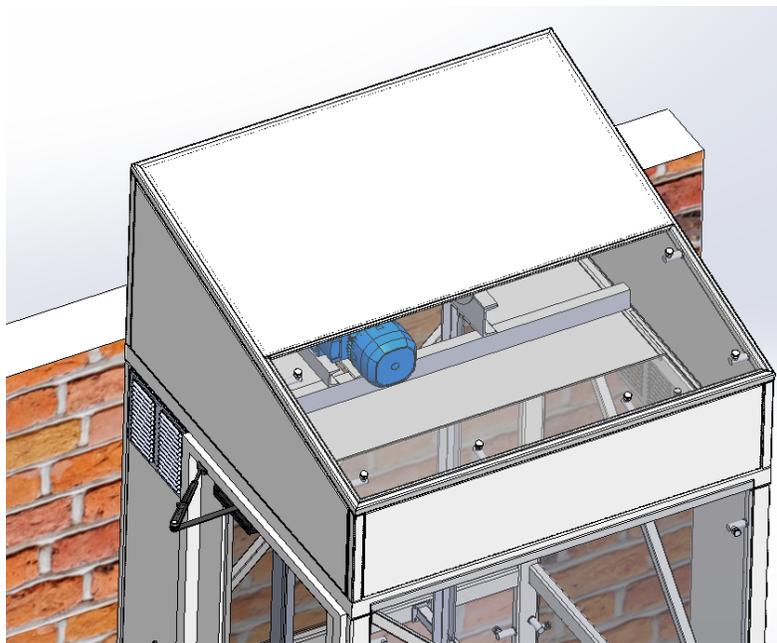


Ilustración 127-Cubierta superior

La entre-cubierta también es una placa conformada mitad de chapa y mitad de vidrio, de esta manera la mitad formada por chapa obstruye visualmente el conjunto motriz desde el interior del hueco del elevador, y sirve como división entre el hueco por donde se desplaza la plataforma y el conjunto motriz. De esta manera existe una barrera física que protege a la persona que se encuentra utilizando el elevador, pero a su vez permite el pasaje de luz solar en horas del día.

Además, como se puede apreciar en las ilustraciones, uno de los laterales que resguarda el sistema motriz funciona como una compuerta. Esta sección cuenta con bisagras que permiten su apertura, lo que facilita el acceso al sistema motriz y al limitador de velocidad. Además, se encuentra asegurada por medio de dos cerraduras con pestillo de palanca, las cuales disponen de ojales para garantizar la seguridad de la compuerta y/o mantenerla consignada.



Ilustración 128-Compuerta de inspección

Por otro lado, las guías T se encuentran dentro del cerramiento y fijadas a la estructura mediante la siguiente configuración



Ilustración 129-Fijación guía T

6.2.3 Acceso

El acceso al elevador se da por medio de puertas y marco de aluminio que van fijadas a la estructura. Estas puertas a su vez cuentan con ventana para facilitar la visualización de la posición en la que se encuentra el elevador desde el exterior.

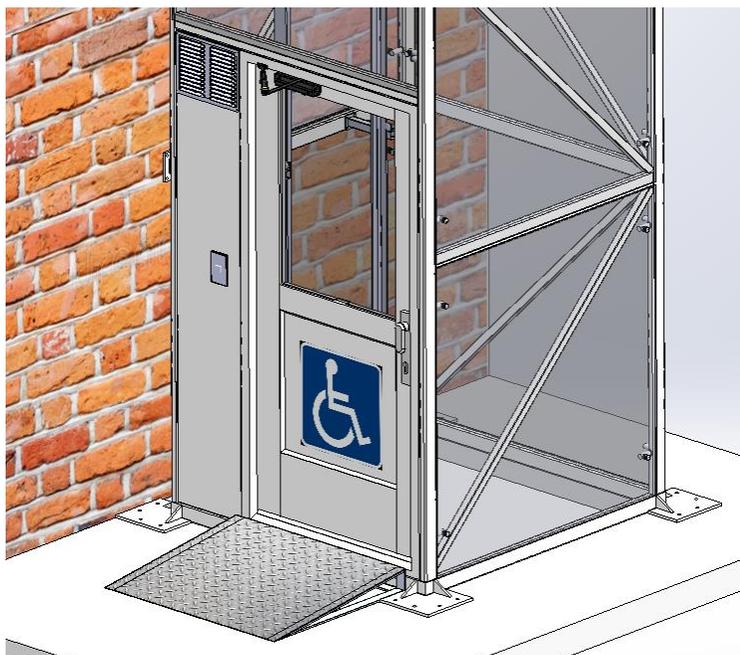


Ilustración 130-Acceso a la Plataforma



Ilustración 131-Cierra Puertas Hidráulico

También cuenta con cierrapuertas hidráulico siendo esencial para evitar portazos o corrientes de aire. Del lado izquierdo de cada puerta tenemos un recubrimiento de chapa plegado tanto externo como interno y en donde se encuentra amurado un botón de piso que se

encuentra a 1,2m por encima del nivel del suelo. El acceso a la plataforma en la planta baja se realiza por medio de una rampa de 8% según la normativa correspondiente

Todas las dimensiones y detalles se encuentran adjuntos en los planos correspondientes.

6.3 Cimentaciones – Esfuerzos transmitidos al suelo

Fijación

La estructura se encuentra fija al suelo por medio de cuatro placas de anclaje con pernos Fischer M16 de fijación.

A la vez se encuentra fija a la pared mediante seis apoyos/soportes de pared que van amurados mediante anclajes mecánicos de expansión M14 de acero inoxidable AISI 316 con alta resistencia a la corrosión

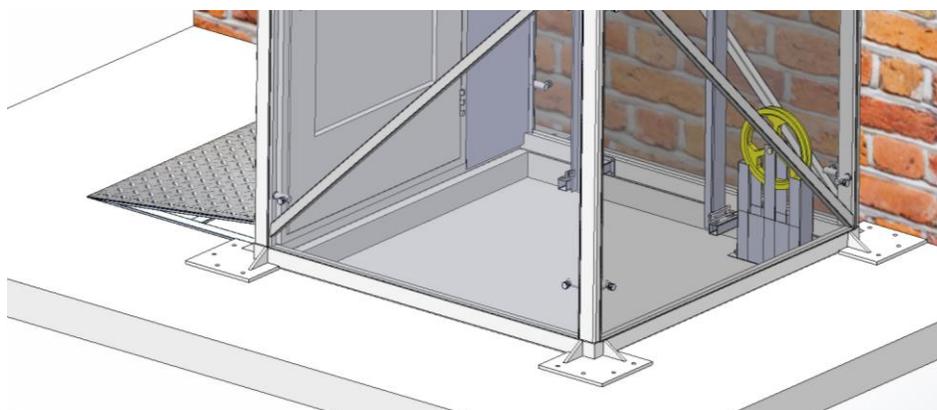


Ilustración 132-Anclaje mecánico de expansión

Ilustración 133-Apoyo fijo de pared



Ilustración 134-Apoyo de fijación al suelo

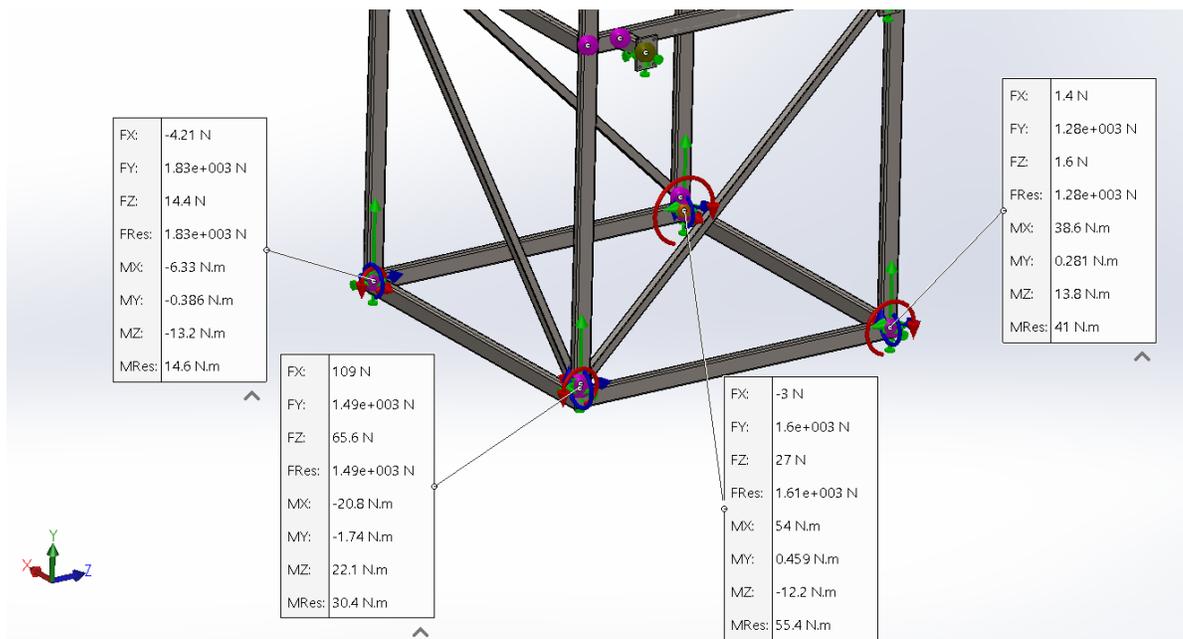


Los apoyos fijos de piso se deben fijar a un contra piso de hormigón, el mismo debe construirse de manera que resista los esfuerzos transmitidos que se detallan a continuación y contar con un mínimo “foso” de 100mm de profundidad y un área de 1527x1497mm en el cual también se encuentra la polea de reenvío del limitador de velocidad.

A continuación, se representan las reacciones generadas por la carga total del elevador 3500N y el peso propio de la estructura generada por la gravedad. Estas mismas reacciones se han tomado del estudio de análisis estático realizado a la estructura autoportante.

De manera que los esfuerzos máximos que la estructura autoportante transmite por medio de los cuatro apoyos al contrapiso, y que deben ser considerados para la construcción del mismo se representan a continuación

Ilustración 135-Esfuerzos en apoyos

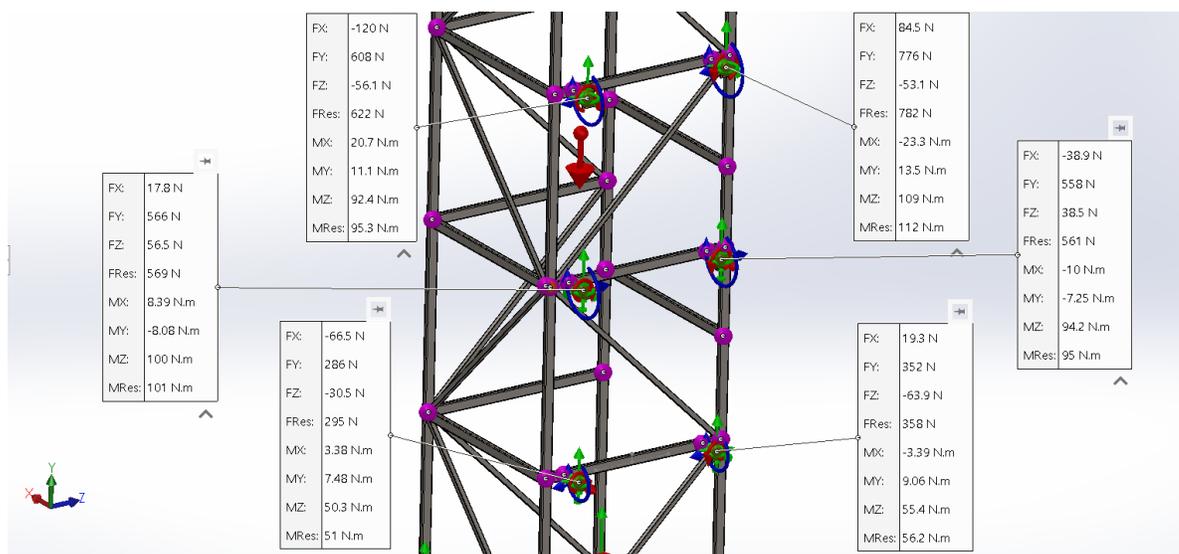


Fuerza máxima resultante: 1830N

Momento máximo resultante: 55,4 N.m

De la misma manera, los esfuerzos que la estructura autoportante transmite por medio de los seis apoyos al muro, y que deben ser considerados a la hora de ser fijados, son los que se representan a continuación

Ilustración 136-Esfuerzos en apoyos de pared



Fuerza máxima resultante: 782N

Momento máximo resultante: 112N.m

Capítulo VII - Sistema Eléctrico

El sistema eléctrico del elevador, diseñado en conformidad con la normativa AEA 90364-7-791, juega un papel esencial en su funcionamiento.

Esta sección abordará en detalle los diversos elementos clave que componen este sistema y que trabajan de manera conjunta para su correcto funcionamiento.

Está compuesto por tres circuitos principales:

- Circuito de iluminación
- Circuito control y maniobra
- Circuito de potencia

A continuación, se desarrollan los consumos de cada uno de los circuitos

7.1 Circuito Iluminación

Para la iluminación de la plataforma se utilizarán perfiles de tiras led. Las tiras led son grandes aliados a la hora de iluminar espacios de todo tipo con un resultado eficiente y moderno, además de consumir poca potencia y mejorar la eficiencia energética de nuestro proyecto.

La tira led elegida cuenta con las siguientes características



- Flujo luminoso: 500lm
- Potencia: 5W x m
- Tensión: 12 V
- Rendimiento lumínico: 96,2 lm/W
- Lámpara: LED 2700 Kelvin
- Dimensiones: 1x0,008x0,02 m

Ilustración 137-Perfil LED

Para garantizar los 50 lux en la base de la plataforma que nos exige la normativa correspondiente, procedemos a realizar la simulación del cálculo lumínico en el software DiaLux Evo.

De esta manera se simula el interior de la estructura inferior, ya que los perfiles led van montados debajo de los estructurales horizontales a una altura de 1,65m por encima del nivel del suelo de la plataforma, de esta manera se simula la iluminación cuando la plataforma se encuentra en el primer piso, en su posición más baja, a modo de referencia.

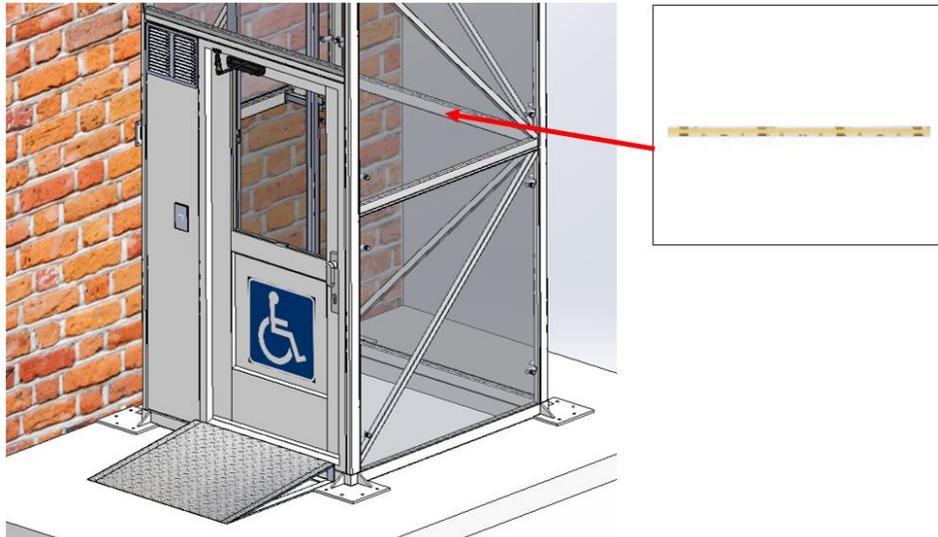


Ilustración 138-Montaje de Tira LED debajo de perfil estructural

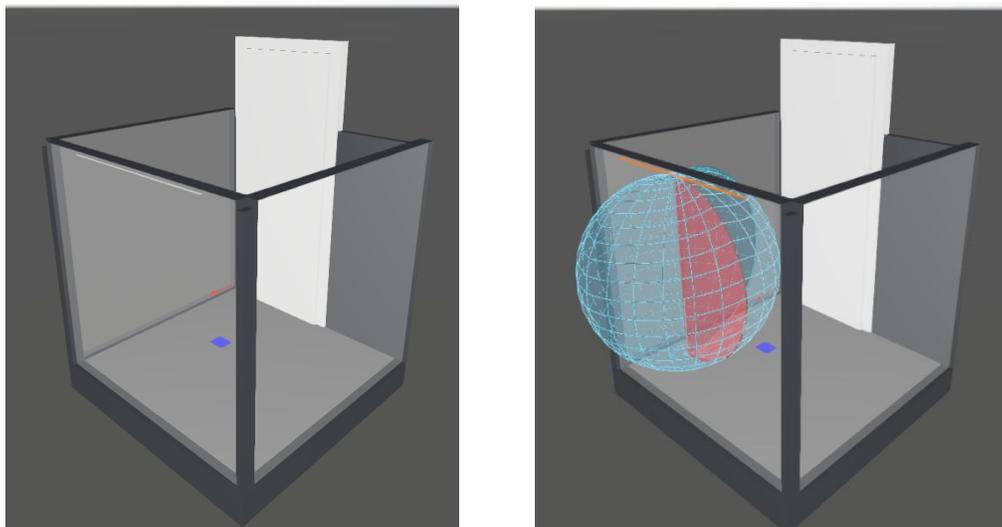


Ilustración 139-Montaje de Perfiles LED - DiaLux

Obteniendo los siguientes resultados en la superficie de la plataforma.

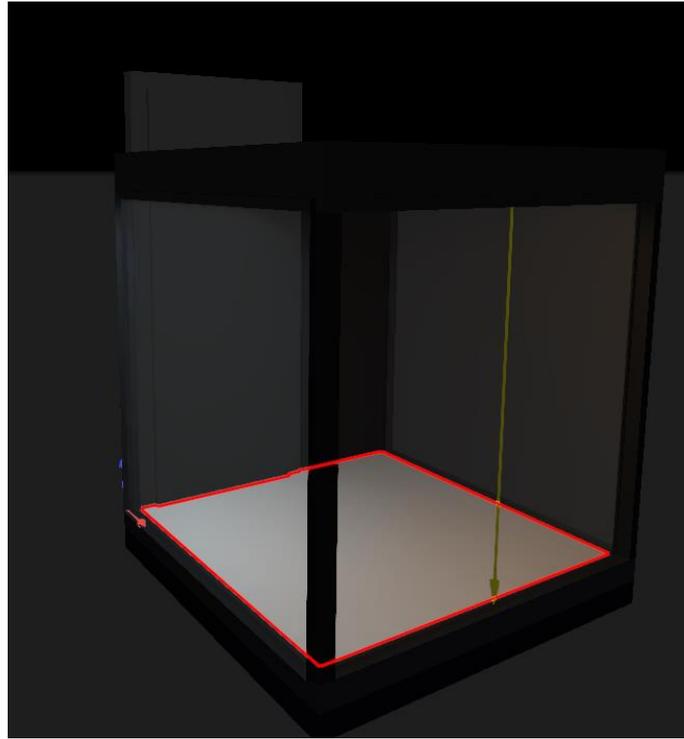


Ilustración 140-Illuminación de tira LED

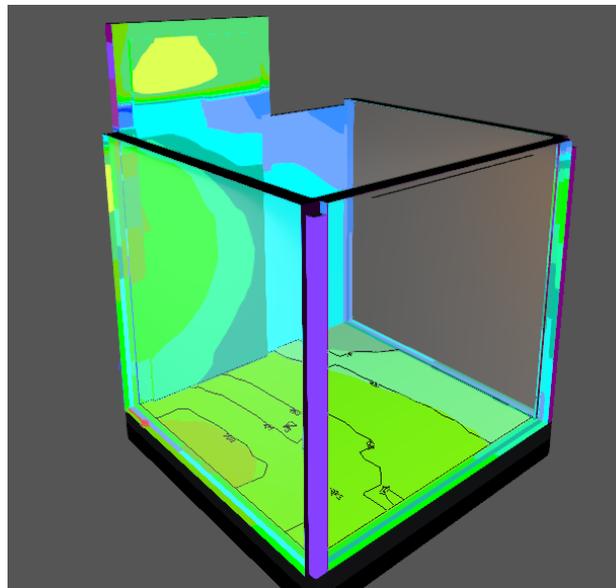


Ilustración 141-Distribución lumínica con escala

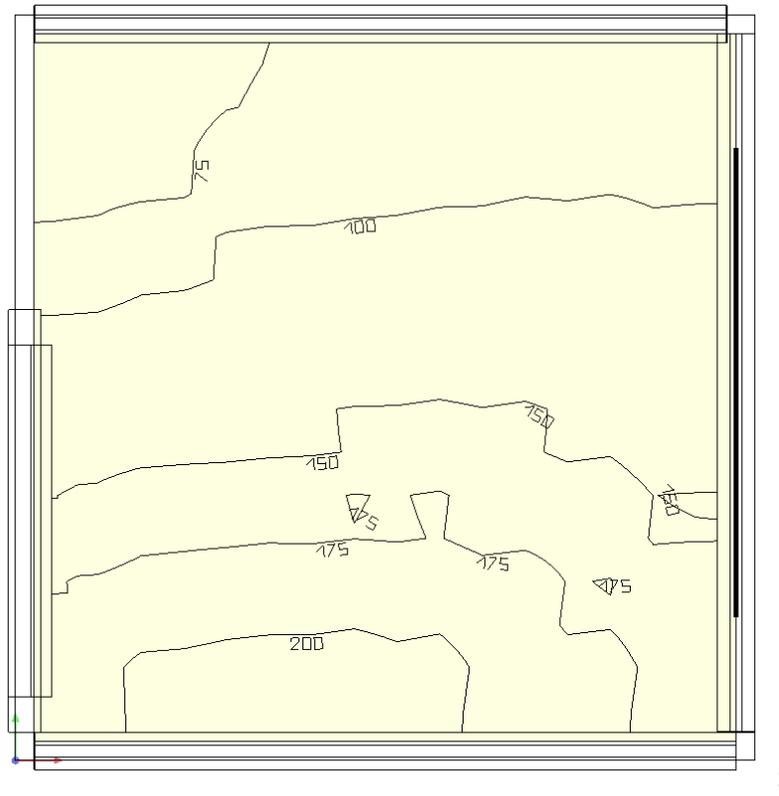


Ilustración 142-Valores obtenidos-Distribución lumínica en la base

De esta manera, los valores obtenidos son los siguientes

- ❖ Iluminancia media: 130 lux
- ❖ Iluminancia Mín : 62 lx
- ❖ Iluminancia Máx: 200 lx
- ❖ Uniformidad: 0,5

Lo cual lo consideramos suficiente y verifica lo requerido por la normativa.

De manera que si replicamos esta configuración de montaje a lo largo de toda la trayectoria del elevador garantizamos la iluminación necesaria, es decir se montan cada 1,65m tres perfiles led sobre los estructurales horizontales, consiguiendo una iluminación uniforme a lo largo del recorrido y utilizando un total de 4 perfiles led. Como se observa en la siguiente ilustración.

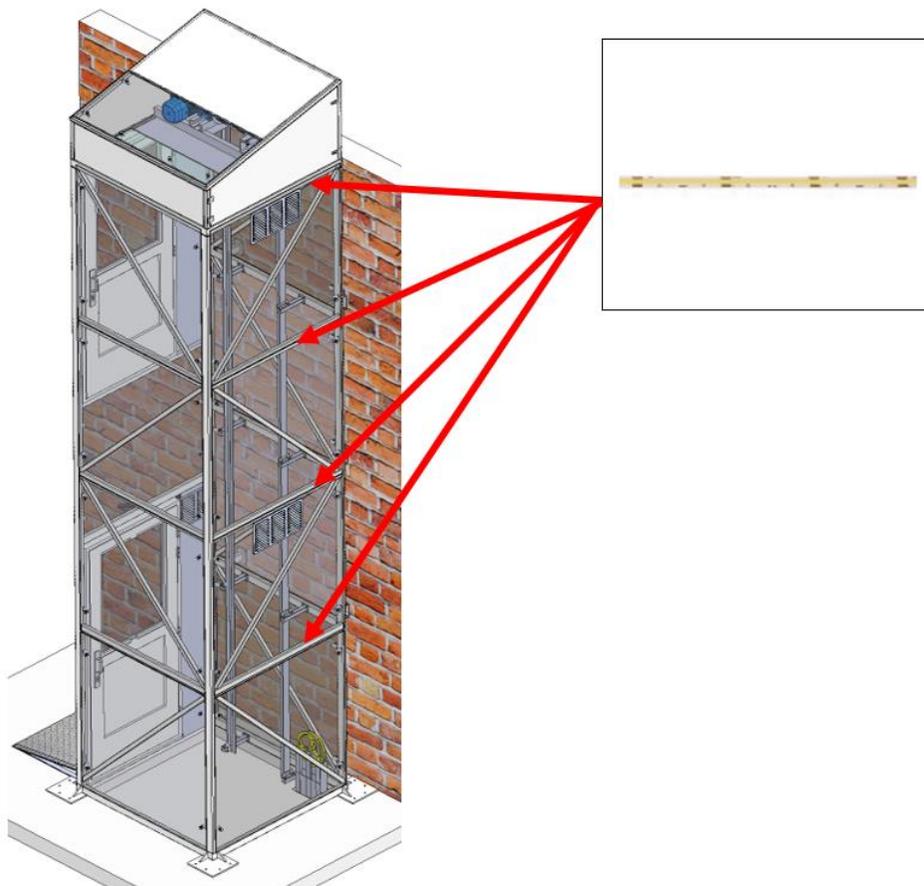


Ilustración 143-Ubicación de unidad LED en Estructura Autoportante

7.2 Circuito Control y Maniobra

Por otro lado, en cuanto al circuito de control y maniobra se utiliza un PLC el cual es el encargado de ejecutar la operación de control y maniobra del elevador

Controlador lógico programable (PLC)

El PLC seleccionado es el modelo Micrologix 1000 1761-L32BWA de Allen Bradley.



Ilustración 144-PLC – Control y Maniobra

El cual cuenta con el siguiente esquema de conexionado con sus respectivas entradas y salidas

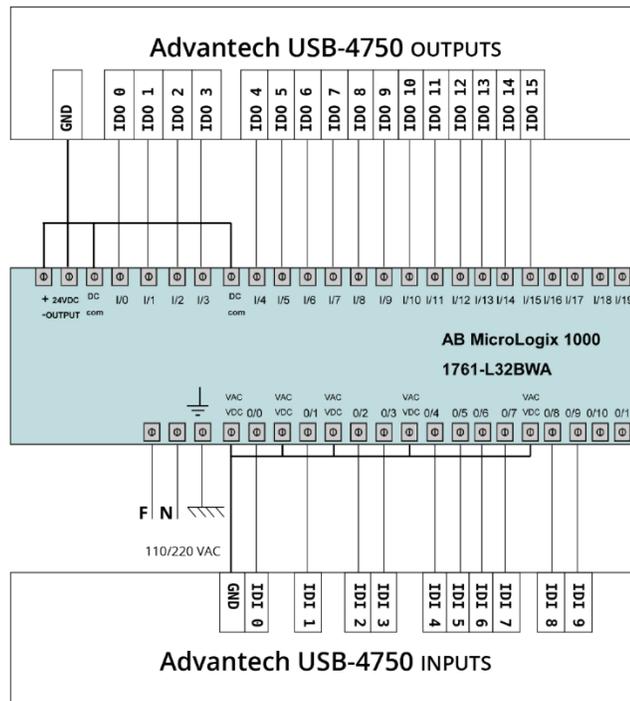


Ilustración 145-PLC-Conexionado

El mismo tiene un consumo de 5 A.

7.3 Circuito Potencia

El circuito de potencia es el encargado de alimentar al motorreductor seleccionado con anterioridad, el cual cuenta con las siguientes características que determinan el consumo del mismo

$$P = 2HP$$

$$I_n = 2,7 A$$

$$I_a = 6,3 * I_n = 17A$$

$$V_L = 400V$$

$$\cos \theta = 0,77$$

7.4 Selección de componentes

En el sistema eléctrico del presente proyecto, la preselección de las secciones de los cables y/o conductores y calibres de sus protecciones se realiza por medio de la verificación de la primera condición de protección contra las corrientes de sobrecarga dada por:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z \quad (\text{AEA } 90364-7-791.10.1)$$

Siendo

“ I_B ” la corriente de proyecto, intensidad proyectada de la corriente de carga o corriente de empleo para la cual el circuito fue diseñado.

“ I_n ” la corriente asignada o nominal del dispositivo de protección

“ I_Z ” la intensidad de corriente admisible en régimen permanente por los cables o conductores a proteger

Los valores de corriente admisible en cables se obtienen a partir de la siguiente tabla otorgada por el fabricante

Cable Flexible para tendidos en cañerías; tipo H07V-K
450 / 750 V
IRAM NM 247-3

Características técnicas

| Sección nominal | Diámetro máx. de alambres del conductor | Espesor de aislación nominal | Diámetro exterior aprox. | Masa aprox. | Intensidad de corriente admisible en cañerías (3) | | Caída de tensión (4) | Resistencia Eléctrica máxima a 20°C y c.c. |
|-----------------|---|------------------------------|--------------------------|-------------|---|----------|----------------------|--|
| | | | | | (1) A | (2) A | | |
| mm ² | mm | mm | mm | kg/km | | | V/A km | ohm/km |
| 0,75 | 0,21 | 0,6 | 2,3 | 11 | 9 | 8 | 50 | 26 |
| 1,0 | 0,21 | 0,6 | 2,5 | 15 | 11,5 | 10,5 | 37 | 19,5 |
| 1,5 | 0,26 | 0,7 | 3,0 | 20 | 15 | 13 | 26 | 13,3 |
| 2,5 | 0,26 | 0,8 | 3,6 | 31 | 21 | 18 | 15 | 7,98 |
| 4 | 0,31 | 0,8 | 4,1 | 45 | 28 | 25 | 10 | 4,95 |
| 6 | 0,31 | 0,8 | 4,7 | 63 | 36 | 32 | 6,5 | 3,30 |
| 10 | 0,41 | 1,0 | 6,0 | 107 | 50 | 44 | 3,8 | 1,91 |
| 16 | 0,41 | 1,0 | 7,0 | 167 | 66 | 59 | 2,4 | 1,21 |
| 25 | 0,41 | 1,2 | 9,6 | 268 | 88 | 77 | 1,54 | 0,78 |
| 35 | 0,41 | 1,2 | 10,8 | 361 | 109 | 96 | 1,20 | 0,554 |
| 50 | 0,41 | 1,4 | 12,8 | 511 | 131 | 117 | 0,83 | 0,386 |
| 70 | 0,51 | 1,4 | 14,6 | 698 | 167 | 149 | 0,61 | 0,272 |
| 95 | 0,51 | 1,6 | 16,8 | 899 | 202 | 180 | 0,48 | 0,206 |
| 120 | 0,51 | 1,6 | 19,7 | 1175 | 234 | 208 | 0,39 | 0,161 |

Ilustración 146-Valores corrientes admisibles según sección

Recordando los consumos establecidos con anterioridad:

En el circuito eléctrico de potencia la carga viene dada por el consumo del motor eléctrico. El cual viene afectado por el 125% de su potencia nominal a efectos del cálculo.

$$P = 1,25 * 2HP = 2,5 HP$$

$$I_n = 1,25 * 2,7 A = 3,375 A$$

$$I_a = 6,3 * I_n = 21,3A$$

$$V_L = 400V$$

$$\eta = 0,67$$

$$\cos\varphi = 0,77$$

$$FS = 1,15$$

El circuito eléctrico de iluminación viene dado por el consumo de los leds, siendo

$$P = 67W$$

$$I = 4,67A$$

El circuito de mando compuesto por el PLC cuenta con un consumo de 5A, por lo tanto;

$$I_{TOTAL} = I_{POTENCIA} + I_{MANDO} + I_{ILUMINACION} = 31A$$

Con este valor de corriente podríamos preseleccionar los conductores correspondientes según la corriente admisible para dicha sección. (IRAM 62267)

- Sección 6mm²
- Intensidad de corriente admisible = 36A

Con esto también podríamos preseleccionar la protección principal, siguiendo la expresión

$$31A \leq I_n \leq 36A$$

Por lo tanto para esta oportunidad se podría escoger un **Interrupor Termomagnético**

Schneider 2x32 A C60-N 24340 curva C.

Referencias



24077

| tipo | In (A) | referencia curva | | | ancho en pasos de 9 mm |
|------|--------|------------------|-------|-------|------------------------|
| | | B | C | D | |
| 2P | 0,5 | - | 24068 | - | 4 |
| | 1 | 24071 | 24331 | 24653 | |
| | 2 | 24072 | 24332 | 24654 | |
| | 3 | 24073 | 24333 | 24655 | |
| | 4 | 24074 | 24334 | 24656 | |
| | 6 | 24075 | 24335 | 24657 | |
| | 10 | 24076 | 24336 | 24658 | |
| | 16 | 24077 | 24337 | 24660 | |
| | 20 | 24078 | 24338 | 24661 | |
| | 25 | 24079 | 24339 | 24662 | |
| | 32 | 24080 | 24340 | 24663 | |
| | 40 | 24081 | 24341 | 24664 | |
| | 50 | 24082 | 24342 | 24665 | |
| | 63 | 24083 | 24343 | 24666 | |

2 polos protegidos

Descripción

Características

- Calibre In: 0,5 a 63A.
- Temperatura de referencia: 30°C (curvas B y C), 40° C (curva D).
- Tensión de empleo: 240/440 V CA.
- Tensión de impulso Uimp: 6 kV.
- Tensión de aislación Ui: 500 V.
- Poder de corte: según IEC 60898.

| tipo | tensión (V) CA | PdC (Icn) (A) |
|--------|----------------|---------------|
| 1P | 230 | 6000 |
| 2,3,4P | 400 | 6000 |

- Poder de corte: según IEC 60947-2

| tipo | tensión (V) CA | PdC (Icu) (kA) |
|--------|----------------|----------------|
| 1P | 130 | 20 |
| | 230/240 | 10 |
| 2,3,4P | 230/240 | 20 |
| | 400/415 | 10 |
| | 440 | 6 |

- Curvas de disparo:

- Curva B: el disparo magnético actúa entre 3 y 5 In. Protección de generadores de baja potencia, cables de gran longitud, y/o cargas con picos de corriente menor o igual a 3 In.
- Curva C: disparo magnético actúa entre 5 y 10 In. Protección de circuitos de iluminación, tomacorrientes. Aplicaciones generales.
- Curva D: el disparo magnético actúa entre 10 y 14 In. Protección de circuitos con picos de corriente, transformadores, motores, etc.

A continuación, se realiza la siguiente serie de verificaciones

7.4.1 Verificación de la regla del poder de corte

La regla del poder de corte esta dada por la siguiente expresión

$$P_{dccc} \geq I''_k \quad (\text{AEA 90364-7-791.19.2.2})$$

En la formula P_{dccc} es la capacidad de ruptura del dispositivo de protección; I''_k es la intensidad máxima de corriente de cortocircuito presunta en el punto donde se encuentra instalado el dispositivo

El cumplimiento de la regla del poder de corte garantiza que el dispositivo de protección podrá abrir sin problemas sus contactos cuando tenga que interrumpir el mismo valor de corriente de cortocircuito presunta que se puede presentar en el punto de la instalación donde se encuentra instalado.

Para este caso el valor de la corriente de cortocircuito en bornes de entrada del interruptor principal es de 3200A y además, el valor normalizado de capacidad de ruptura para el interruptores termomagnético seleccionado cumple la norma IEC 30898 y es de 6kA, por lo tanto

$$6kA \geq 3,2kA$$

7.4.2 Verificación de la regla del tiempo de corte

Cuando se produce un cortocircuito, la corriente que circula por los conductores hace que aumente la temperatura de estos, de manera que las protecciones asociadas deberán estar dimensionada para que puedan despejar la falla en un tiempo tal que evite que se exceda la temperatura máxima admisible de los conductores. La regla a cumplir es:

$$k^2 * S^2 \geq I^2 * t \quad (\text{Ver AEA 90364 -7-791.10.2.2.1})$$

Siendo

$I^2 * t$: Máxima energía específica pasante aguas abajo del dispositivo de protección.

Este dato no es calculable por el proyectista o instalador, por ser un valor garantizado por el fabricante

S: La sección nominal de los cables en milímetros cuadrados

k: Factor que toma en cuenta la resistividad, el coeficiente de temperatura y la capacidad térmica volumétrica del conductor, y las temperaturas inicial y final del mismo. El factor k para conductores de línea de cobre de secciones de hasta 300mm² y aislados en PVC es de 115 (Ver tabla 771.19.II de AEA 90364).

Por lo tanto para determinar el valor mínimo de sección:

$$S \geq I / (k * \sqrt{t})$$

$$S \geq 3200A / (115 * \sqrt{0,1s})$$

$$S \geq 8,9mm^2$$

Del resultado obtenido vemos que la sección pretendida de 6mm² no verifica la regla del tiempo de corte, es decir que la sección predeterminada no es apta para soportar durante un tiempo de 0,1 seg una corriente de cortocircuito máxima presunta de 3200A.

Por lo tanto se escoge una sección de 10mm²

Selección de Interruptor Diferencial

Conocido el valor nominal del ITM, se procede a realizar la selección del Interruptor Diferencial general que se ubicara aguas arriba del ITM. Por lo que se recurre al catalogo de la marca Schneider, y para este caso se selecciona un *Interruptor Diferencial 2P 40 A I_{ΔN}=30mA*
– A9R91240

Referencias

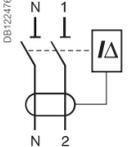
| Interruptor diferencial iID | | | | |
|---|---|-------|------------------------|-------------------------|
| Clase | Asi  | | Ancho en pasos de 9 mm | |
| Producto | iID | | | |
| Auxiliares | Puede aceptar auxiliares | | | |
| 2P | Sensibilidad | 30 mA | 300 mAs | |
|  | Calibre | 25 A | A9R91225 | 4 |
| | | 40 A | A9R91240 | A9R35240 ⁽¹⁾ |
| | | 63 A | A9R91263 | A9R35263 ⁽¹⁾ |
| | | 100 A | - | A9R35291 |

Ilustración 148-Interruptor diferencia Shneider – Características

7.5 Selección de componentes circuito de iluminación

Fuentes de alimentación

Las tiras de LED que funcionan a 12Vdc, estas son las que necesitan de una fuente de alimentación (también llamado transformador) para su funcionamiento.

Estas Fuentes de Alimentación de gran rendimiento, con grado de protección IP20, son para un uso profesional, para instalaciones en comercio, empresas, centros comerciales, rótulos,etc, donde su funcionamiento en carga tiene un uso diario de entre 12-24 horas.

Las tiras de LED se pueden conectar en paralelo sin ningún problema. Lo que debemos tener en cuenta es que la fuente de alimentación sea de la potencia suficiente para alimentar todas las tiras que se conecten en paralelo.

Por lo tanto, se calcula la potencia total que vamos a requerir en este caso utilizando 4 perfiles led de 1m cada uno.

Primero calculamos la corriente total

$$I = 4 * 1,167A = 4,67A$$

Luego, la potencia

$$P = 12V * 4,67A = 56W$$

Conocidos estos valores ahora podemos seleccionar la fuente a utilizar siendo la siguiente

- ❖ Marca: PowerSwitch
- ❖ Tensión: 12V
- ❖ Potencia 60W
- ❖ Corriente: 5A
- ❖ Apta para riel din



Ilustración 149-Fuente alimentación – Iluminación

Fotocontrol

También, en el circuito de iluminación se utiliza un Fotocontrol siendo quien controla la iluminación del elevador, el mismo es de la marca Alumine de 1500W para 220V



Ilustración 150-Fotocontrol-Iluminación

Por lo que para este circuito se podría adoptar una sección de conductor de 2,5mm² cuya corriente admisible es de 21A y una protección termomagnética de 16A:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$4,47A \leq 16A \leq 21A$$

Por lo tanto se realiza la preselección de la siguiente Termomagnética Schneider 2x16A C60N- **CURVA C - 24337**

Interruptor Diferencial

De igual manera, conocido el valor nominal del ITM correspondiente al circuito de iluminación, se procede a realizar la selección del Interruptor Diferencial que se ubicara aguas

arriba del mencionado ITM. Por lo que se selecciona un *Interruptor Diferencial 2P 25 A*
 $I_{\Delta N}=30mA - A9R91225$

7.6 Selección de componentes Circuito de Potencia

La selección del guardamotor se determina a partir de multiplicar el factor de servicio por la corriente nominal

$$FS * I_n = 1,15 * 3,38A = 3,8A$$

Por lo tanto se selecciona un guardamotor de la marca Schneider modelo Tesys Deca 2,5-4^a.



Ilustración 151-Guardamotor Schneider – Control y Maniobra

Capacidad de los contactores

La capacidad de los contactores se selecciona a partir de la corriente de arranque

$$I_a = 6,3 * I_n = 6,3 * 3,38A = 21,3A$$

Por lo tanto se seleccionan contactores trifásicos de 25A de la marca Schneider.



LC1D25M7

Contactor TeSys Deca

3P 25A AC-3 220V AC 50/60Hz

Ilustración 152-Contactor Schneider – Control y Maniobra

Por lo que para el circuito de potencia se podría adoptar una sección de conductor de 4mm² cuya corriente admisible es de 28A y una protección termomagnética de 25 A,:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$21,3A \leq 25A \leq 28A$$

Se realiza la selección de la siguiente Termomagnética Schneider 2x 25A C60N- **CURVA**
D - 24662

Variador de Velocidad

Se opto por un Variador Velocidad SIEMENS Sinamics V20 1kW 6SL32105BE211UV0. Este dispositivo es el encargado de brindar la velocidad requerida en el motor y se seleccionó considerando los parámetros de corriente y potencia correspondientes.



Ilustración 153-Variador de velocidad – Control y Maniobra

Interrupor Diferencial

Para la selección del ID correspondiente al circuito de potencia se toma como referencia el valor nominal del ITM de dicho circuito, por lo cual se selecciona un *Interrupor Diferencial 2P 40 A $I_{\Delta N}=30mA$ – A9R91240*

7.7 Selección de componentes circuito de mando y control

Fuente de alimentación

El PLC seleccionado en este caso se alimentará con 24Vcc por lo que se requiere una fuente de alimentación capaz de convertir CA a CC, entonces seleccionamos una fuente con las siguientes características;

- » Marca: PowerSwitch
- » 120W 5A 24V
- » Conexión: Entrada 220v - Salida 24v
- » Material: Metal microperforado
- » Medidas: 130 x 70 x 115 mm / peso: 0.80 kg (RIEL DIN)
- » Tensión: AC 100-240V



Ilustración 154-Fuente alimentación – Control y Maniobra

Interruptor Termomagnético

Conocida la corriente nominal del PLC, para el circuito de mando y control se podría adoptar una sección de conductor de 2,5mm² cuya corriente admisible es de 21A y una protección termomagnética de 16A,:

$$I_B \leq I_n \leq I_Z$$

$$5A \leq 16A \leq 21A$$

Por lo tanto se realiza la preselección de la siguiente Termomagnética Schneider 2x 16A C60N- **CURVA C- 24337**

Interruptor Diferencial

Para la selección del ID correspondiente al circuito de control y mando, de igual manera se toma como referencia el valor nominal del ITM de dicho circuito, por lo cual se selecciona un *Interruptor Diferencial 2P 25A I_{ΔN}=30mA – A9R91225*

7.8 Verificación por caída de tensión

Los cálculos de tensión admisible por caída de tensión se realizan según AEA

90364.771.19.7

Por otra parte, la verificación por caída de tensión la realizamos en aquellos tramos del circuito donde la longitud de los conductores lo amerite,

1. Circuitos terminales, de uso general o especial y específico, para iluminación 3%

2. Circuitos de uso específico que alimentan solo motores 5% en régimen y 15%

durante el arranque

Por medio de la siguiente expresión

$$\Delta U = k * I * L * (R \cos \theta + X \sin \theta) [V] \text{ (Ver AEA 90364.771.19.7)}$$

k: cte. que vale 2 para sistemas monofasicos y $\sqrt{3}$ para trifasicos

I: corriente asignada en A

L: longitud en km

R: resistencia electrica del conductor a la temp. de serivicio Ω/km

X: reactancia electrica del conductor a la temp. de serivicio Ω/km

θ : angulo de defasaje entre tension y corriente

Para $\cos \theta$ y $\sin \theta$ se puede tomar 0,85 y 0,53 respectivamente si no tenemos

valores mas precisos, y en el arranque de motores 0,30 y 0,95

Por lo tanto, considerando los siguientes tramos

Circuito de iluminación

L: 15m (Salida del tablero)

Sección de conductor: 2,5 mm²

$$\Delta U = k * I * L * (R \cos \theta + X \sin \theta)$$

$$\Delta U = 2 * 4,67A * 0,015\text{km} * \left(7,98 \frac{\Omega}{\text{km}} * 0,85 + 0 * 0,53 \right) = 0,95V$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{220V} = \frac{0,95V}{220V} = 0,43\%$$

Por lo tanto, verifica.

Circuito de potencia (Motor en régimen)

L=10 m (salida del tablero)

Sección de conductor: 4 mm²

$$\Delta U = k * I * L * (R \cos\theta + X \sin\theta)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 3,38A * 0,010km * \left(3,30 \frac{\Omega}{km} * 0,85 + 0 * 0,53 \right) = 0,164V$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{220V} * 100 = \frac{0,164V}{220V} * 100 = 0,074\%$$

Circuito de potencia (Arranque de Motor)

L=10 m (salida del tablero)

Sección de conductor: 4 mm²

$$\Delta U = k * I * L * (R \cos\theta + X \sin\theta)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} * 21,3 * 0,010km * \left(3,30 \frac{\Omega}{km} * 0,3 + 0 * 0,95 \right) = 0,365V$$

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{220V} * 100 = \frac{0,365V}{220V} * 100 = 0,166 \%$$

7.9 Determinación de protecciones para instalación fotovoltaica

7.9.1 Selección componentes fotovoltaicos tramo Inversor – Paneles

Para determinar la capacidad de las protecciones calculamos la tensión y corriente requerida por los mismo a partir de los datos de los paneles conectados en serie.

$$V_{OC} = 46,7V$$

$$I_{SC} = 9,23A$$

$$Tension = V_{OC} * n^{\circ}paneles * 1,2 = 46,7V * 11 * 1,2 = 616 V$$

$$Corriente = I_{SC} * 1,25 = 9,23A * 1,25 = 11,53 A$$

Fusible y Portafusible

Se selecciona un fusible con portafusible de la marca Enertik de 15A y 1000V

Porta Fusible Solar gPV 1000Vcc



| | |
|------------------------------------|--|
| Modelo | SPF-15 |
| Especificaciones eléctricas | |
| Fusible incluido | No |
| Tamaño del fusible | 10 x 38 mm |
| Corriente máxima del módulo | 32A |
| Voltaje máximo | 1000VCC |
| Sección de cable | 1 mm ² ~ 10 mm ² |

Ilustración 155-Porta fusible –Sistema Fotovoltaico

Fusible Solar 10X38mm gPV 1000Vcc 15A



| | |
|------------------------------------|------------|
| Modelo | SFUS-15 |
| Especificaciones eléctricas | |
| Capacidad del fusible | 15A |
| Tamaño del fusible | 10 x 38 mm |
| Voltaje máximo | 1000VCC |

Ilustración 156-Fusible –Sistema Fotovoltaico

Interruptor Termomagnético de CC

Este dispositivo permite la desconexión de un circuito eléctrico, cuenta con la capacidad de cortar automáticamente la corriente en caso de que se presente una sobrecarga.

Este modelo específico que se ha seleccionado tiene una corriente máxima de 16A y puede soportar una tensión máxima de CC de 1000V. Es fabricado por la marca TONGU, y es apto para ser montado en un riel DIN.



Ilustración 157-Interruptor termomagnético CC –Sistema Fotovoltaico

Descargador de sobretensiones en CC

Dispositivo de protección contra sobretensiones SSPD, protege contra sobretensiones de rayos en el sistema solar (sistema de suministro de energía fotovoltaica). Estas unidades deben instalarse en paralelo en las redes de CC para estar protegidas y proporcionar protección.

El modelo seleccionado de la marca Enertik se describe a continuación:



| | |
|------------------------------------|---|
| Modelo | LKTD2-PV1000 |
| Especificaciones eléctricas | |
| Polos | 2 |
| Corriente máxima | 40kA |
| Voltaje máximo | 1000VCC |
| Terminal | M5 |
| Sección de cable | 4 mm ² ~ 16 mm ² (flexible) / 25 mm ² (hard) |
| Datos generales | |
| Grado de protección | IP20 |
| Temperatura de trabajo | -3°C ~ +70°C |
| Dimensiones (mm) | 36 x 90 x 68 |
| Peso neto (kg) | 0.24 |

Ilustración 158-Descargador sobretensión –Sistema Fotovoltaico

Seccionador CC para sistemas solares

El seccionador de CC para sistemas solares, se encuentra diseñado para proporcionar una conexión y desconexión rápida y segura de los paneles en las instalaciones fotovoltaicas.

El modelo seleccionado es de la marca Enertik y se describe a continuación



| | |
|------------------------------------|--|
| Modelo | SISO-32 |
| Especificaciones eléctricas | |
| Función | Control y aislamiento de VCC |
| Estándar | IEC60947-3 |
| Polos | 4 |
| Corriente nominal | 32A |
| Voltaje máximo | 1000VCC |
| Torque | 2.5Nm |
| Tipo de conector | MC4, M20, M25 |
| Terminal | M5 |
| Sección de cable | 4 mm ² ~ 16 mm ² |
| Datos generales | |
| Grado de protección | IP66 |
| Temperatura de trabajo | -25°C ~ +85°C |
| Dimensiones (mm) | 166 x 108 x 108 |
| Peso neto (kg) | 0.63 |

Ilustración 159-Descargador sobretensión – Sistema Fotovoltaico

7.9.2 Selección componentes fotovoltaicos tramo Inversor – Batería

Para este tramo se toma como referencia la corriente de carga / descarga recomendada de la batería cuyo valor otorgado por el fabricante es de 50A

Por lo tanto para este tramo se encoge cable de sección 25mm² cuya corriente admisible es de 75A.

| Diámetro del cable (mm) | Sección del cable (mm ²) | Corriente máxima (A) para un cable de una longitud total de hasta 5 metros | Corriente máxima (A) para un cable de una longitud total de hasta 10 metros | Corriente máxima (A) para un cable de una longitud total de hasta 15 metros | Corriente máxima (A) para un cable de una longitud total de hasta 20 metros |
|-------------------------|--------------------------------------|--|---|---|---|
| 0.98 | 0.75 | 2.3 | 1.1 | 0.8 | 0.6 |
| 1.38 | 1.5 | 4.5 | 2.3 | 1.5 | 1.1 |
| 1.78 | 2.5 | 7.5 | 3.8 | 2.5 | 1.9 |
| 2.26 | 4 | 12 | 6 | 4 | 3 |
| 2.76 | 6 | 18 | 9 | 6 | 5 |
| 3.57 | 10 | 30 | 15 | 10 | 8 |
| 4.51 | 16 | 48 | 24 | 16 | 12 |
| 5.64 | 25 | 75 | 38 | 25 | 19 |
| 6.68 | 35 | 105 | 53 | 35 | 26 |
| 7.98 | 50 | 150 | 75 | 50 | 38 |
| 9.44 | 70 | 210 | 105 | 70 | 53 |

Ilustración 160-Secciones de cable e intensidad de corriente CC –Sistema Fotovoltaico

Fusible y Portafusible

Para este tramo de la instalación se selecciona un modelo de portafusible plano y fusible de la marca Enertik los cuales se detallan a continuación



| Modelo | FU-P |
|------------------------------------|----------------------------|
| Especificaciones eléctricas | |
| Corriente máxima | 200A |
| Voltaje | 32VCC |
| Material | Carcasa sólida de plástico |
| Color | Negro |
| Encastrable | No |
| Tamaño del fusible | 12 x 42 mm |
| Perno de conexión | M5 |
| Fusible | No incluido |
| Entrada de cable (mm) | 9.4 |
| Dimensiones (mm) | 70 x 25 x 21 |
| Peso neto (kg) | 0.05 |



| Modelo | FU-50A |
|------------------------------------|------------------|
| Especificaciones eléctricas | |
| Capacidad del fusible | 50A |
| Tamaño del fusible | 12 x 42 mm |
| Contacto | Enchapado en oro |
| Fundición | 3s@200% |

Ilustración 161-Fusible y portafusible Plano

Interruptor aislamiento de batería

Se puede usar un interruptor de aislamiento de la batería para aislar la batería del resto del circuito eléctrico.

Para este caso se utiliza un interruptor de batería on/off de 275A. De la marca VICTRON.



| | |
|---------------------------------|--|
| Max. corriente continua | 275 A |
| Calificación de un minuto | 455 A |
| Calificación de arranque | 1250 A |
| Voltaje | 48 V |
| Material terminal | Cobre estañado |
| Material de la tuerca hexagonal | Cobre estañado |
| Diámetro terminal | 3/8 pulgadas / 9,53 mm |
| Torque recomendado | 70 lbf · pulgada / 8 N · m |
| Material de base | Nailon reforzado con fibra de vidrio |
| Peso | 0.4 lb / 0.2 kg |
| Dimensiones (Al x An x Pr) | 1.8 x 6.0 x 1.25 inch 69 x 69 x 73 mm |
| Montaje | Montaje en superficie o panel trasero |
| Protección contra Ignición | ISO8846 / SAE J1171 |

Ilustración 162-Interruptor aislamiento batería –Sistema Fotovoltaico

Capítulo VIII -Diseño Sistema Fotovoltaico

8.1 Introducción

Como ya se ha mencionado, nuestro proyecto busca reducir las emisiones de GEI (Gases de efecto invernadero), y consecuentemente, evitar fenómenos naturales como el calentamiento global. Para esto deseamos generar energía eléctrica gracias a la mayor fuente de energía que encontramos en la tierra, el Sol.

La decisión de implementar este tipo de sistema es debido a las grandes ventajas que trae consigo.

Este tipo de energía es una de las fuentes más prometedoras en todo el mundo debido la gran característica de no ser contaminante, esto ayuda a un futuro sustentable y renovable ya que el Sol es una fuente inagotable y que se encuentra disponible en todo el mundo. Además, posee otra gran ventaja de no poseer partes móviles, por lo que no se generan grandes desgastes del sistema, reduciendo las partes a analizar del este y facilitando el poco mantenimiento que se le debe realizar.

Otra cualidad es la fácil y sencilla instalación que requiere este a la hora de ser colocado y operado debido a que no posee demasiadas partes, además, pueden ser instalados sobre edificios ya construidos, por lo que no hay que realizar grandes modificaciones sobre estos ni modificando el ambiente una vez ya en operación gracias a la forma segura y silenciosa de generar energía. Esta es otra gran ventaja ya que no molesta con ruidos ni vibraciones al medio ambiente ni a las personas que se encuentran sobre el establecimiento, en este caso, al tratarse de una Universidad es un punto clave que nos hizo decidir por este tipo de generación de energía.

Resumiendo, la energía fotovoltaica es generada gracias al Sol, estos nos cuentan con partes móviles por lo que no requieren demasiado mantenimiento y la vida útil de sus celdas es amplia ya que estos pueden durar décadas. Además de estas ventajas, desde la perspectiva socio económica también posee un gran abanico de ventajas contando con una instalación

simple, es un sistema “barato” (solo es costosa la instalación) que puede instalarse en casi cualquier edificio del mundo y a la vez combatir el calentamiento global. Por último, cabe mencionar que el excedente de energía generada, si es que lo hay, puede venderse a un tercero.

Los equipos fotovoltaicos pueden ser clasificados según la aplicación a la que están destinados y pueden ser

- Conectados a la red: Generan energía eléctrica para ser inyectada a la red tradicional, debido a que no requieren satisfacer una demanda directa ni garantizar la continua generación de este, no necesitan incorporar baterías ni equipos que acumulen energía, lo único que requieren es un inversor que permite el acoplamiento a la red eléctrica, para lograr esto adecua la potencia generada por los paneles a la red eléctrica.



Ilustración 163-Instalación fotovoltaica ON GRID

- Autónomos (Off – Grid): Este tipo de equipo necesita satisfacer una demanda energética determinada, es por esto que todos los equipos autónomos cuentan con un equipo de almacenamiento de energía debido a que no llega el servicio de distribución de energía.

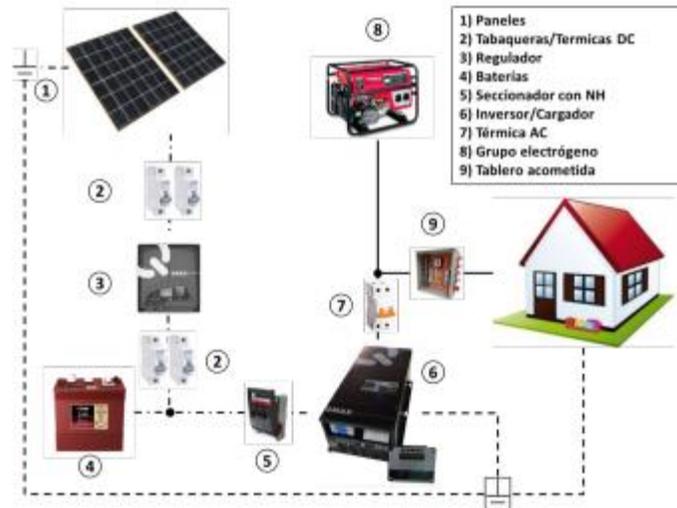


Ilustración 164-Instalación fotovoltaica OFF GRID

- **Sistemas híbridos:** Los híbridos además de estar conectados a la red también pueden estar conectados a baterías, para el funcionamiento de estos se necesitan inversores híbridos. Estos inversores transforman la DC en AC y al mismo tiempo cuando existe un corte de energía eléctrica en la red, este genera una red interna con la energía de las baterías instaladas.

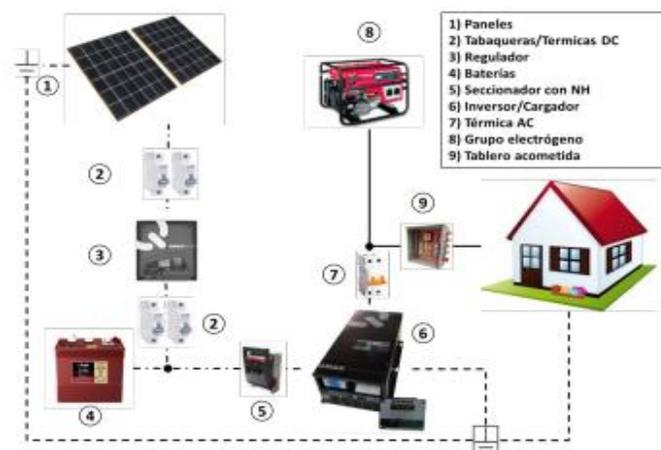


Ilustración 165-Instalación fotovoltaica híbrida.

8.2 Marco Teórico

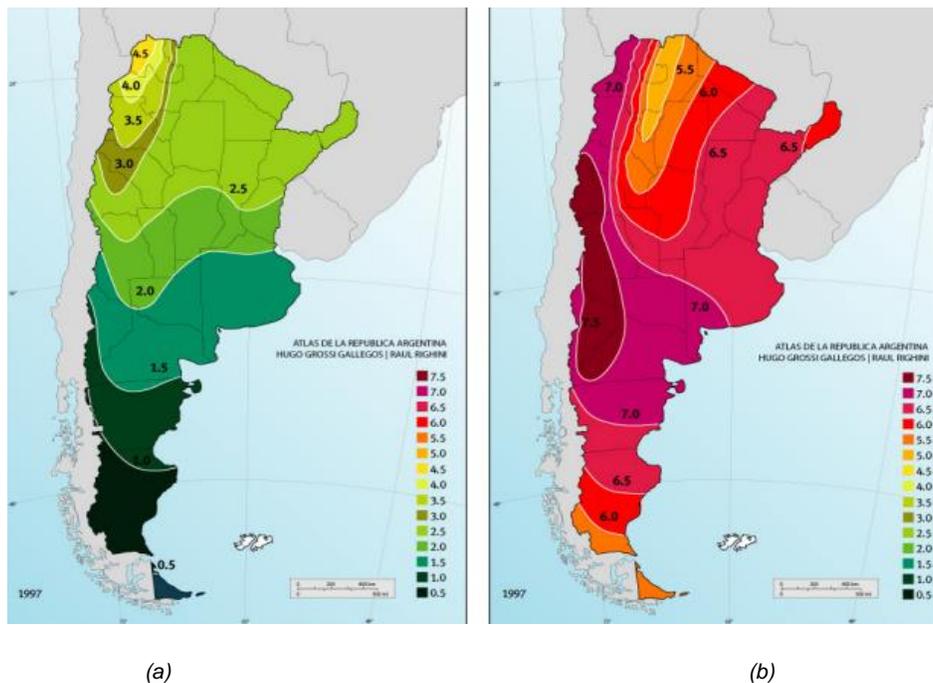
Definiciones

- Fotocorriente: Corriente eléctrica que fluye a través de dispositivos fotovoltaicos.
- Corriente de oscuridad: Corriente eléctrica casi nula que circula a través de dispositivos fotosensibles y es generada por electrones y huecos independientemente de la presencia de luz.
- Eficiencia panel: Es la relación entre la potencia generada y la potencia de radiación incidente.

Argentina es uno de los mayores países en el mundo con capacidad para contar con el recurso natural del Sol y tranquilamente podría ser pionero en esta tecnología.

En la siguiente figura se muestra la irradiación solar media anual por unidad de superficie en el territorio nacional en su nivel mínimo (a), siendo esta figura representativa a un mes invernal y la (b) análoga a un mes del verano.

Ilustración 166-Irradiación media anual por unidad de superficie



Como se puede observar, en invierno los niveles caen, pero igualmente no son negativos, mientras que en verano son resultados más que satisfactorios.

También cabe destacar que existen 3 tipos de irradiaciones;

- Irradiancia directa: Esta es la que se obtiene directamente del Sol.
- Irradiancia difusa: Es la que llega a la tierra luego de ser desviada por la dispersión atmosférica.
- Irradiancia reflejada: La irradiación que se ve reflejada en distintos suelos.

La irradiancia solar global es la sumatoria de estas tres irradiaciones y a la que se le a dado un valor de referencia de 1.000W/m^2 .

Paneles Solares

Los módulos fotovoltaicos o paneles solares son los encargados de convertir la energía radiante del sol en energía eléctrica, estos producen electricidad a partir de la luz que incide sobre ellos. La eficiencia de conversión de un módulo depende fundamentalmente de la tecnología que se utiliza para fabricar el mismo, siendo los de silicio monocristalino los más eficientes.

Generalmente los paneles más fabricados y comercializados son los de silicio debido a sus correctas eficiencias que rondan el 18% y además poseen una gran relación de rendimiento en función del precio, detalle no menor. Existen tecnologías más caras con mayor eficiencia, para este proyecto no hace falta debido a que son muy costosas y por lo general solo se utilizan en la industria aeroespacial.

Los paneles están compuestos por unidades más pequeñas llamadas celdas fotovoltaicas, mientras más celdas halla, más grande será el tamaño del panel. Al mismo tiempo, varios paneles constituyen una cadena o arreglo, estos se interconectan dentro de cada módulo;

Ilustración 167-Ilustración 140 - Composición paneles fotovoltaicos

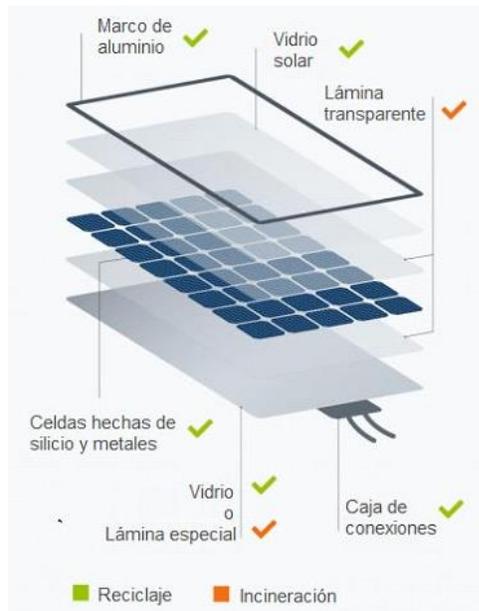


Resumiendo, a las celdas de silicio se las puede clasificar en;

- Silicio monocristalino: Tienen una estructura cristalina uniforme donde sus átomos están alineados perfectamente, formando un único cristal.
- Silicio policristalino: Poseen una estructura cristalina pero esta vez se encuentra ordenada por regiones, en la que sus átomos presentan diversas direcciones.
- Silicio amorfo: Cuentan con un material semiconductor que se deposita como película fina en distintos soportes, lo que permite producir módulos tanto flexibles como rígidos.

Además de las celdas, que son la parte principal del panel, también se cuenta con una superficie sobre la cual montarse e interconectarse y al mismo tiempo proteger al sistema de ataques climáticos por lo que se la recubre de la siguiente manera;

Ilustración 168-Estructura modulo fotovoltaico.

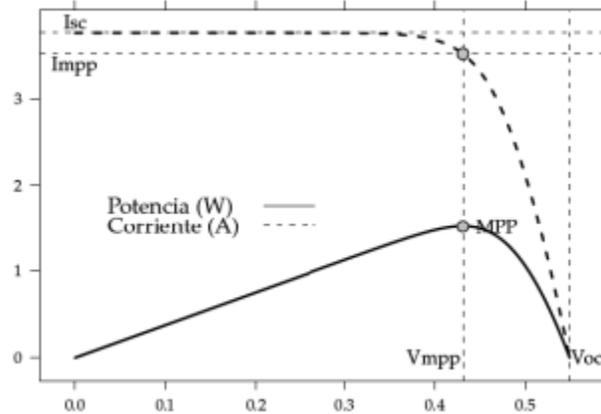


El funcionamiento de una celda solar se basa en la corriente que posee una célula solar, esta es un balance entre la fotocorriente y la corriente de oscuridad, que depende de la tensión aplicada.

Como se puede apreciar en el gráfico de la imagen, cuando la tensión aplicada es nula, es decir, la célula se encuentra en cortocircuito, la corriente se debe exclusivamente a la fotocorriente. Luego este valor permanece constante hasta el valor de tensión en el que el diodo comienza a conducir, después de esto la corriente disminuye hasta un valor nulo en el punto de la fotocorriente y la corriente de oscuridad quedan compensadas.

El gráfico presentado es la curva I-V, esta es la función más estudiada dentro de una celda fotovoltaica ya que cada panel posee una curva característica que describe su funcionamiento bajo distintas condiciones de trabajo;

Ilustración 169-Curva I-V.



I_{sc} (Corriente de corto): Esta corriente de cortocircuito nos marca la máxima corriente extraíble del panel.

V_{oc} (Tensión circuito abierto): Nos indica la máxima tensión obtenible de un panel. Se mide la tensión sin carga.

I_{mpp} : Es la corriente del punto de máxima potencia, esta nos muestra la corriente que entrega el panel en el punto de mayor potencia.

V_{mpp} : Tensión del punto de máxima potencia. Indica la tensión que brinda la celda en el punto de mayor potencia.

P_{max} : Potencia máxima entregada por el panel solar.

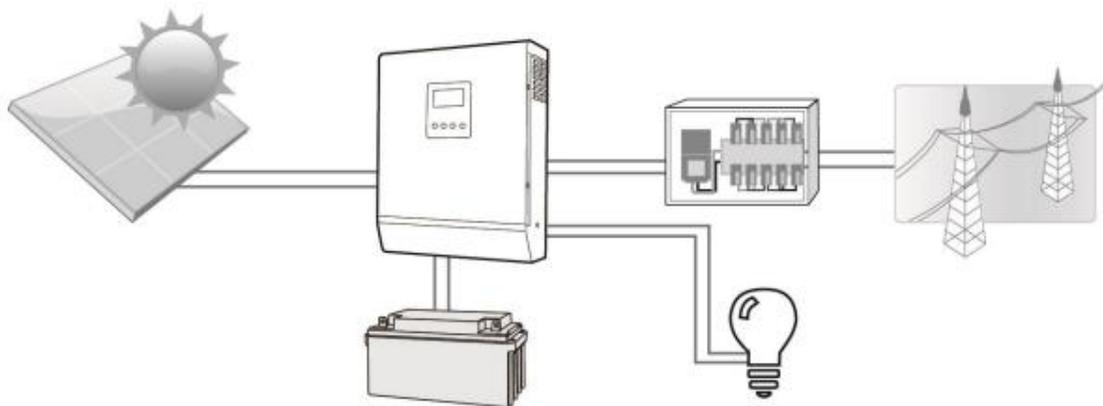
Inversor

Este dispositivo es el encargado de inyectar la energía generada por los módulos solares a la red eléctrica, la energía producida se encuentra en forma de corriente continua, por lo que debe ser convertida en corriente alterna para ingresar a la red, además se deben ajustar la frecuencia, tensión y fase a dichos valores instantáneos.

El funcionamiento es similar al de una fuente de corriente cuya forma es senoidal pura mientras que los niveles de tensión y frecuencia van a depender de los presentes en el

conexionado. Estos trabajan en paralelo a la red de distribución y no pueden trabajar a distintos niveles de tensión ya que se encuentran limitados por el código de red del país.

Ilustración 170-Componentes sistema fotovoltaico



Protecciones eléctricas

Cumplen la función de proteger a las instalaciones sobre fallas eléctricas ya sea sobrecargas, cortocircuitos o sobretensiones. Además, también se encargan de proteger a las personas.

Estas protecciones son una parte fundamental de la instalación.

Cables de conexión

Se recomienda que las caídas de tensiones AD y AC no superen el 1,5% de las tensiones nominales de cada una, por lo que se requiere estimar tanto la sección como la distancia que se desea utilizar en función de la tensión que se piensa lograr.

8.3 Diseño sistema fotovoltaico

Para la fabricación del sistema que utilizaremos se optó por seguir la *Guía del Recurso Solar* de la Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética, de la secretaria de Energía de la Nación Argentina.

Luego de comparar distintos sistemas se optó por diseñar un sistema de generación eléctrica fotovoltaica mediante un sistema On – Grid híbrido debido a las ventajas que este trae consigo. La elección se debe principalmente a la posibilidad de seguir utilizando el elevador aun en caso de corte eléctrico de la red por lo que no se vería interrumpido el servicio ni la imposibilidad de transportar personal con condiciones diferentes en el establecimiento.

El motor del elevador posee 1,1kW de potencia, el sistema fotovoltaico deberá superar este consumo más el de la luminaria que si bien es poco, se ha calculado que por día se consumirán 2kW solo con el motor, sensores y tiras LED, en caso de superar este consumo, lo restante puede ser inyectado a la red.

A continuación, se detalla el consumo total de la instalación:

$$Pot. total = Pot. motor * FS + Pot. electronica e Ilum.$$

$$Pot. total = 1,1 KW * 1,25 + 0,8KW$$

$$Pot. total \approx 2 KW$$

Luego, estimamos el consumo diario, considerando el peor escenario posible, en el cual el elevador ha sido utilizado de manera constante. Para este propósito, suponemos un máximo de 4 horas de funcionamiento durante todo el día:

$$Etotald \approx 2 KW * 4hs \approx 8 kW * h$$

Por lo tanto, para calcular el consumo mensual excluyendo los domingos, multiplicaríamos el consumo diario estimado por el número de días hábiles en el mes. Suponiendo que el mes tiene 31 días y que hay cuatro domingos en este mes, el número de días hábiles sería aproximadamente de 25 días hábiles:

$$Etotalmes \approx 8 kW * h * 25 dias \approx 200 KWh por mes$$

Lugar de instalación

Como ya se mencionó anteriormente, en este proyecto nos enfocamos en instalar el elevador en el establecimiento educativo UTN FRCH, ubicado en la ciudad de *Puerto Madryn*,

Chubut, Argentina por lo que los siguientes cálculos estarán dedicados a una aplicación del elevador y paneles solares en dicha ubicación.

Debido a que se colocaran en el techo del edificio, no se verán afectados por la aparición de sobras ni estructuras que afecten al sistema.



Ilustración 171-Ubicación Geográfica UTN FRCH

Como se piensa instalar estos equipos en la Universidad Tecnológica Facultad Regional Chubut, tendremos en cuenta que el consumo en el periodo de meses de vacaciones disminuirá, por lo que, en los meses de diciembre, enero y febrero, como se puede observar en el gráfico, el consumo baja notablemente, aunque haya alumnos que en estas fechas se dedican a rendir exámenes finales y continua personal trabajando, el consumo no es el mismo que en el resto del año.

Luego analizar el consumo del establecimiento se comprobó que el mes de mayor consumo energético es septiembre, en este mes se ha registrado un consumo de 12303kWh.

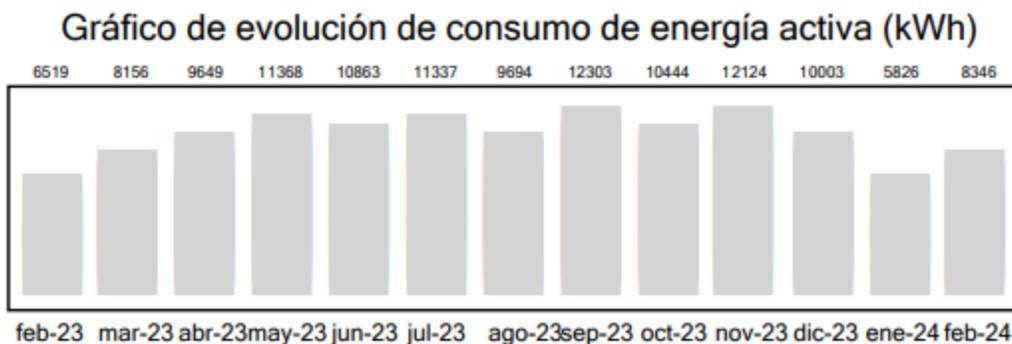


Ilustración 172-Consumo eléctrico UTN FRCH

Al consumo de septiembre, le sumaremos el consumo mensual calculado que poseerá el elevador sustentable:

$$\text{Consumo Total} = 200 \text{ kWh} + 12303 \text{ kWh} = 12503 \text{ kWh}$$

Según datos de la NASA, en esta localización los ángulos óptimos y la cantidad de irradiación máxima captada en cada mes son los siguientes;

| PARAMETROS | JAN | FEB | MAR | APR | MAY | JUN | JUL | AUG | SEP | OCT | NOV | DEC |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| IRRADIANCIA OPTIMA | 7.86 | 7.1 | 6.07 | 4.84 | 3.57 | 2.94 | 3.59 | 4.0 | 5.29 | 6.24 | 7.18 | 7.96 |
| ANGULO DE SUPERFICIE OPTIMA | 10.0 | 19.5 | 34.0 | 47.5 | 57.0 | 61.5 | 59.0 | 53.0 | 39.5 | 24.0 | 11.0 | 4.0 |
| ORIENTACION | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N | N |

Ilustración 173-Valores irradiación máxima mensual

Como se observa en el mes de septiembre se define un ángulo óptimo para dicho mes de 39,5° y una irradiación de 5,29 kW-h/m² por día, estos datos son del año 2021 ya que es el último año del que posee datos la plataforma de la NASA.

Una vez obtenido estos datos, se procede a calcular la pérdida de eficiencia por inclinación deficiente en los meses restantes, para esto utilizaremos las tablas de transposición para una inclinación de 40° y Acimut=±60 para la provincia de Chubut. La siguiente tabla fue adquirida de la secretaria de Energía de la Nación.

Tabla 19-Tabla de transposición

TABLA 5 - R = R_T/R Latitud = 43°12' Localidad : Trelew Aero Provincia : Chubut
Acimut = +60°

| β° | Ene | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | ANUAL |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 0 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 5 | 1,00 | 1,01 | 1,01 | 1,03 | 1,05 | 1,07 | 1,06 | 1,04 | 1,02 | 1,01 | 1,00 | 1,00 | 1,03 |
| 10 | 1,00 | 1,01 | 1,03 | 1,06 | 1,11 | 1,14 | 1,13 | 1,08 | 1,04 | 1,02 | 1,00 | 1,00 | 1,05 |
| 15 | 1,00 | 1,01 | 1,04 | 1,09 | 1,16 | 1,20 | 1,19 | 1,11 | 1,06 | 1,02 | 1,00 | 0,99 | 1,07 |
| 20 | 0,99 | 1,01 | 1,05 | 1,11 | 1,20 | 1,26 | 1,24 | 1,15 | 1,07 | 1,02 | 0,99 | 0,99 | 1,09 |
| 25 | 0,98 | 1,01 | 1,05 | 1,13 | 1,24 | 1,31 | 1,29 | 1,17 | 1,08 | 1,02 | 0,98 | 0,97 | 1,10 |
| 30 | 0,96 | 1,00 | 1,05 | 1,14 | 1,27 | 1,36 | 1,33 | 1,19 | 1,08 | 1,01 | 0,97 | 0,96 | 1,11 |
| 35 | 0,94 | 0,98 | 1,04 | 1,15 | 1,30 | 1,39 | 1,36 | 1,21 | 1,08 | 1,00 | 0,95 | 0,94 | 1,11 |
| 40 | 0,92 | 0,97 | 1,03 | 1,15 | 1,32 | 1,42 | 1,39 | 1,21 | 1,07 | 0,98 | 0,93 | 0,91 | 1,11 |
| 45 | 0,90 | 0,94 | 1,02 | 1,15 | 1,33 | 1,44 | 1,40 | 1,22 | 1,06 | 0,96 | 0,91 | 0,89 | 1,10 |
| 50 | 0,87 | 0,92 | 1,00 | 1,14 | 1,33 | 1,46 | 1,41 | 1,21 | 1,05 | 0,94 | 0,88 | 0,86 | 1,09 |
| 55 | 0,84 | 0,89 | 0,98 | 1,12 | 1,33 | 1,48 | 1,42 | 1,20 | 1,03 | 0,91 | 0,85 | 0,83 | 1,07 |
| 60 | 0,81 | 0,86 | 0,95 | 1,10 | 1,32 | 1,48 | 1,41 | 1,19 | 1,00 | 0,89 | 0,82 | 0,79 | 1,05 |
| 65 | 0,77 | 0,83 | 0,92 | 1,08 | 1,30 | 1,45 | 1,40 | 1,16 | 0,97 | 0,85 | 0,78 | 0,76 | 1,02 |
| 70 | 0,74 | 0,79 | 0,89 | 1,05 | 1,28 | 1,43 | 1,37 | 1,14 | 0,94 | 0,82 | 0,75 | 0,72 | 0,99 |
| 75 | 0,70 | 0,76 | 0,85 | 1,01 | 1,25 | 1,40 | 1,34 | 1,10 | 0,91 | 0,78 | 0,71 | 0,68 | 0,96 |
| 80 | 0,66 | 0,72 | 0,81 | 0,97 | 1,21 | 1,36 | 1,31 | 1,06 | 0,87 | 0,74 | 0,67 | 0,64 | 0,92 |
| 85 | 0,62 | 0,68 | 0,77 | 0,93 | 1,16 | 1,32 | 1,26 | 1,02 | 0,82 | 0,70 | 0,63 | 0,60 | 0,88 |
| 90 | 0,58 | 0,63 | 0,73 | 0,88 | 1,12 | 1,27 | 1,21 | 0,97 | 0,78 | 0,66 | 0,59 | 0,56 | 0,83 |

Fuente: Secretaría de Energía de la Nación

| MES | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|-----------------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| Irradiación superficie horizontal | 7,75 | 6,69 | 5,07 | 3,38 | 2,07 | 1,54 | 1,88 | 2,66 | 4,18 | 5,73 | 7,03 | 7,93 |
| coeficiente de trasposición R | 0,92 | 0,97 | 1,03 | 1,15 | 1,32 | 1,42 | 1,39 | 1,21 | 1,07 | 0,98 | 0,93 | 0,91 |
| H Meses $\beta=40^\circ$ | 7,13 | 6,49 | 5,22 | 3,89 | 2,73 | 2,19 | 2,61 | 3,22 | 4,47 | 5,62 | 6,54 | 7,22 |

Ilustración 174-Perdida por inclinación deficiente

Luego mediante los discos de irradiación cuantificamos las perdidas por desviación de la condición óptima de inclinación ya que al estar orientado con acimut =60° debido a que los paneles solares se encuentran inclinados al NORESTE, el porcentaje de perdidas serán del 25%.

CHUBUT

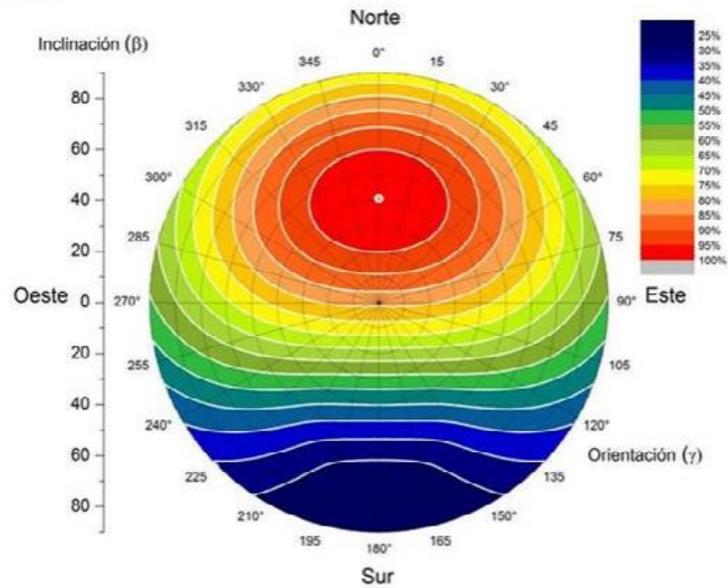


Ilustración 175-Discos de irradiación

Se observa que mediante el ingreso de las variables se obtiene un rendimiento igual al 75% debido a que está inclinado hacia el noreste, entonces afectamos la irradiación con este factor y obtenemos:

| MES | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|---------------------------------|-------|---------|-------|-------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|
| $\beta=40^\circ$ y 25% pérdidas | 5,35 | 4,87 | 3,92 | 2,92 | 2,05 | 1,64 | 1,96 | 2,41 | 3,35 | 4,21 | 4,90 | 5,41 |

Ilustración 176-Valores beta

Una vez obtenido estos datos, ya tenemos la cantidad de energía que se capta teóricamente por metro cuadrado a una inclinación del panel de 40° y un asimut de 60° .

Cantidad de Energía;

$$E = 3,35 \frac{kWh}{m^2 \times dia}$$

Horas solares por día;

$$hs = \frac{3,35 \frac{kWh}{m^2 \times dia}}{1 \frac{kWh}{m^2}} = 3,35hs \text{ por dia}$$

Horas solares año;

$$hs \text{ año} = \frac{3,35hs}{dia} \times 365 \text{ dias} = 1223hs$$

Una vez calculados estos datos, seleccionamos el modelo del panel solar con sus respectivas características.

El equipo del que disponemos en la universidad tiene una potencia de 325 W y pertenece a la marca BYD, modelo P6K-36 Series-4BB-156.75P. Para el caso específico de llevar a cabo el proyecto en la UTN FRCH, consideramos que esta opción es la más viable debido a la disponibilidad que ofrecen estos paneles. Las características de este son las siguientes;

| STC | | | | | |
|---------------------------------|--------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Item | Module | BYD 310P6K-36 | BYD 315P6K-36 | BYD 320P6K-36 | BYD 325P6K-36 |
| Open Circuit Voltage (Voc) | | 45.79 V | 46.09 V | 46.39 V | 46.69 V |
| Maximum Operating Voltage (Vmp) | | 36.38 V | 36.58 V | 36.78 V | 36.98 V |
| Short Circuit Current (Isc) | | 8.99 A | 9.07 A | 9.15 A | 9.23 A |
| Maximum Operating Current (Imp) | | 8.52 A | 8.61 A | 8.70 A | 8.79 A |
| Maximum Power in STC (Pmax) | | 310 Wp | 315 Wp | 320 Wp | 325 Wp |
| Module Efficiency | | 15.9% | 16.2% | 16.4% | 16.7% |
| Operating Temperature | | | | | -40 °C ~85 °C |
| Max. Fuse Current Rating | | | | | 15 A |
| Maximum System Voltage | | | | | 1500 VDC |
| Power Tolerance | | | | | 0-5W |
| Application Classes | | | | | Class A |

Ilustración 177- Características Técnicas Modulo Fotovoltaico

Cálculo de cantidad de Paneles a utilizar

Para obtener el número de paneles necesarios utilizamos la siguiente formula característica;

$$P_{min} = \frac{W \times G_{cem}}{G_{dm} \times PR}$$

Donde;

Wd: Consumo energético diario.

Gcem: Irradiancia en condiciones standard.

Gdm: Valor medio mensual de irradiación diaria sobre la superficie del generador inclinado un ángulo β y con orientación azimut α

PR: Rendimiento energético de la instalación (Sistema con inversor PR = 0,7)

$$P_{min} = \frac{W \times G_{cem}}{G_{dm} \times PR} = \frac{8000 \frac{Wh}{dia} \times 1000 \frac{w}{m^2}}{3350 \frac{Wh}{m^2 \times dia} \times 0,7} = 3411w$$

$$N^{\circ} \text{ Paneles} \geq \frac{P_{min}}{P_{panel}} = \frac{521,5w}{325w} \geq 10,49$$

Por lo tanto, se utilizarán como mínimo 11 paneles fotovoltaicos

La potencia instalada será;

$$P_{ins} = P_{panel} \times N^{\circ} \text{ Paneles} = 325w \times 11 \text{ paneles} = 3575w$$

Calculo potencia máxima del generador

$$P_{gen \ min} \leq P_{gen} \leq 1,2 \times P_{gen \ min}$$

$$3411 \ W \leq 3575 \ W \leq (1,2 * 3411W)$$

$$3411 \ W \leq 3575 \ W \leq 4093 \ W$$

Se verifica la potencia máxima

Cálculo de pérdidas por efecto de la temperatura e irradiancia

La temperatura de trabajo de una célula solar depende de la temperatura ambiente y de la irradiancia. Se calcula utilizando la siguiente formula:

$$T_c = T_a + \frac{TONC - 20}{800} \times g$$

Donde:

Tc: Temperatura de trabajo de la célula (°C)

Ta: Temperatura ambiente (°C)

TONC: Temperatura de operación nominal de la célula (°C)

G: Irradiancia (W/m2)

Según los datos brindados por el fabricante, tenemos;

TONC = 45°

Por lo que los valores de temperatura en cada mes serán;

| MES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Temp a 2 mts | 20,99 | 20,14 | 17,82 | 13,74 | 9,97 | 6,82 | 6,06 | 7,78 | 10,07 | 13,1 | 16,46 | 19,28 |
| Temp max | 38,77 | 37,8 | 35,2 | 30,07 | 24,83 | 18,61 | 18,3 | 22,06 | 25,65 | 30,83 | 32,56 | 35,69 |
| Temp min | 8,19 | 7,01 | 5,91 | 2,33 | 0,14 | -5,5 | -4,63 | -2,34 | -1,66 | -1,1 | 2,88 | 6,45 |
| Irradiancia sup hor | 7,75 | 6,69 | 5,07 | 3,38 | 2,07 | 1,54 | 1,88 | 2,66 | 4,18 | 5,73 | 7,03 | 7,93 |
| TONC | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| T.celda (°C) | 70,02 | 69,05 | 66,45 | 61,32 | 56,08 | 49,86 | 49,55 | 53,31 | 56,9 | 62,08 | 63,81 | 66,94 |

Ilustración 178-Valores temperatura en celdas

Con esto, se procede a calcular la diferencia de temperatura en cada mes, que viene dado por la expresión:

$$\Delta t = \text{Tem. celda} - \text{Temp celda a STC}$$

Según la ficha técnica del módulo el valor de la Temperatura de celda a STC es de 25°C.

Tendremos;

| MES | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Sept. | Oct. | Nov. | Dic. |
|-----------------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Δt (°C) | 45,02 | 44,05 | 41,45 | 36,32 | 31,08 | 24,86 | 24,55 | 28,31 | 31,9 | 37,08 | 38,81 | 41,94 |

Ilustración 179-Valores variación de temperatura.

Ahora procedemos a calcular las variaciones de tensiones, corrientes y potencias producto de estas temperaturas, obteniendo los respectivos coeficientes de la ficha del panel;

| | |
|----------------|-------|
| Coef temp Pmax | -0,39 |
| Coef temo Voc | -0,31 |
| Coef Isc | 0,07 |

| MES | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Sept. | Oct. | Nov. | Dic. |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|---------|----------|---------|----------|----------|----------|
| Δt (°C) | 45,02 | 44,05 | 41,45 | 36,32 | 31,08 | 24,86 | 24,55 | 28,31 | 31,9 | 37,08 | 38,81 | 41,94 |
| ΔP_m (%) | -17,5578 | -17,1795 | -16,1655 | -14,1648 | -12,1212 | -9,6954 | -9,5745 | -11,0409 | -12,441 | -14,4612 | -15,1359 | -16,3566 |
| ΔV_{oc} (%) | -13,9562 | -13,6555 | -12,8495 | -11,2592 | -9,6348 | -7,7066 | -7,6105 | -8,7761 | -9,889 | -11,4948 | -12,0311 | -13,0014 |
| ΔI_{sc} (%) | 3,1514 | 3,0835 | 2,9015 | 2,5424 | 2,1756 | 1,7402 | 1,7185 | 1,9817 | 2,233 | 2,5956 | 2,7167 | 2,9358 |

Ilustración 180-Valores variación de tensión, corriente y potencia.

Por lo tanto, los valores de potencia corregida por efectos de la irradiación y temperatura se determinan con;

$$\text{Valor } P_{max} \text{ corr} = [(100\% + \text{Variacion de } P_{men}\%) / 100\%] * P_{max} \text{ a STC}$$

La energía generada será;

| MES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|-------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Valor P.máx Corregida (W) | 8285,4 | 8323,5 | 8425,4 | 8626,4 | 8831,8 | 9075,6 | 9087,8 | 8940,4 | 8799,7 | 8596,6 | 8528,8 | 8406,2 |
| Horas Solares | 7,8 | 6,7 | 5,1 | 3,4 | 2,1 | 1,5 | 1,9 | 2,7 | 4,2 | 5,7 | 7,0 | 7,9 |
| E. generada (con 1 panel) Wh | 64212,2 | 55683,9 | 42716,6 | 29157,4 | 18281,9 | 13976,4 | 17085,0 | 23781,4 | 36782,7 | 49258,8 | 59957,8 | 66660,9 |
| E. generada (con 11 panel) Wh | 706333,9 | 612523,4 | 469882,7 | 320730,9 | 201100,5 | 153740,9 | 187934,9 | 261595,8 | 404609,3 | 541846,8 | 659535,4 | 733269,5 |
| Energía total generada en Kwh | 706,3 | 612,5 | 469,9 | 320,7 | 201,1 | 153,7 | 187,9 | 261,6 | 404,6 | 541,8 | 659,5 | 733,3 |

Ilustración 181-Valores Energía generada.

8.3.1 Selección Inversor

Para la selección del inversor contamos con los siguientes datos del panel elegido;

- Potencia máxima (P_{máx}) 0,325kw
- Voltaje nominal (VMPP) 36,98V
- Corriente (IMPP) 8,79 A
- Tensión en circuito abierto (VOC) 46,69V
- Corriente en corto circuito (ISC) 9,23A

Valores nominales de la instalación para 11 paneles en serie:

$$V_{oc\ nom} = V_{oc} \times n \text{ paneles} = 46,69 \text{ V} \times 11 \text{ paneles} = 513,69 \text{ V}$$

$$V_{MPPT\ nom} = V_{MPPT} \times n \text{ paneles} = 36,98 \text{ V} \times 11 \text{ paneles} = 406,78 \text{ V}$$

$$I_{SC\ nom} = I_{SC} \times n \text{ filas} = 9,23 \text{ A} \times 1 \text{ fila} = 9,23 \text{ A}$$

$$I_{MPPT\ nominal} = I_{MPPT} \times n \text{ filas} = 8,79 \text{ A} \times 1 \text{ fila} = 8,79 \text{ A}$$

El inversor seleccionado es del mismo proveedor nacional que los paneles, de marca Enertik, y como se mencionó anteriormente, este debe ser un inversor híbrido para poder utilizar una batería en caso de un corte en la red;



| ESPECIFICACIONES | | | | |
|---------------------------------|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------|
| Modelo | HGI-1K-12 | HGI-2K-24 | HGI-3K-48 | HGI-4K-48 |
| Potencia máxima de panel | 1000W | 2000W | 3000W | 4000W |
| Potencia máxima de panel | 1000W | 2000W | 3000W | 4000W |
| Voltaje de entrada máximo | 145VCC | | | |
| Rango de entrada MPPT | 15 - 115VCC | 30 - 115VCC | 60 - 115VCC | |
| Voltaje nominal MPPT | 80VCC | | | |
| Conexiones MPPT | 1 | | | |
| Modo ON-GRID | | | | |
| Salida (CA) | | | | |
| Voltaje de salida | 220VCA | | | |
| Rango de voltaje | 184 - 265VCA | | | |
| Corriente de salida | 4.3A | 8.7A | 13A | 17.4A |
| Modo OFF-GRID - HÍBRIDO | | | | |
| Entrada | | | | |
| Rango de voltaje | 170 - 280VCA | | | |
| Frecuencia | 50 / 60Hz (Auto-detectable) | | | |
| Corriente máxima CA | 30A | | 40A | |
| Salida modo batería (CA) | | | | |
| Voltaje de salida | 220VCA | | | |
| Forma de onda | Senoidal pura | | | |
| Batería y cargador | | | | |
| Voltaje nominal CC | 12VCC | 24VCC | 48VCC | |
| Corriente de carga máx. solar | 80A | | | |
| Corriente de carga máx. CA | 60A | | | |
| Corriente máx. de carga | 140A | | | |
| Ambiente | | | | |
| Temperatura de operación | 0 - 50 °C | | | |
| Humedad relativa | 0 - 90% (sin condensación) | | | |
| Datos generales | | | | |
| Puerto de comunicación | USB / RS232 | | | |
| Dimensiones (LxAxA) en mm | 100 x 300 x 440 | 100 x 300 x 440 | 120 x 295 x 468 | |
| Peso neto (Kg) | 8 | 8 | 11 | |

Ilustración 182-Inversor Enertik HGI-3K-48

Por último, calculamos las pérdidas por conversión de energía, para el modelo seleccionado la eficiencia es del 97,4%, por lo tanto, tendremos un porcentaje de pérdidas del 2,6%;

| MES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Pot. Req. Con pérdidas del 2,6% | 8070,0 | 8107,1 | 8206,3 | 8402,2 | 8602,2 | 8839,6 | 8851,5 | 8707,9 | 8570,9 | 8373,1 | 8307,1 | 8187,6 |

Ilustración 183-Valores perdidas por conversión de energía

8.3.2 Selección de conductores

Para el cálculo de conductores se consideran las siguientes pérdidas admisibles;

- Inversor – Panel: 1%

Mientras que para calcular la sección del cable en DC utilizamos;

$$Seccion = \frac{2 \times long \times Impp}{\%Perdidas \times Vmpp \times Cond. Cable}$$

Donde;

- Cond. Cable: 56 Siem/m
- I_{mpp} : Intensidad en el punto de máxima potencia (A)
- V_{mpp} : Tensión en el punto de máxima potencia (V)

Por lo que tendremos;

| INV- PAN | |
|------------|-----------|
| L | 15m |
| %Perdidas | 0,01 |
| V_{mpp} | 36,98 V |
| Cond.cable | 56 Siem/m |
| I_{mpp} | 8,79 A |

Ilustración 184-Calculo tramo Inversor-Panel

Utilizando estos valores en la formula, la Sección nos dará un resultado de $14,9 \text{ mm}^2$.

Por lo que elegimos la sección normalizada por encima de $12,7 \text{ mm}^2 = \mathbf{16 \text{ mm}^2}$.

Se utilizará cable solar fotovoltaico unipolar de 16 mm^2 de CC.

8.3.3 Baterías – Instalación fotovoltaica

Este es el único punto no renovable del proyecto, pero sin este en caso de un corte imprevisto de luz, y con el pasajero ascendiendo o descendiendo, este podría quedar a medio camino, dificultando la evacuación de este. Por esta razón priorizamos la seguridad de los usuarios antes que el pequeño daño que causaría una batería que posee una vida útil larga.

Se utilizará una batería de PYLONTECH de $2,4 \text{ kWh} - 48 \text{ V}$.

Estas baterías son de Fosfato de Ion-Litio, este tipo se utiliza con muchas marcas de inversores además de ofrecer un formato cómodo y no ser tan contaminantes como otro tipo de baterías debido a que poseen una larga vida útil. Todo está monitorizado mediante el BMS interno que distribuye la energía entre las celdas y los módulos evitando que se sobrecarguen o se descarguen en exceso. Esta funcionalidad en una batería de Litio es de vital importancia.



Ilustración 185-Baterías PYLONTECH

Para el cálculo de la batería utilizamos la siguiente formula;

$$Bat = \frac{\text{consumo diario}}{\text{capacidad de bateria}}$$

Como estimamos que como máximo la autonomía de la batería será para casos extremos de 1hs, el consumo diario que deberán abastecer las baterías se calcula de la siguiente manera;

$$\text{consumo diario} = \text{consumo horario} * \text{cant. horas uso}$$

$$\text{consumo diario} = 2kWh * 1h = 2kWh$$

Entonces;

$$Bat = \frac{2kWh}{2,4kWh} = 0,83 \text{ baterias} \approx 1 \text{ bateria}$$

Por lo tanto, una sola batería será suficiente para abastecer el consumo diario del elevador en casos de emergencia debido a cortes de luz.

8.4 Instalación de módulos fotovoltaicos

La instalación de los módulos fotovoltaicos se realizará en el techo del taller de electromecánica, el mismo cuenta con una pendiente de 40%, aproximadamente 21,8°.

Por lo que para, lograr el ángulo optimo (40°) se opta por montar los módulos fotovoltaicos en soportes regulables de 15-30° con capacidad de 12 paneles. Regulando los

paneles a 18° relativos al techo, se logra una inclinación total de 40° con respecto a la horizontal. Siendo Hissuma Solar el proveedor nacional de dichos soportes para paneles.

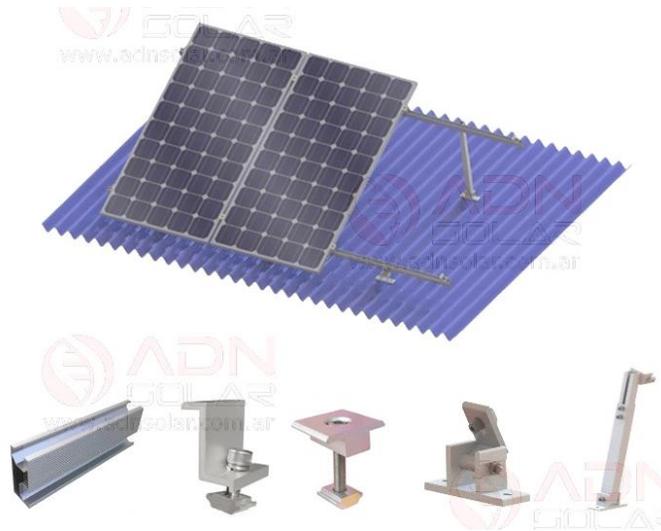


Ilustración 186-Soporte regulable panel solar

Además, la canalización de los cables fotovoltaicos hacia el tablero seccional ubicado en la sala de máquinas se realiza por medio de bandejas porta cables tipo malla, con los correspondientes accesorios y cajas de interconexión.



Ilustración 187-Bandeja Tipo Malla

A continuación, se representa el modelo en 3D del sistema fotovoltaico y sus canalizaciones

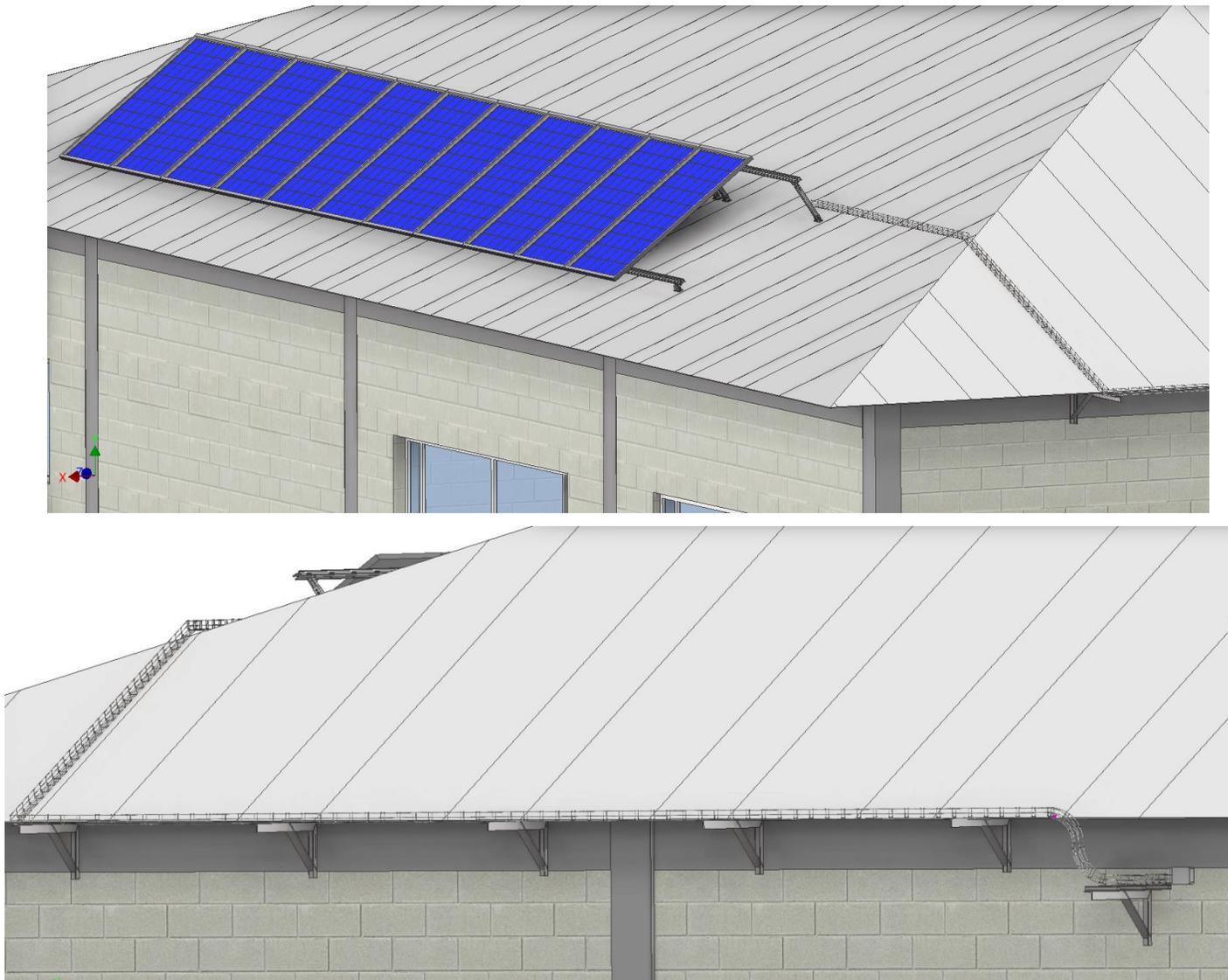


Ilustración 188-Instalaciones de paneles

8.5 Análisis económicos

Para realizar el cálculo económico, se emplearon los siguientes datos obtenidos de la factura de luz correspondiente al mes de marzo 2024, que es el mes de mayor consumo eléctrico en la universidad y a su vez, la última factura obtenida a la hora de realizar estos estudios.

| COSTOS VARIABLES DE ENERGIA | |
|-------------------------------|----------------------|
| Consumo para facturación (kW) | 12.396,00 |
| COSTO DISTR.ENERGIA | \$ 58.031,68 |
| IVA | \$ 85.802,94 |
| ENERG MEM RES.SE | \$ 207.971,35 |
| FONDO LEY | \$ 404,83 |
| Alumbrado publico | \$ 2.944,08 |
| Total | \$ 355.154,88 |
| Costo energia | \$ 28,65 |

Ilustración 189-Costos variables energía eléctrica UTN FRCH

El costo de la energía se calculó una vez obtenido el Costo Variable Total utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Costo energia} = \frac{\text{Total}}{12396kW}$$

Donde los 12396kW son los obtenidos de la factura para el mes de marzo 2024.

Como ya se ha calculado la energía generada mensualmente, y también conocemos los consumos mensuales del establecimiento, se calcula el ahorro mensual que obtendríamos con la instalación fotovoltaica. En la siguiente tabla se compara el consumo mensual de la universidad con la energía generada, proporcionando un dato de ahorro estimativo que podría llegar a darse, cabe destacar que la electricidad sobrante no se inyecta al consumo del establecimiento, sino a la red, la tabla solo es comparativa a los valores de consumo mensuales en el periodo 2023/24 (según Ilustración 172) con los de costos económicos correspondientes a marzo 2024 según el valor del costo de la energía (Ilustración 189).

| MES | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Sept. | Oct. | Nov. | Dic. |
|--------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Consumo (kWh) | 5826 | 8346 | 8156 | 9649 | 11368 | 10863 | 11337 | 9694 | 12303 | 10444 | 12124 | 10003 |
| Generacion (kWh) | 706,3 | 612,5 | 469,9 | 320,7 | 201,1 | 153,7 | 187,9 | 261,6 | 404,6 | 541,8 | 659,5 | 733,3 |
| Costo consumo (\$) | \$ 164.269,00 | \$ 235.322,53 | \$ 229.965,32 | \$ 272.061,72 | \$ 320.530,38 | \$ 306.291,48 | \$ 319.656,31 | \$ 273.330,53 | \$ 346.893,50 | \$ 294.477,42 | \$ 341.846,44 | \$ 282.043,05 |
| Venta energia (\$) | \$ 19.915,68 | \$ 17.270,62 | \$ 13.248,74 | \$ 9.043,28 | \$ 5.670,20 | \$ 4.334,85 | \$ 5.298,98 | \$ 7.375,91 | \$ 11.408,30 | \$ 15.277,83 | \$ 18.596,16 | \$ 20.675,15 |
| Ahorro | 12,12% | 7,34% | 5,76% | 3,32% | 1,77% | 1,42% | 1,66% | 2,70% | 3,29% | 5,19% | 5,44% | 7,33% |

Ilustración 190-Ahorro generado (a)

También se ha comparado el ahorro con respecto al consumo mensual generado (8.3) por el elevador sustentable, demostrando que el excedente hasta se triplicaría en verano.

| MES | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Sept. | Oct. | Nov. | Dic. |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Consumo (kWh) | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| Generacion (kWh) | 706,3 | 612,5 | 469,9 | 320,7 | 201,1 | 153,7 | 187,9 | 261,6 | 404,6 | 541,8 | 659,5 | 733,3 |
| Costo consumo (\$) | \$ 5.639,17 | \$ 5.639,17 | \$ 5.639,17 | \$ 5.639,17 | \$ 5.639,17 | \$ 5.639,17 | \$ 5.639,17 | \$ 5.639,17 | \$ 5.639,17 | \$ 5.639,17 | \$ 5.639,17 | \$ 5.639,17 |
| Venta energía (\$) | \$ 19.915,68 | \$ 17.270,62 | \$ 13.248,74 | \$ 9.043,28 | \$ 5.670,20 | \$ 4.334,85 | \$ 5.298,98 | \$ 7.375,91 | \$ 11.408,30 | \$ 15.277,83 | \$ 18.596,16 | \$ 20.675,15 |
| Ahorro | 353,17% | 306,26% | 234,94% | 160,37% | 100,55% | 76,87% | 93,97% | 130,80% | 202,30% | 270,92% | 329,77% | 366,63% |

Ilustración 191-Ahorro generado (b)

Capítulo IX -Diseño Sistema de Control

9.1 Generalidades

Como se mencionó en la introducción, este sistema electrónico tiene la responsabilidad primordial de salvaguardar la seguridad de las personas. En caso de cualquier eventualidad, el elevador notificara tanto al usuario como a los encargados del mantenimiento. Además, a través de este sistema de control, se cuenta con la opción de utilizar la botonera y el plus añadido (si es requerido) de poder acceder a las mismas opciones mediante una pantalla ubicada en el elevador para poder controlar y visualizar el sistema, modernizando el proyecto de ser necesario. Por lo tanto, se brindan dos opciones a elegir por el cliente, elevador con botonera o pantalla digital.

9.2 Panel de mando con botonera

Facilita a los usuarios la selección del piso de destino. Además, incluye botones correspondientes a cada piso que, al ser accionados, activan el sistema motriz para iniciar el desplazamiento. También cuenta con un pulsador de parada de emergencia, que detiene la plataforma instantáneamente al ser presionado en cualquier momento, y un botón de alarma sonora para situaciones de emergencia.

9.2 Pantalla

También se ofrece la opción de incorporar una pantalla en el elevador, la cual desempeñara las mismas funciones que la botonera, proporcionando un sistema más moderno.

Esta pantalla se estructura en tres pestañas:

1. Pestaña de usuario: Permitirá elegir el piso de destino y activar las funciones disponibles. A diferencia de la botonera, esta pestaña mostrara en pantalla información adicional, como el piso actual del usuario, alertas sobre el peso máximo permitido, el estado de las puertas, la activación de bordes sensibles y posibles fallos en el sistema eléctrico. También, desde esta pestaña se podrá ir a la pestaña informativa y de mantenimiento, aunque para la última solo tendrá acceso el personal de dicho sector.

Ilustración 192-Pestaña usuario, sin alarmas.





Ilustración 193-Pestaña usuario, con todas las alarmas posibles.

2. Pestaña informativa: Mostrara la fecha actual, el logo del establecimiento y las ultimas noticias de la UTN FRCH, brindando a los usuarios una bienvenida informativa y atractiva.



UTN
FRCH
FACULTAD REGIONAL CHUBUT

ELEVADOR SUSTENTABLE

CURILEN GABRIEL - PEREZ FRANCO

03/03/2024
19:00 hs

ÚLTIMAS NOTICIAS



Abiertas las inscripciones 2024 para las carreras de grado de UTN Chubut.

En esta primera instancia, quienes están interesados podrán inscribirse hasta el 22 de diciembre. La Facultad Regional Chubut de la Universidad Tecnológica

Leer más
📅 2 noviembre, 2023 · 📍 campus



Apertura Global a la Ciencia Ambiental.

La docente investigadora de UTN-FRCH e integrante del Grupo de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Acuicultura y Pesca (GIDTAP) Dra. Mónica A.

Leer más
📅 1 noviembre, 2023 · 📍 internacionalización



UTN Chubut trabaja con intendentes la oferta de formación educativa para el Valle.

De acuerdo a la demanda existente, evalúan ofertas que abarquen no solamente a jóvenes sino a sectores productivos, emprendedores/as y agentes públicos.

Leer más
📅 1 noviembre, 2023 · 📍 institucional





0280 445-4345



Ilustración 194-Pestaña informativa

3. Pestaña de Mantenimiento y Diagnostico: Reservada para el acceso exclusivo del personal de mantenimiento, esta solapa detallará información específica sobre el estado y posibles fallas del sistema eléctrico, proporcionando una herramienta crucial para el mantenimiento local y remoto. Para habilitar el control del sistema remotamente, primero se deberá presionar el botón mostrado en la Ilustración 156 **“Habilitación mantenimiento”**. Una vez controlado el sistema de forma remota, se podrán seleccionar las mismas opciones que con la botonera manual.

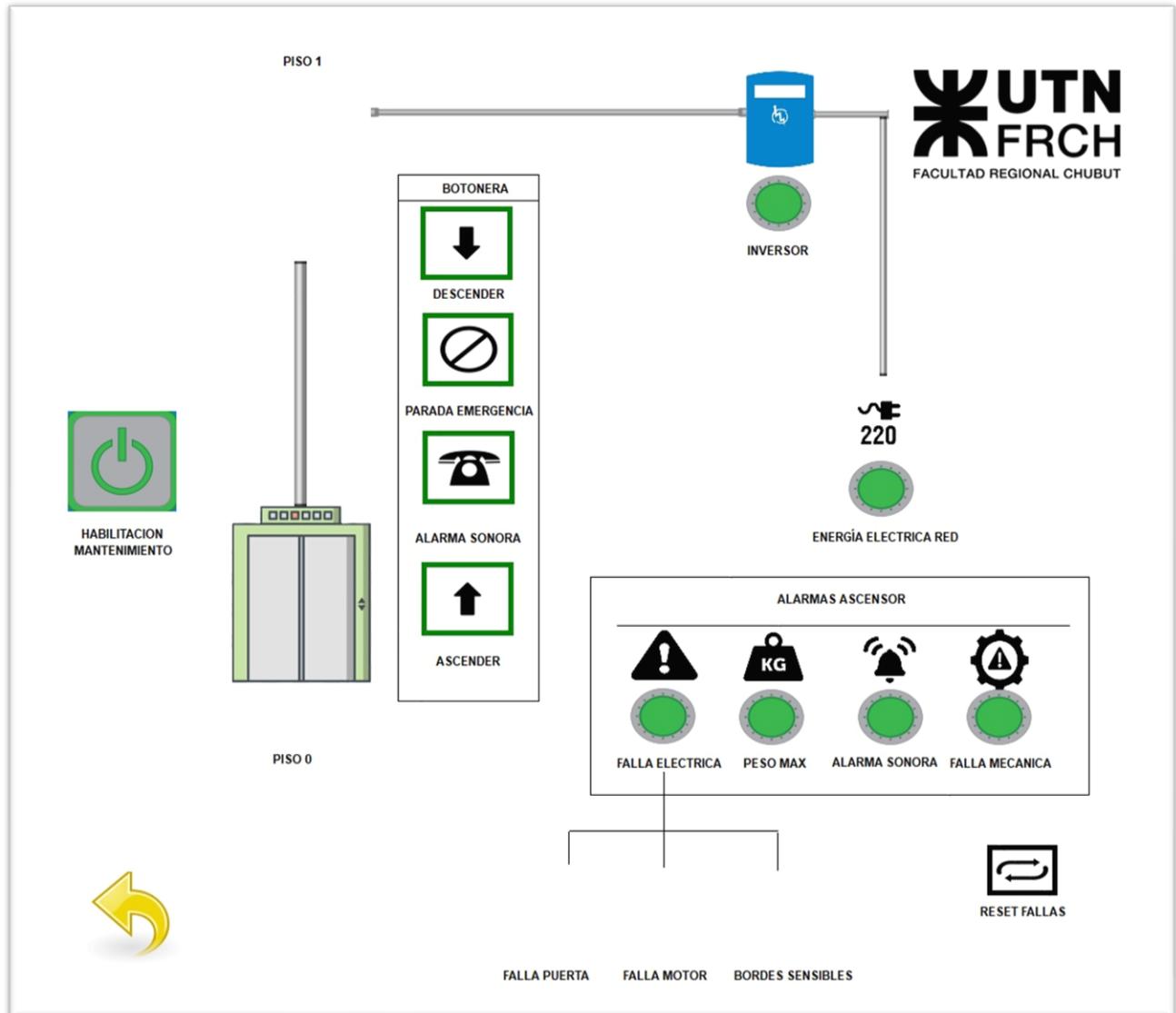


Ilustración 195-Pestaña mantenimiento, con todas las alarmas posibles.

9.3 Seguridad del Elevador

A continuación, se detallarán cada una de las distintas posibles fallas y alarmas que se pueden observar remotamente.

- **Falla eléctrica:** Este tipo de fallo puede manifestarse por tres razones diferentes: falla en el cierre de la compuerta, falla en el motor o activación de los bordes sensibles. En caso de activarse esta alarma, el motor detendrá su marcha.
- **Peso máximo:** En caso de exceder el peso máximo permitido, el elevador detectara esta condición y no permitirá su uso hasta que el peso disminuya a niveles seguros.
- **Alarma sonora:** La activación del botón de alarma sonora generará una alerta enviada al equipo de mantenimiento, notificándoles de la situación de emergencia.
- **Falla mecánica:** Si el elevador experimenta un mal funcionamiento mecánico, el sistema se detendrá automáticamente y enviará una alarma al personal encargado para su pronta intervención. Esto es gracias al limitador de velocidad.
- **Inversor:** En caso de un fallo en el inversor de los paneles solares, se enviará una señal eléctrica indicando el incidente, permitiendo una respuesta inmediata.
- **Energía eléctrica de la red:** En caso de un corte de energía eléctrica, se podrá verificar de forma remota si el ascensor también se encuentra sin suministro eléctrico de la red, proporcionando información valiosa sobre la situación.

9.4 Programación

El sistema de control ha sido desarrollado utilizando la plataforma PC WORX, y la visualización del PLC se ha llevado a cabo en WebVisit. Los detalles específicos de la programación del PLC se encuentran detallados en el Anexo X, proporcionando una referencia completa para comprender y modificar el funcionamiento del sistema de control.

Capítulo X - Presupuesto

10.1 Generalidades

A continuación, se detallará de manera generalizada un presupuesto estimativo, proporcionando una idea aproximada del costo de los materiales. Cabe mencionar que este presupuesto no incluye el costo de la mano de obra.

Además, se ha separado el listado de materiales según la parte del elevador que le corresponde, con el fin de llevar un control más preciso.

Los valores de los precios del presupuesto corresponden a Abril 2024.

10.2 Requerimiento de materiales

Plataforma de Acceso

| N° | PIEZA | PARTE | MATERIAL | MEDIDA | TIPO | CANTIDAD | PRECIO UN | TOTAL | TOTAL \$USD | Observaciones |
|-------|-----------------------|-------------------------------------|--------------|-----------|------|----------|---------------|-----------------|-------------|----------------------------|
| 1 | PIE DE APOYO 1 | PERFIL UPN 100 L=3542 | F-24 | 6 | m | 2 | \$ 169.640,00 | \$ 339.280,00 | \$ 401,51 | Sobrante 1m |
| 2 | PIE DE APOYO 1 | CHAPA 1/2" 150x150 | F-24 | 1 | m2 | 1 | \$ 319.000,00 | \$ 319.000,00 | \$ 377,51 | |
| 3 | PIE DE APOYO 2 | PERFIL UPN 100 L=3542 | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 169.640,00 | \$ 169.640,00 | \$ 200,76 | Sobrante 2m |
| 4 | PIE DE APOYO 2 | CHAPA 1/2" 100x150 | F-24 | 1000x2000 | mm | - | - | - | - | Se utiliza restante de (2) |
| 5 | BARANDA FRONTAL | TUBO 2" SCH. 40 L=1650 | ASTM A53 GrB | 6,4 | m | 1 | \$ 185.725,00 | \$ 185.725,00 | \$ 219,79 | Sobrante 4m |
| 6 | BARANDA FRONTAL | TUBO 1" SCH. 40 L=1470 | ASTM A53 GrB | 6,4 | m | 1 | \$ 115.900,00 | \$ 115.900,00 | \$ 137,16 | Sobrante 4m |
| 7 | BARANDA FRONTAL | PERFIL UPN 80 L=1100 | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 123.270,00 | \$ 123.270,00 | \$ 145,88 | Sobrante 4,5m |
| 8 | BARANDA FRONTAL | BARRA REDONDA 1/2" L=20 | F-24 | 6 | m | 7 | \$ 15.333,00 | \$ 107.331,00 | \$ 127,02 | |
| 9 | BARANDA FRONTAL | CHAPA 1/4" 53x53+34x67 | F-24 | 1 | mm2 | 1 | \$ 159.000,00 | \$ 159.000,00 | \$ 188,17 | |
| 10 | BARANDA LATERAL | TUBO 2" SCH. 40 L=3300 | ASTM A53 GrB | 6,4 | m | - | - | - | - | Se utiliza restante de (5) |
| 11 | BARANDA LATERAL | TUBO 1" SCH. 40 L=1510 | ASTM A53 GrB | 6,4 | m | - | - | - | - | Se utiliza restante de (6) |
| 12 | BARANDA LATERAL | PERFIL UPN 80 L=1100 | F-24 | 6 | m | - | - | - | - | Se utiliza restante de (7) |
| 13 | BARANDA LATERAL | BARRA REDONDA 1/2" L=20 | F-24 | 6 | m | 10 | \$ 15.333,00 | \$ 153.330,00 | \$ 181,46 | |
| 14 | BARANDA LATERAL | CHAPA 1/4" 53x53+34x67 | F-24 | 1 | m2 | 1 | - | - | - | Se utiliza restante de (9) |
| 15 | ESTRUCTURA PLATAFORMA | PERFIL UPN 100 L=11100 | F-24 | 6 | m | 2 | \$ 169.640,00 | \$ 339.280,00 | \$ 401,51 | |
| 16 | ESTRUCTURA PLATAFORMA | TUBO ESTRU. 40x40x2,9 L=13228 | F-24 | 6 | m | 3 | \$ 49.360,00 | \$ 148.080,00 | \$ 175,24 | Sobrante 4m |
| 17 | ESTRUCTURA PLATAFORMA | CHAPA ANTIDESLIZANTE 1/8" 1900x3400 | F-24 | 1900x3400 | mm | 1 | \$ 364.000,00 | \$ 364.000,00 | \$ 430,77 | |
| 18 | ESTRUCTURA PLATAFORMA | CHAPA 1/2" 50x100+150x150 | F-24 | 0,5 | m2 | 1 | \$ 189.230,00 | \$ 189.230,00 | \$ 223,94 | |
| TOTAL | | | | | | | | \$ 2.713.066,00 | \$ 3.210,73 | |

Ilustración 196-Presupuesto Plataforma.

Arcata

| N° | PIEZA | PARTE | MATERIAL | MEDIDA | TIPO | CANTIDAD | PRECIO UN | TOTAL | TOTAL \$USD | Observaciones |
|-------|--------------------|---|----------|-----------|------|----------|---------------|-----------------|-------------|---------------|
| 1 | SUBCONJUNTO ARCATA | PERFIL UPN 100 L=1613 | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 169.640,00 | \$ 169.640,00 | \$ 200,76 | Sobrante 3m |
| 2 | SUBCONJUNTO ARCATA | TUBO ESTRU. 30x30x2,5mm L=1221 | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 35.926,00 | \$ 35.926,00 | \$ 42,52 | Sobrante 2,5m |
| 3 | SUBCONJUNTO ARCATA | CHAPA 5/16" 50x32 | F-24 | 1 | m2 | 1 | \$ 195.000,00 | \$ 195.000,00 | \$ 230,77 | |
| 4 | SUBCONJUNTO ARCATA | CHAPA 1/4" 177x1201 | F-24 | 1500x1000 | mm | 1 | \$ 224.850,00 | \$ 224.850,00 | \$ 266,09 | |
| 5 | PLACA REFUERZO | CHAPA 1/2" 120x150 | F-24 | 1 | m2 | 1 | \$ 319.000,00 | \$ 319.000,00 | \$ 377,51 | |
| 6 | ARCATA CONJUNTO | COLIZA ROSMER P/ GUIA 9mm L=150 | NYLON | UN | UN | 4 | \$ 15.000,00 | \$ 60.000,00 | \$ 71,01 | |
| 7 | ARCATA CONJUNTO | GUIADOR FIJO PLANO 125P ROSMER | - | UN | UN | 4 | \$ 31.490,00 | \$ 125.960,00 | \$ 149,07 | |
| 8 | ARCATA CONJUNTO | SIST. PARACAIDAS DYNATECH IN300 9mm | COM | UN | UN | 1 | \$ - | \$ - | \$ - | |
| 9 | ARCATA CONJUNTO | TENSOR AMARRA CABLES MUELLEVARILLA M14 - CEHAM TS/10-12mm | COM | UN | UN | 2 | \$ 8.000,00 | \$ 16.000,00 | \$ 18,93 | |
| 10 | ARCATA CONJUNTO | DOSEFIC. LUBRIC. ThyssenKrupp DST04 100x90x65 | COM | UN | UN | 2 | \$ - | \$ - | \$ - | |
| 11 | ARCATA CONJUNTO | TUERCA HEX. M10 DIN 934 CAL 8 | ACERO | UN | UN | 4 | \$ 152,00 | \$ 608,00 | \$ 0,72 | |
| 12 | ARCATA CONJUNTO | TUERCA HEX. M12 DIN 934 CAL 8 | ACERO | UN | UN | 26 | \$ 222,00 | \$ 5.772,00 | \$ 6,83 | |
| 13 | ARCATA CONJUNTO | TORN. CAB. HEX. M10x25 DIN 933 CAL 8.8 | ACERO | UN | UN | 4 | \$ 462,00 | \$ 1.848,00 | \$ 2,19 | |
| 14 | ARCATA CONJUNTO | TORN. CAB. HEX M12x30 DIN 933 CAL 8.8 | ACERO | UN | UN | 20 | \$ 617,00 | \$ 12.340,00 | \$ 14,60 | |
| 15 | ARCATA CONJUNTO | TORN. CAB. HEX M12x60 DIN 933 CAL 8.8 | ACERO | UN | UN | 6 | \$ 804,00 | \$ 4.824,00 | \$ 5,71 | |
| TOTAL | | | | | | | | \$ 1.171.768,00 | \$ 1.386,71 | |

Ilustración 197-Presupuesto Arcata

Sistema Motriz (Tambor de arrollamiento y Eje)

| N° | PIEZA | PARTE | MATERIAL | MEDIDA | TIPO | CANTIDAD | PRECIO UN | TOTAL | TOTAL \$USD | Observaciones |
|----|----------------|----------------------------|---------------|--------|------|----------|---------------|---------------|-------------|----------------------------|
| 1 | SISTEMA MOTRIZ | CAÑO 10" SCH. 80 S/C L=398 | ASTM A53 Gr B | 6 | m | 1 | - | \$ - | \$ - | |
| 2 | SISTEMA MOTRIZ | CHAPA 1/4" 300x300 | F-24 | 1 | m2 | 1 | \$ 224.850,00 | \$ 224.850,00 | \$ 266,09 | |
| 3 | SISTEMA MOTRIZ | REDONDO 48 L=675 | SAE 1045 | 1 | m2 | 1 | \$ 34.980,00 | \$ 34.980,00 | \$ 41,40 | |
| 4 | SISTEMA MOTRIZ | CHAPA 1/4" 15x33 | F-24 | 1 | m2 | - | - | - | - | Se utiliza restante en (2) |

Ilustración 198-Presupuesto Sist. Motriz

Estructura autoportante

| N° | PIEZA | PARTE | MATERIAL | MEDIDA | TIPO | CANTIDAD | PRECIO UN | TOTAL | TOTAL \$USD | Observaciones |
|-------|-------------------------|-----------------------------------|----------|------------|------|----------|---------------|-----------------|-------------|--------------------------------|
| 1 | ESTRUCTURA AUTOPORTANTE | PERFIL ANGULO 1 1/2"x 1 1/2"x1/4" | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 43.010,00 | \$ 43.010,00 | \$ 50,90 | |
| 2 | ESTRUCTURA AUTOPORTANTE | CHAPA 1/8" | F-24 | 1.50 x 3.0 | m | 5 | \$ 357.286,00 | \$ 1.786.430,00 | \$ 2.114,12 | |
| 3 | ESTRUCTURA AUTOPORTANTE | PLANCHUELA 2"x3/8" L=659 | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 68.015,00 | \$ 68.015,00 | \$ 80,49 | Sobranse 5m |
| 4 | ESTRUCTURA AUTOPORTANTE | PERFIL UPN 65 L=450 | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 99.245,00 | \$ 99.245,00 | \$ 117,45 | Sobranse 5m |
| 5 | ESTRUCTURA AUTOPORTANTE | PERFIL UPN 120 L=450 | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 243.520,00 | \$ 243.520,00 | \$ 288,19 | Sobranse 5m |
| 6 | ESTRUCTURA AUTOPORTANTE | PERFIL UPN 80 L=1849 | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 123.270,00 | \$ 123.270,00 | \$ 145,88 | Sobranse 3m |
| 7 | ESTRUCTURA AUTOPORTANTE | PERFIL ESTRU. 40x40x2 L=4072 | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 40.200,00 | \$ 40.200,00 | \$ 47,57 | Sobranse 1m |
| 8 | ESTRUCTURA AUTOPORTANTE | PERFIL ESTRU. 80x40x5,5 L=12131 | F-24 | 6 | m | 3 | \$ 380.199,00 | \$ 1.140.597,00 | \$ 1.349,82 | Sobranse 5m |
| 9 | ESTRUCTURA AUTOPORTANTE | PERFIL ESTRU. 40x40x3,2 L=4335 | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 79.850,00 | \$ 79.850,00 | \$ 94,50 | Sobranse 1m |
| 10 | ESTRUCTURA AUTOPORTANTE | PERFIL ESTRU. 40x80x5,15 L=167 | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 65.920,00 | \$ 65.920,00 | \$ 78,01 | Se utiliza sobranse 8 |
| 11 | ESTRUCTURA AUTOPORTANTE | CHAPA 1/2" | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 319.000,00 | \$ 319.000,00 | \$ 377,51 | |
| 12 | ESTRUCTURA AUTOPORTANTE | CHAPA 1/4" 70x70 | F-24 | 1000 | mm2 | - | - | - | - | Se utiliza sobranse SIS.MOTRIZ |
| TOTAL | | | | | | | | \$ 4.009.057,00 | \$ 4.744,45 | |

Ilustración 199-Presupuesto Estructura autoportante

Rampa acceso

| N° | PIEZA | PARTE | MATERIAL | MEDIDA | TIPO | CANTIDAD | PRECIO UN | TOTAL | TOTAL \$USD | Observaciones |
|-------|--------------|------------------------------------|----------|----------|------|----------|---------------|---------------|-------------|--------------------------------------|
| 1 | RAMPA ACCESO | PLANCHUELA 2"x3/8" L=2831 | F-24 | 6 | m | - | - | - | - | Se utiliza sobranse EST.AUTOPORTANTE |
| 2 | RAMPA ACCESO | CHAPA ANTIDESLIZANTE 1/8" 881x1051 | F-24 | 900x1100 | mm | 1 | \$ 97.310,00 | \$ 97.310,00 | \$ 115,16 | |
| 3 | RAMPA ACCESO | CHAPA 1/8" 770x1546 | F-25 | 1.5x3 | m | 1 | \$ 357.286,00 | \$ 357.286,00 | \$ 422,82 | |
| TOTAL | | | | | | | | 454596,00 | \$ 537,98 | |

Ilustración 200-Presupuesto Rampa acceso.

Plataforma cerrada

| N° | PIEZA | PORTE | MATERIAL | MEDIDA | TIPO | CANTIDAD | PRECIO UN | TOTAL | TOTAL SUSD | Observaciones |
|-------|-------------------------|--|-----------|-----------|------|----------|---------------|---------------|------------|--------------------------------------|
| 1 | PLATAFORMA CERRADA | TORN. CAB. HEX. M12x50 DIN 933 CAL 8.8 | ACERO | UN | UN | 1 | \$ 386,86 | \$ 386,86 | \$ 0,46 | |
| 2 | PLATAFORMA CERRADA | TORN. CAB. HEX. M12x70 DIN 933 CAL 8.8 | ACERO | UN | UN | 4 | \$ 894,90 | \$ 3.579,60 | \$ 4,24 | |
| 3 | PLATAFORMA CERRADA | TORN. CAB. HEX. M12x55 DIN 933 CAL 8.8 | ACERO | UN | UN | 4 | \$ 401,15 | \$ 1.604,60 | \$ 1,90 | |
| 4 | PLATAFORMA CERRADA | TUERCA HEX. M12 DIN 934 CAL 8 | ACERO | UN | UN | 12 | \$ 186,43 | \$ 2.237,16 | \$ 2,65 | |
| 5 | BASE Y BARRERA | TUBO ESTRU. 30x30x2,5 L=150 | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 30.193,00 | \$ 30.193,00 | \$ 35,73 | Sobrante 5m |
| 6 | BASE Y BARRERA | TUBO ESTRU. 40x40x2 L=4785 | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 40.200,00 | \$ 40.200,00 | \$ 47,57 | Sobrante 1m |
| 7 | BASE Y BARRERA | CHAPA 5/16" 32x50 | F-24 | - | - | - | - | - | - | Se utiliza sobrante ARCATA |
| 8 | BASE Y BARRERA | CHAPA ANTIDESLIZANTE 1/8" 1224x1524 | F-24 | 1300x1600 | mm | 1 | \$ 182.410,00 | \$ 182.410,00 | \$ 215,87 | |
| 9 | BASE Y BARRERA | TUBO ESTRU. 1" e=0,8mm L=1040mm | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 10.310,00 | \$ 10.310,00 | \$ 12,20 | Sobrante 4,5m |
| 10 | BASE Y BARRERA | CHAPA 1/4" 25x25 | F-24 | - | - | - | - | - | - | Se utiliza sobrante SIST.MOTRIZ |
| 11 | PANEL LATERAL DERECHO | REMACHE PLANO DIN 675-5x10-St | ACERO | UN | UN | 30 | \$ 35,80 | \$ 1.074,00 | \$ 1,27 | |
| 12 | PANEL LATERAL DERECHO | REMACHE PLANO DIN 675-4x10-St | ACERO | UN | UN | 5 | \$ 21,30 | \$ 106,50 | \$ 0,13 | |
| 13 | PANEL LATERAL DERECHO | TORN. CAB. HEX. M8x16 DIN 933 CAL 8.8 | COMERCIAL | UN | UN | 4 | \$ 120,19 | \$ 480,76 | \$ 0,57 | |
| 14 | PANEL LATERAL DERECHO | TUERCA HEX. M8 DIN 934 CAL 8 | COMERCIAL | UN | UN | 4 | \$ 102,84 | \$ 411,36 | \$ 0,49 | |
| 15 | PANEL LATERAL DERECHO | BORDE SENSIBLE SEG. ABB - TT 25-30 TPE | COMERCIAL | UN | UN | 1 | \$ 38.750,00 | \$ 38.750,00 | \$ 45,86 | |
| 16 | PANEL LATERAL DERECHO | PULSADOR PARADA DE EMERGENCIA | COMERCIAL | UN | UN | 1 | \$ 17.590,00 | \$ 17.590,00 | \$ 20,82 | |
| 17 | PANEL LATERAL DERECHO | PULSADOR PVC BAW RASANTE Ø30 ALARMA | COMERCIAL | UN | UN | 1 | \$ 17.590,00 | \$ 17.590,00 | \$ 20,82 | |
| 18 | PANEL LATERAL DERECHO | PULSADOR PVC RASANTE Ø30 #2 | COMERCIAL | UN | UN | 1 | \$ 17.590,00 | \$ 17.590,00 | \$ 20,82 | |
| 19 | PANEL LATERAL DERECHO | TUBO. ESTRU. 1 1/2" x 1/16" L=500 | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 23.235,00 | \$ 23.235,00 | \$ 27,50 | Sobrante 4,5m |
| 20 | PANEL LATERAL DERECHO | TUBO ESTRU. 20x20x2 L= 2139 | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 17.763,00 | \$ 17.763,00 | \$ 21,02 | Sobrante 3,5m |
| 21 | PANEL LATERAL DERECHO | TUBO ESTRU. 40x40x3,2 L= 1105 | F-24 | - | - | - | - | - | - | Se utiliza sobrante EST.AUTOPORTANTE |
| 22 | PANEL LATERAL DERECHO | TUBO ESTRU. 60x20x2 L=1360 | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 36.815,00 | \$ 36.815,00 | \$ 43,57 | Sobrante 4m |
| 23 | PANEL LATERAL DERECHO | PLANCHUELA 1 1/2" x 3/16" L= 220 | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 19.075,00 | \$ 19.075,00 | \$ 22,57 | Sobrante 5m |
| 24 | PANEL LATERAL DERECHO | PLANCHUELA 3/16"x1" L=126 | F-24 | 4,8 | m | 1 | \$ 24.200,00 | \$ 24.200,00 | \$ 28,64 | Sobrante 4m |
| 25 | PANEL LATERAL DERECHO | CHAPA 1/4" 34x34 | F-24 | 100x100 | mm | 1 | \$ 30.120,00 | \$ 30.120,00 | \$ 35,64 | |
| 26 | PANEL LATERAL DERECHO | CHAPA LISA C-25 1081x1360 | ACERO | 1100x1400 | mm | 2 | \$ 17.052,00 | \$ 34.104,00 | \$ 40,36 | |
| 27 | PANEL LATERAL DERECHO | PERFIL C 25x14 L=1360 | ALUMINIO | 3 | m | 1 | \$ 12.352,00 | \$ 12.352,00 | \$ 14,62 | Sobrante 1,5m |
| 28 | PANEL LATERAL IZQUIERDO | REMACHE PLANO DIN 675-5x10-St | ACERO | UN | UN | 30 | \$ 35,80 | \$ 1.074,00 | \$ 1,27 | |
| 29 | PANEL LATERAL IZQUIERDO | REMACHE PLANO DIN 675-4x10-St | ACERO | UN | UN | 5 | \$ 21,30 | \$ 106,50 | \$ 0,13 | |
| 30 | PANEL LATERAL IZQUIERDO | BORDE SENSIBLE SEG. ABB - TT 25-30 TPE | COMERCIAL | UN | UN | 1 | \$ 38.750,00 | \$ 38.750,00 | \$ 45,86 | |
| 31 | PANEL LATERAL IZQUIERDO | TUBO ESTRU. 20x20x2 L= 2145 | F-24 | - | - | - | - | - | - | Se utiliza sobrante (20) |
| 32 | PANEL LATERAL IZQUIERDO | TUBO ESTRU. 40x40x3,2 L= 1105 | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 79.859,00 | \$ 79.859,00 | \$ 94,51 | Se utiliza sobrante EST.AUTOPORTANTE |
| 33 | PANEL LATERAL IZQUIERDO | TUBO ESTRU. 60x20x2 L=1360 | F-24 | - | - | - | - | - | - | Se utiliza sobrante (22) |
| 34 | PANEL LATERAL IZQUIERDO | CHAPA LISA C-25 1007x1392 | ACERO | 1100x1400 | mm | 2 | \$ 17.052,00 | \$ 34.104,00 | \$ 40,36 | |
| 35 | PANEL LATERAL IZQUIERDO | PERFIL C 25x14 L=1360 | ALUMINIO | - | - | - | - | - | - | Se utiliza sobrante (27) |
| 36 | PANEL POSTERIOR | REMACHE PLANO DIN 675-5x10-St | ACERO | UN | UN | 25 | \$ 35,80 | \$ 895,00 | \$ 1,06 | |
| 37 | PANEL POSTERIOR | REMACHE PLANO DIN 675-4x10-St | ACERO | UN | UN | 5 | \$ 21,30 | \$ 106,50 | \$ 0,13 | |
| 38 | PANEL POSTERIOR | BORDE SENSIBLE SEG. ABB - TT 25-30 TPE | COMERCIAL | UN | UN | 1 | \$ 38.750,00 | \$ 38.750,00 | \$ 45,86 | |
| 39 | PANEL POSTERIOR | CHAPA LISA C-25 1080X1050 | ACERO | 1100x1100 | mm | 2 | \$ 14.548,00 | \$ 29.096,00 | \$ 34,43 | |
| 40 | PANEL POSTERIOR | TUBO ESTRU. 20x20x2 L= 2364 | F-24 | 6 | m | 1 | \$ 17.763,00 | \$ 17.763,00 | \$ 21,02 | Sobrante 3,5m |
| 41 | PANEL POSTERIOR | PERFIL C 25x14 L=1360 | ALUMINIO | 3 | m | 1 | \$ 12.352,00 | \$ 12.352,00 | \$ 14,62 | |
| TOTAL | | | | | | | | 815033,84 | \$ 964,54 | |

Ilustración 201-Presupuesto Plataforma cerrada.

Elevador conjunto

| N° | PIEZA | PARTE | MATERIAL | MEDIDA | TIPO | CANTIDAD | PRECIO UN | TOTAL | TOTAL \$USD | Observaciones |
|-------|-------------------|--|-----------|--------|------|----------|---------------|-----------------|-------------|---------------|
| 1 | ELEVADOR CONJUNTO | SOP. P/ ROD. RIG. BOLAS UCP 209 SKF | ACERO | UN | UN | 1 | \$ 94.479,00 | \$ 94.479,00 | \$ 111,81 | |
| 2 | ELEVADOR CONJUNTO | CHAVETA EJE-ACOPLE 14x9x70-DIN 6885 | ACERO | UN | UN | 1 | \$ 4.353,00 | \$ 4.353,00 | \$ 5,15 | |
| 3 | ELEVADOR CONJUNTO | CHAVETA EJE-REDUCT. 14x9x140-DIN 6885 | ACERO | UN | UN | 1 | \$ 7.237,00 | \$ 7.237,00 | \$ 8,56 | |
| 4 | ELEVADOR CONJUNTO | REDUC. POLYFIX PFM130-80-PAM B5-ES-B3 | ACERO | UN | UN | 1 | \$ 828.100,00 | \$ 828.100,00 | \$ 980,00 | |
| 5 | ELEVADOR CONJUNTO | GUIA T70/A-9 L=5000 - KOENIG | ACERO | UN | UN | 2 | \$ 649.753,00 | \$ 1.299.506,00 | \$ 1.537,88 | |
| 6 | ELEVADOR CONJUNTO | PRENSA GUIA T - RAS | COMERCIAL | UN | UN | 20 | \$ 2.112,50 | \$ 42.250,00 | \$ 50,00 | |
| 7 | ELEVADOR CONJUNTO | CIERRA-PUERTA HIDR. 051A JR-Lock | ALUMINIO | UN | UN | 2 | \$ 38.570,00 | \$ 77.140,00 | \$ 91,29 | |
| 8 | ELEVADOR CONJUNTO | PUERTA ALLUM. 3/4 VIDRIO 1000x2183 AG-MA | ALUMINIO | UN | UN | 2 | \$ 334.790,00 | \$ 669.580,00 | \$ 792,40 | |
| 9 | ELEVADOR CONJUNTO | REJ. VENT. RECT. 290x570 AC. INOX.-MALVAR | ACERO INX | UN | UN | 2 | \$ 65.546,00 | \$ 131.092,00 | \$ 155,14 | |
| 10 | ELEVADOR CONJUNTO | REJ. VENT. RECT. 290x380 AC. INOX.-MALVAR | ACERO INX | UN | UN | 4 | \$ 40.231,00 | \$ 160.924,00 | \$ 190,44 | |
| 11 | ELEVADOR CONJUNTO | BOTON LLAMADA EXTERIOR | COMERCIAL | UN | UN | 1 | \$ 35.545,00 | \$ 35.545,00 | \$ 42,07 | |
| 12 | ELEVADOR CONJUNTO | VIDRIO POLARIZADO 8x1520x1505 | VIDRIO | 1 | m2 | 12 | \$ 105.031,00 | \$ 1.260.372,00 | \$ 1.491,56 | |
| 13 | ELEVADOR CONJUNTO | VIDRIO POLARIZADO FRONTAL 8x1520x1305 | VIDRIO | 1 | m2 | 1 | \$ 92.376,00 | \$ 92.376,00 | \$ 109,32 | |
| 14 | ELEVADOR CONJUNTO | SOP. P/VIDRIO 8mm TIPO PIPETA - FABHERR | ACERO INX | UN | UN | 58 | \$ 2.046,00 | \$ 118.668,00 | \$ 140,44 | |
| 15 | ELEVADOR CONJUNTO | LIMIT. VEL. OSCILANTE Ø20 LG - I.BALLESTER | COMERCIAL | UN | UN | 1 | \$ 180.830,00 | \$ 180.830,00 | \$ 214,00 | |
| 16 | ELEVADOR CONJUNTO | POLEA DE REENVIO Ø12 - I.BALLESTER | COMERCIAL | UN | UN | 1 | \$ 132.327,00 | \$ 132.327,00 | \$ 156,60 | |
| 17 | ELEVADOR CONJUNTO | BISAGRA SIN REBAJE 100 78 - CALZAVARA | ALUMINIO | UN | UN | 2 | \$ 2.770,00 | \$ 5.540,00 | \$ 6,56 | |
| 18 | ELEVADOR CONJUNTO | GRAPA C/ OJAL - CALZAVARA | ALUMINIO | UN | UN | 2 | \$ 1.830,00 | \$ 3.660,00 | \$ 4,33 | |
| 19 | ELEVADOR CONJUNTO | ACRILICO INTERM. + LAMINA POL. 8x1547x645 | PMMA | UN | UN | 1 | \$ 355.423,00 | \$ 355.423,00 | \$ 420,62 | |
| 20 | ELEVADOR CONJUNTO | ACRILICO SUP. + LAMINA POL. 8x677x1570 | PMMA | UN | UN | 1 | \$ 358.946,00 | \$ 358.946,00 | \$ 424,79 | |
| 21 | ELEVADOR CONJUNTO | PERFIL ALUMINIO "Y" 10x25 L=1570 | ALUMINIO | 3 | m | 1 | \$ 25.777,00 | \$ 25.777,00 | \$ 30,51 | |
| 22 | ELEVADOR CONJUNTO | TORN. CAB. HEX. M12x40 DIN 933 CAL 8.8 | ACERO | UN | UN | 4 | \$ 329,00 | \$ 1.316,00 | \$ 1,56 | |
| 23 | ELEVADOR CONJUNTO | TUERCA HEX. M12 DIN 934 CAL 8 | ACERO | UN | UN | 6 | \$ 186,00 | \$ 1.116,00 | \$ 1,32 | |
| 24 | ELEVADOR CONJUNTO | TORN. CAB. HEX. M12x50 DIN 933 CAL 8.8 | ACERO | UN | UN | 2 | \$ 386,86 | \$ 773,72 | \$ 0,92 | |
| 25 | ELEVADOR CONJUNTO | TORN. CAB. HEX. M10x30 DIN 933 CAL 8.8 | ACERO | UN | UN | 4 | \$ 488,00 | \$ 1.952,00 | \$ 2,31 | |
| 26 | ELEVADOR CONJUNTO | TUERCA HEX. M10 DIN 933 CAL 8 | ACERO | UN | UN | 4 | \$ 152,00 | \$ 608,00 | \$ 0,72 | |
| 27 | ELEVADOR CONJUNTO | TORN. CAB. HEX. M12x30 DIN 934 CAL 8.8 | ACERO | UN | UN | 10 | \$ 617,00 | \$ 6.170,00 | \$ 7,30 | |
| 28 | ELEVADOR CONJUNTO | TORN. CAB. HEX. M8x16 DIN 933 CAL 8.8 | ACERO | UN | UN | 20 | \$ 120,19 | \$ 2.403,80 | \$ 2,84 | |
| 29 | ELEVADOR CONJUNTO | TUERCA HEX. M8 DIN 934 CAL 8 | ACERO | UN | UN | 20 | \$ 102,84 | \$ 2.056,80 | \$ 2,43 | |
| 30 | ELEVADOR CONJUNTO | TORN. ALLEN CAB. CIUND. M8x30 DIN 912 | ACERO | UN | UN | 6 | \$ 2.118,10 | \$ 12.708,60 | \$ 15,04 | |
| 31 | ELEVADOR CONJUNTO | REMACHE PLANO 5x10 DIN 675 | ALUMINIO | UN | UN | 26 | \$ 75,00 | \$ 1.950,00 | \$ 2,31 | |
| 32 | ELEVADOR CONJUNTO | ANCL. FISCHER M12x130 FTR+FIS EM PLUS | ACERO | UN | UN | 16 | \$ 4.422,52 | \$ 70.760,32 | \$ 83,74 | |
| 33 | ELEVADOR CONJUNTO | ANCL. FISCHER M10x100 FTR+FIS EM PLUS | ACERO | UN | UN | 26 | \$ 3.703,00 | \$ 96.278,00 | \$ 113,94 | |
| | ELEVADOR CONJUNTO | TORN. AUTOROSC. M5x30 DIN 7983 | ACERO | UN | UN | 8 | \$ 494,00 | \$ 3.952,00 | \$ 4,68 | |
| 34 | ELEVADOR CONJUNTO | TORN. AUTOROSC. M5x45 DIN 7983 | ACERO | UN | UN | 4 | \$ 529,00 | \$ 2.116,00 | \$ 2,50 | |
| TOTAL | | | | | | | | \$ 5.858.348,00 | \$ 6.932,96 | |

Ilustración 202-Presupuesto Elevador conjunto.

Sistema fotovoltaico

| N° | PIEZA | PARTE | MATERIAL | MEDIDA | TIPO | CANTIDAD | PRECIO UN | TOTAL | TOTAL \$USD | Observaciones |
|-------|-----------------|----------------------------------|------------|------------------|------------------|----------|-----------------|-----------------|-------------|-------------------------------|
| 1 | PANELES SOLARES | PANELES FOTOVOLTAICOS 360W | BYD | 2008 x 1002 x 35 | mm | 11 | - | - | - | Disponible en establecimiento |
| 2 | PANELES SOLARES | INVERSOR | ENERTIK | UN | 3kW 48V | 1 | \$ 1.499.200,00 | \$ 1.499.200,00 | \$ 1.774,20 | |
| 3 | PANELES SOLARES | BATERIA | ENERTIK | UN | PYLONTECH 2,4kWh | 1 | \$ 2.639.000,00 | \$ 2.639.000,00 | \$ 3.123,08 | |
| 4 | PANELES SOLARES | PROTECCION TERMICA | TONGOU | UN | 16A 1000VCC | 1 | \$ 19.704,00 | \$ 19.704,00 | \$ 23,32 | |
| 5 | PANELES SOLARES | PROTECTOR DESCARGAS ATMOSFERICAS | ENERTIK | UN | LKTD2-PV1000 | 1 | \$ 79.200,00 | \$ 79.200,00 | \$ 93,73 | |
| 6 | PANELES SOLARES | PORTAFUSIBLES | ENERTIK | UN | FU-P | 1 | \$ 15.600,00 | \$ 15.600,00 | \$ 18,46 | |
| 7 | PANELES SOLARES | SECCIONADOR | ENERTIK | UN | SISO-32 | 1 | \$ 110.500,00 | \$ 110.500,00 | \$ 130,77 | |
| 8 | PANELES SOLARES | INTERRUPTOR AISLAMIENTO BATERIA | VICTRON | UN | 275A | 1 | \$ 62.188,00 | \$ 62.188,00 | \$ 73,60 | |
| 9 | PANELES SOLARES | CABLE BATERIA | ROJO-NEGRO | UN | 25mm2 x 200cm | 1 | \$ 46.513,00 | \$ 46.513,00 | \$ 55,04 | |
| 19 | PANELES SOLARES | FUSIBLE DC | ENERTIK | UN | FU-50A | 1 | \$ 5.100,00 | \$ 5.100,00 | \$ 6,04 | |
| TOTAL | | | | | | | | \$ 4.477.005,00 | \$ 5.298,23 | |

Ilustración 203-Presupuesto Sistema fotovoltaico

Tablero CA

| N° | PIEZA | PARTE | MATERIAL | MEDIDA | TIPO | CANTIDAD | PRECIO UN | TOTAL | TOTAL \$USD | Observaciones |
|-------|------------|---|---------------------------|--------|--------------------------|----------|---------------|-----------------|-------------|-------------------------------|
| 1 | TABLERO CA | DESCARGADOR ATMOSFERICO | ENERTIK | UN | ADM5-2P | 1 | \$ 33.599,00 | \$ 33.599,00 | \$ 39,76 | |
| 2 | TABLERO CA | INTERRUPTOR DIFERENCIAL MONOFASICO | SCHNEIDER | UN | A9R91240 | 2 | \$ 352.850,00 | \$ 705.700,00 | \$ 835,15 | |
| 3 | TABLERO CA | INTERRUPTOR DIFERENCIAL MONOFASICO | SCHNEIDER | UN | A9R91225 | 2 | \$ 368.722,00 | \$ 737.444,00 | \$ 872,71 | |
| 4 | TABLERO CA | INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO MONOFASICO | SCHNEIDER | UN | C60-N 24340 | 1 | \$ 40.151,95 | \$ 40.151,95 | \$ 47,52 | |
| 5 | TABLERO CA | INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO MONOFASICO (P) | SCHNEIDER | UN | C60-24662 | 1 | \$ 55.170,00 | \$ 55.170,00 | \$ 65,29 | |
| 6 | TABLERO CA | INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO MONOFASICO (M Y ILU) | SCHNEIDER | UN | C60-24337 | 2 | \$ 40.192,00 | \$ 80.384,00 | \$ 95,13 | |
| 7 | TABLERO CA | GUARDAMOTOR | SCHNEIDER | UN | 3P GV2ME083 | 1 | \$ 163.554,00 | \$ 163.554,00 | \$ 193,56 | |
| 8 | TABLERO CA | FUENTE DE ALIMENTACION (M) | PowerSwitch | UN | 100-240V/24V 5A 120W | 1 | \$ 81.090,00 | \$ 81.090,00 | \$ 95,96 | |
| 9 | TABLERO CA | FUENTE DE ALIMENTACION (ILU) | PowerSwitch | UN | 100-240V/24V 5A 60W | 1 | \$ 40.294,00 | \$ 40.294,00 | \$ 47,69 | |
| 10 | TABLERO CA | CONTACTORES | SCHNEIDER | UN | 3P 25A AC-3 220V 50/60HZ | 2 | \$ 208.037,00 | \$ 416.074,00 | \$ 492,40 | |
| 11 | TABLERO CA | VARIADOR VELOCIDAD | SIEMENS | UN | 6SL32105BE211UVO | - | - | - | - | Disponible en establecimiento |
| 12 | TABLERO CA | PLC | Allen Brandley Micrologix | UN | 1000 1761-L32BWA | 1 | \$ 208.037,00 | \$ 208.037,00 | \$ 246,20 | |
| 13 | TABLERO CA | GABINETE | GENROD | UN | 750x900X225 C/BANDEJA | 1 | \$ 351.784,00 | \$ 351.784,00 | \$ 416,31 | |
| | TABLERO CA | FOTOCONTROL | ALUMINE | UN | 1500W | 1 | \$ 8.997,00 | \$ 8.997,00 | | |
| TOTAL | | | | | | | | \$ 2.913.281,95 | \$ 3.447,67 | |

Ilustración 204-Presupuesto Sistema fotovoltaico.

10.3 Presupuesto total

| TOTAL | PESOS ARG | USD |
|-------|------------------|--------------|
| | \$ 22.671.985,79 | \$ 26.830,75 |

Ilustración 205-Presupuesto estimativo total Elevador sustentable.

Sitios Consultados

<https://www.erhsa.com/pdf/reductores-polyfix-erhsa.pdf>

Catalogo Motorreductores Ersha Polifix

<https://www.timken.com/resources/timken-u-series-ball-bearing-housed-unit-catalog-spanish/>

Catalogo para rodamientos de bolas Timken

<https://www.okatt.com/gestor/recursos/uploads/imagenes/productos/fichas%20de%20pr oducto/RIGID-SOCKETS-OKATT-v5.pdf>

Catalogo tensor para cable Okatt

<https://etn-shop.com/es/AscensoresMontagcargas/Rodillos/?p=4>

Catalogo Rodillos Guía para elevadores

<http://blog.gmveurolift.es/tipos-de-guias-para-ascensores/>

Guía Informativa “Tipos de Guías para elevadores”

<http://blog.gmveurolift.es/calculo-de-guias/>

Guía para cálculo de guías para elevadores

<https://metalurgicas.com.ar/categoria-producto/guias-accesorios/>

Catalogo Guías T para elevadores

<https://www.skf.com/ar/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/pillow-block-ball-bearing-units/productid-UCP%20209>

Catalogo Rodamientos y Soporte para Rodamientos

<https://www.estructurasmetalicascolombia.com/anclajes-y-fijaciones/pernos-de-anclaje-para-cimientos/ficha-tecnica-sobre-los-pernos-de-anclaje>

Ficha técnica pernos de anclaje

<https://www.lograssoiluminacion.com.ar/fuentes/7440-fuente-led-metalica-12v-201w-17-amp-1000000750768.html>

Ficha técnica fuente de tensión

<https://enertik.ar/panel-solar-fotovoltaico-policristalino-310w>

Ficha técnica panel fotovoltaico

https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_del_recurso_solar_anexos_final.pdf

Guía del recurso solar – Secretaria de Energía

<https://www.tubocenter.com.ar/perfiles-c/>

Catalogo Perfiles C