

# **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA**

## **CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

*Trabajo de titulación previo  
a la obtención del título de  
Ingeniero Mecánico*

### **PROYECTO TÉCNICO:**

**“DISEÑO DE VITRINAS CON DISPOSITIVO ELECTROMECAÁNICO  
DE DESPLAZAMIENTO VERTICAL PARA EL MUSEO DE ARTE  
RELIGIOSO DE LA IGLESIA DEL SAGRARIO DE LA CIUDAD DE  
CUENCA”**

### **AUTORES:**

Juan Gabriel Pinguil Sacta.  
Ángel Israel Roblez Montesdeoca.

### **TUTOR:**

Ing. Nelson Jara Cobos, Ph.D.

CUENCA - ECUADOR  
2019

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros, Pinguil Sacta Juan Gabriel con documento de identificación No. 0105876817 y Roblez Montesdeoca Ángel Israel con documento de identificación No. 0104493424, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación: **“DISEÑO DE VITRINAS CON DISPOSITIVO ELECTROMECAÁNICO DE DESPLAZAMIENTO VERTICAL PARA EL MUSEO DE ARTE RELIGIOSO DE LA IGLESIA DEL SAGRARIO DE LA CIUDAD DE CUENCA”**, trabajo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniero Mecánico*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

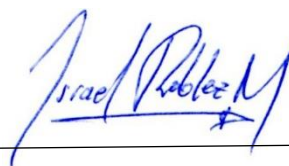
Cuenca, noviembre del 2019



---

Juan Gabriel Pinguil Sacta

C.I.:0105876817



---

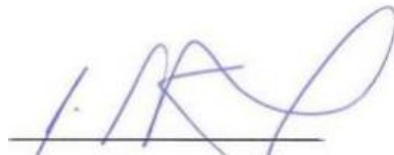
Ángel Israel Roblez Montesdeoca

C.I.: 0104493424

## CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“DISEÑO DE VITRINAS CON DISPOSITIVO ELECTROMECAÁNICO DE DESPLAZAMIENTO VERTICAL PARA EL MUSEO DE ARTE RELIGIOSO DE LA IGLESIA DEL SAGRARIO DE LA CIUDAD DE CUENCA**, realizado por Pinguil Sacta Juan Gabriel y Roblez Montesdeoca Ángel Israel, obteniendo el *Proyecto Técnico* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, noviembre 2019



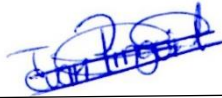
Ing. Nelson Gustavo Jara Cobos, PhD.

C.I.: 0102679644

## DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Pinguil Sacta Juan Gabriel con documento de identificación No. 0105876817 y Roblez Montesdeoca Ángel Israel con documento de identificación No. 0104493424, autores del trabajo de titulación: **“DISEÑO DE VITRINAS CON DISPOSITIVO ELECTROMECAÁNICO DE DESPLAZAMIENTO VERTICAL PARA EL MUSEO DE ARTE RELIGIOSO DE LA IGLESIA DEL SAGRARIO DE LA CIUDAD DE CUENCA**, certificamos que el total contenido del *Proyecto Técnico* es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

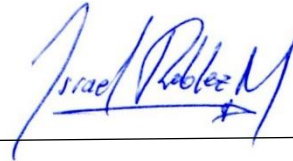
Cuenca, noviembre del 2019



---

Juan Gabriel Pinguil Sacta

C.I.:0105876817



---

Ángel Israel Roblez Montesdeoca

C.I.: 0104493424

## **DEDICATORIA**

*A Dios y a la Virgen por darme la vida y cuidar de mí todos los días.*

*A mis padres Manuel y Zoila por ser el pilar fundamental de mi vida y enseñarme que todo sacrificio tiene su recompensa.*

*A mi abuelita Juana y mi tío Humberto que cuidaron de mi hasta sus últimos días y ahora desde el cielo me sonríen.*

*A mis hermanas por su amor y cariño incondicional a lo largo de mi vida, de manera especial a Teresa por estar siempre pendiente de mí en las buenas y en las malas.*

*A mis cuñados por la ayuda brindada durante toda mi vida estudiantil.  
A mis sobrinos Jesé, Josué, Manuelito y Agustina por alegrar todos mis días con una sonrisa.*

*A mi comunidad número 10 por tenerme siempre presente en sus oraciones.*

*Gracias a todos y cada uno de ellos logré llegar a esta meta que hace mucho tiempo me propuse y que hoy en día se ha convertido en una realidad, espero Dios me permita gozar de más metas y sueños junto a ustedes.*

*Juan.*

## **DEDICATORIA**

*A mis amados padres Edith y Ángel por ser mi ejemplo a seguir, por su constante apoyo, sabios consejos y cuidados durante toda mi vida.*

*A mis hermanas Kari y Salo por el cariño y las palabras de aliento que siempre me brindan.*

*A mi tía Jacke por su constante confianza y apoyo desinteresado.*

*A mi familia y amigos en general que siempre me apoyaron.*

*Israel.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*Queremos agradecer primeramente a Dios por siempre ser nuestro guía y fortaleza en momentos difíciles.*

*A nuestros padres y demás familiares por todo el apoyo brindado durante nuestra formación profesional.*

*A nuestro director de tesis Ing. Nelson Jara PhD. por la confianza brindada y por ser nuestro consejero y guía durante la realización de este proyecto de titulación.*

*A los ingenieros Vinicio Astudillo, José Quichimbo y Paúl Delgado por el gran aporte para la realización de este proyecto*

*A los docentes de Ingeniería Mecánica de nuestra Universidad por compartir sus conocimientos.*

*A todos nuestros amigos por haber hecho de esta etapa universitaria una linda experiencia llena de recuerdos y momentos gratos.*

*Mil gracias.*

## ÍNDICE

<b>CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....</b>	<b>i</b>
<b>CERTIFICACIÓN .....</b>	<b>ii</b>
<b>DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD .....</b>	<b>iii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iv</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>xii</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>xvii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xviii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xix</b>
1. Tema .....	20
2. Introducción.....	20
3. Planteamiento del Problema .....	21
3.1 Antecedentes del problema.....	21
3.2 Importancia y alcances .....	21
3.3 Delimitación .....	22
3.4 Problema General .....	22
3.5 Problemas Específicos.....	22
4. Objetivos.....	22
4.1 Objetivo general .....	22
4.2 Objetivos específicos.....	22
5. Marco Teórico Referencial.....	23
5.1. La Catedral Vieja.....	23
5.2. Museos.....	23
5.2.1. Clasificación de los museos .....	24



5.2.2.	Sistema Ecuatoriano de Museos (SIEM) .....	24
5.2.2.1.	Museo de la Catedral Vieja. ....	25
5.2.3.	Condiciones básicas para la exposición de obras en museos.....	25
5.2.3.1.	La Circulación .....	26
5.2.3.2.	La Iluminación .....	27
5.2.3.3.	La seguridad en los museos.....	29
5.2.4.	Las vitrinas para la exposición de obras en museos .....	30
5.2.4.1.	Tipos de vitrinas .....	30
5.2.4.2.	Diseño de vitrinas.....	32
5.2.4.3.	Materiales para la construcción de las vitrinas.....	34
5.2.4.4.	Sistemas para elevación de las vitrinas .....	39
5.2.4.5.	Selección del elevador.....	46
5.2.4.6.	Sistemas de iluminación para las vitrinas .....	48
<b>6.</b>	<b>Métodos y Materiales .....</b>	<b>54</b>
6.1.	Identificación de las condiciones físicas y ambientales dentro del museo Catedral Vieja para el diseño .....	55
6.1.1.	Condiciones físicas .....	55
6.1.1.1.	Adquisición de datos para el dimensionamiento de las vitrinas.....	56
6.1.2.	Condiciones ambientales .....	57
6.1.2.1.	Iluminación y humedad del recinto interno.....	57
6.2.	Características del arte a exhibir.....	57
6.3.	Caracterización de las vitrinas .....	58
6.3.1.	Dimensionamiento .....	58
6.3.1.1.	Suelo - Cimentación .....	61
6.3.2.	Parámetros de diseño .....	61
6.3.3.	Propuesta de diseño .....	62
6.3.4.	Selección de materiales para las vitrinas electromecánicas .....	63
6.3.4.1.	Paneles Visibles.....	63
6.3.4.2.	Estructura de las vitrinas electromecánicas.....	64
6.3.4.3.	Cubiertas.....	65
6.4.	Diseño de las vitrinas.....	65

6.4.1.	Diseño de la estructura para las vitrinas electromecánicas.....	65
6.4.2.	Diseño de la columna guía.....	66
6.4.2.1.	Fuerza cortante.....	66
6.4.2.2.	Momento flexionante o flector.....	66
6.4.3.	Diseño del sistema de guías.....	69
6.4.4.	Diseño del sistema de soporte y sujeción al pilar de la Catedral.....	70
6.4.5.	Diseño del sistema de traba para las vitrinas electromecánicas.....	70
6.4.6.	Diseño del sistema de apertura y cierre de las vitrinas.....	73
6.4.6.1.	Cálculo de fuerzas en la puerta de vitrinas.....	74
6.4.6.2.	Selección de actuadores.....	78
6.4.6.3.	Selección de Bisagras.....	78
6.4.7.	Diseño del sistema de sujeción de las obras.....	79
6.4.8.	Diseño del sistema de iluminación.....	79
6.4.8.1.	Cálculos luminotécnicos.....	81
6.4.8.2.	Sistema de control de luminarias.....	83
6.5.	Análisis computacional de los elementos críticos para la estructura de las vitrinas electromecánicas.....	87
6.5.1.	Análisis del diseño propuesto (Caso1).....	88
6.5.1.1.	Información de la malla. Caso 1.....	88
6.5.1.2.	Condiciones de contorno. Caso 1.....	90
6.5.1.3.	Información de la solución. Caso 1.....	91
6.5.2.	Propuestas de optimización de la estructura de la vitrina.....	94
6.5.2.1.	Información de la malla, Caso 2 y Caso3.....	95
6.5.2.2.	Condiciones de Contorno Caso 2 y Caso3.....	95
6.5.2.3.	Información de la Solución Caso 2 y Caso3.....	95
6.5.3.	Comparación de los Casos 1, 2 y 3.....	99
6.5.4.	Análisis computacional de la columna guía.....	99
6.5.4.1.	Columna guía.....	100
6.5.4.2.	Información de la malla.....	101
6.5.4.3.	Condiciones de contorno.....	103
6.5.4.4.	Información de la solución.....	104

6.5.5.	Análisis computacional del sistema de traba y soporte. ....	106
6.5.5.1.	Información de la malla.....	107
6.5.5.2.	Condiciones de Contorno.....	109
6.5.5.3.	Información de la Solución (con resorte).....	110
6.6.	Análisis de costos .....	116
6.6.1.	Análisis de costos unitarios.....	117
6.6.1.1.	Soporte y guía de la columna .....	117
6.6.1.2.	Columna guía. ....	119
6.6.1.3.	Vitrina.....	120
6.6.1.4.	Accesorio de elevación.....	121
6.6.1.5.	Sistema eléctrico .....	121
6.6.2.	Análisis de costo total del proyecto. ....	122
<b>7.</b>	<b>Análisis de resultados .....</b>	<b>123</b>
<b>8.</b>	<b>Manual de operación .....</b>	<b>125</b>
8.1.	Precauciones .....	125
8.1.1.	Información General .....	126
8.1.1.1.	Aplicaciones .....	126
8.1.1.2.	Características .....	126
8.1.1.3.	Requerimientos Ambientales .....	127
8.1.2.	Elevador hidráulico .....	127
8.1.2.1.	Características técnicas .....	127
8.1.2.2.	Especificaciones técnicas .....	127
8.1.3.	Instrucciones de Operación.....	128
8.1.3.1.	Procedimiento de Operación .....	128
8.1.3.2.	Revise antes de Operar .....	130
8.1.3.3.	Precauciones para la Operación .....	130
8.1.4.	Solución de Problemas.....	131
8.1.5.	Mantenimiento .....	131
8.1.5.1.	Todos los días.....	131
8.1.5.2.	Mensualmente .....	131
8.1.5.3.	Cada 6 meses.....	132
8.1.6.	Almacenamiento y Desecho .....	132

8.1.6.1.	Almacenamiento.....	132
8.1.6.2.	Desecho .....	132
8.1.7.	Datos de Grasa y Aceite.....	132
8.1.7.1.	Grasa lubricante.....	132
<b>9.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>133</b>
10.	Referencias bibliográficas .....	135
<b>11.</b>	<b>Anexos.....</b>	<b>138</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Primera foto de la plaza mayor y al fondo la Catedral Vieja. [5] .....	25
Figura 2 Fotografía actual del interior de la Catedral Vieja. Fuente: Autores .....	25
Figura 3 Modelo de circulación de exposiciones. [7].....	26
Figura 4 Accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida al medio físico, Vías de circulación peatonal. Altura referencial para las vitrinas en posición superior. [8] .....	27
Figura 5 Vitrina de alta seguridad para museos. [16].....	30
Figura 6 Vitrina horizontal con cubo de vidrio [17].....	31
Figura 7 Vitrina vertical de pared [19] .....	31
Figura 8 Vitrinas verticales empotradas [20] .....	31
Figura 9 Vitrina central [21].....	32
Figura 10 Elementos compositivos de una vitrina. [18].....	33
Figura 11 Estructura interna en celosía de la vitrina (diseño preliminar). Fuente: Autores. ....	35
Figura 12 Vidrio armado [37].....	38
Figura 13 Vidrio templado [38].....	38
Figura 14 Vidrio laminado [38].....	39
Figura 15 Principio de Pascal. [30] .....	40
Figura 16 Elevador de dos columnas electromecánico. [32].....	41
Figura 17 Elevador de dos columnas electrohidráulico. [32].....	42
Figura 18 Elevador en forma de tijera. [32] .....	42
Figura 19 Elevador hidráulico-eléctrico [33] .....	43
Figura 20 Elevador hidráulico manual [34].....	44
Figura 21 Polipasto eléctrico de cable [35] .....	45
Figura 22 Polipasto eléctrico de cadena [35].....	45
Figura 23 Utilización de un elevador de dos columnas electromecánico para elevar la vitrina. Fuente: Autores .....	46
Figura 24 Utilización de un elevador de dos columnas electrohidráulico para levantar la vitrina. Fuente: Autores .....	47
Figura 25 Utilización de un polipasto eléctrico para elevar la vitrina. Fuente: Autores .....	47
Figura 26 Propuesta con dos columnas de acero inoxidable. Fuente: Autores .....	48
Figura 27 Elevador hidráulico manual modificado. Fuente autores.....	48
Figura 28 Conceptos básicos de iluminación. Fuente: Autores.....	50

Figura 29 Ejemplo de colocación de luz en escaparates. Fuente: [37].....	51
Figura 30 Ejemplo de curvas fotométricas. [38] .....	52
Figura 31 Sólido fotométrico. [38] .....	52
Figura 32 Curva fotométrica de un equipo fluorescente de alta eficiencia. [38].....	53
Figura 33 Marco metodológico. Fuente: Autores.....	54
Figura 34 Ubicación de las vitrinas dentro del museo. Fuente: Museo Remigio Crespo Toral .....	56
Figura 35 Medidas existentes entre columnas del museo. Fuente: Autores.....	56
Figura 36 Medidas tentativas de las vitrinas. Fuente: Museo Remigio Crespo Toral....	57
Figura 37 Parte de la colección Jorge Eljuri Antón. Fuente: Museo Remigio Crespo Toral .....	58
Figura 38 Esculturas y mobiliarios exhibidos en el museo Catedral Vieja. Fuente: Autores. ....	58
Figura 39 Pozo eléctrico para inspección. Fuente: Autores. ....	60
Figura 40 a) Caja de inspección eléctrica; b) Disposición nueva de la superficie de la caja. Fuente: Autores .....	60
Figura 41 Diseño propuesto por beneficiarios del proyecto. Fuente: Municipalidad de Cuenca .....	62
Figura 42 Diseño propuesto de las vitrinas a) Cerrada, b) Abierta. Fuente: Autores.....	63
Figura 43 Distribución propuesta para las diferentes áreas dentro de la vitrina. Fuente: Autores. ....	63
Figura 44 Cristo a exhibir en las vitrinas. Fuente: Municipalidad de Cuenca.....	65
Figura 45 Estructura propuesta de las vitrinas electromecánicas. Fuente: Autores. ....	66
Figura 46 Columna propuesta para soporte de las vitrinas con carga $P=200\text{kg}$ (1962 N). Fuente: Autores. ....	67
Figura 47 Deformación de la columna. Fuente: Autores.....	69
Figura 48 Sistema de guías. Fuente: Autores .....	69
Figura 49 Sistema de sujeción .....	70
Figura 50 Sistema propuesto para la traba. Fuente: Autores.....	71
Figura 51 Dimensión y posición de la traba. Fuente: Autores .....	71
Figura 52 Apertura de la puerta a $60^\circ$ . Fuente: Autores .....	74
Figura 53 Esquema de fuerza aplicada por el propio peso de la puerta. Fuente: Autores. ....	75
Figura 54 Diagrama de cuerpo libre de la puerta. Fuente: Autores.....	76
Figura 55 Utilización del teorema de Pitágoras. Fuente: Autores.....	77

Figura 56 Bisagra de acero inoxidable tipo buje. Fuente: [40] .....	78
Figura 57 Sistema de sujeción de las obras. Fuente: Autores. ....	79
Figura 58 Forma de sujeción. Fuente: Autores.....	79
Figura 59 Iluminación de obras en la parte frontal y posterior. Fuente: Autores.....	80
Figura 60 Fachada posterior del museo. Fuente: Autores .....	80
Figura 61 Disposición de las vitrinas. Fuente: Autores.....	80
Figura 62 Disposición de luminarias dentro de las vitrinas. Fuente: Autores.....	81
Figura 63 Visualización de iluminación dentro de vitrina frontal y posterior. Fuente: Autores .....	82
Figura 64 Cálculo en presencia de luz (día). Fuente: Autores.....	82
Figura 65 Cálculo con ausencia de luz (noche). Fuente: Autores .....	82
Figura 66 Curva fotométrica de las luminarias dentro de la vitrina. Fuente: Autores ...	83
Figura 67 Esquema eléctrico del sistema de iluminación. Fuente: Autores .....	86
Figura 68 Interfaz de usuario panel principal. Fuente: Autores .....	87
Figura 69 Interfaz de usuario de una vitrina específica, se toma para ejemplo la vitrina 1. Fuente: Autores .....	87
Figura 70 Geometría para el caso 1. Fuente: Autores. ....	88
Figura 71 Malla general para el elemento del caso 1. Fuente: Autores. ....	88
Figura 72 Ajuste de nodos en uniones. Fuente: Autores. ....	89
Figura 73 Detalles para la base en la estructura. Fuente: Autores.....	89
Figura 74 Bonded, configuración de unión en las piezas. Fuente: Autores. ....	89
Figura 75 Métrica de malla de relación de aspecto en el caso 1. Fuente: Autores.....	90
Figura 76 Medida de malla de Skewness (asimetría) en el caso 1. Fuente: Autores.....	90
Figura 77 Soporte fijo en la estructura lateral. Fuente: Autores.....	90
Figura 78 Carga en la superficie cielo de la estructura. Fuente: Autores.....	91
Figura 79 Configuración del análisis del sistema. Fuente: Autores. ....	91
Figura 80 Equivalente de esfuerzo Von Mises. Fuente: Autores. ....	91
Figura 81 Deformación total de la estructura. Fuente: Autores. ....	92
Figura 82 Factor de Seguridad. Fuente: Autores.....	92
Figura 83 Esfuerzo cortante. Fuente: Autores. ....	93
Figura 84 Dirección Principal de esfuerzo. Fuente: Autores.....	93
Figura 85 Fuerza de reacción. Fuente: Autores.....	94
Figura 86 Estructura para vitrina, primer caso de optimización análisis caso 2. Fuente: Autores. ....	94

Figura 87 Estructura para Vitrinas, segundo caso de optimización, análisis caso 3. Fuente: Autores. ....	94
Figura 88 Esfuerzo equivalente para el caso 2 de una posible optimización de la vitrina. Fuente: Autores. ....	95
Figura 89 Esfuerzo equivalente para el caso 3 de una posible optimización de la vitrina. Fuente: Autores. ....	95
Figura 90 Deformación total de la estructura para el caso 2 de una posible optimización de la vitrina. Fuente: Autores. ....	96
Figura 91 Factor de seguridad para el caso 3 de una posible optimización de la vitrina. Fuente: Autores. ....	96
Figura 92 Deformación total de la estructura para el caso 3 de una posible optimización de la vitrina. Fuente: Autores. ....	97
Figura 93 Factor de Seguridad de la estructura para el caso 3 de una posible optimización de la vitrina. Fuente: Autores.....	97
Figura 94 Esfuerzo cortante en la estructura para el caso 2 de una posible optimización de la vitrina. Fuente: Autores. ....	98
Figura 95 Esfuerzo cortante en la estructura para el caso 3 de una posible optimización de la vitrina. Fuente: Autores. ....	98
Figura 96 Dirección principal del esfuerzo en la estructura del caso 2 de una posible optimización de la vitrina. Fuente: Autores.....	98
Figura 97 Dirección Principal del Esfuerzo Optimizado. Fuente: Autores.....	99
Figura 98 Columna guía para soporte de vitrinas. Fuente: Autores .....	100
Figura 99 Geometría para el caso 1. Fuente: Autores .....	100
Figura 100 Malla generada para el elemento del caso 1. Fuente: Autores.....	101
Figura 101 Ajuste de nodos para las ranuras diseñadas para anclaje y elevación. Fuente: Autores .....	101
Figura 102 Base en la guía para soporte de la estructura. Fuente: Autores.....	101
Figura 103 Ajuste de nodos para análisis de agujeros de anclaje. Fuente: Autores .....	102
Figura 104 Métrica de malla de relación de aspecto en el caso 1. Fuente: Autores.....	102
Figura 105 Medida de malla de skewness (asimetría) en el caso 1. Fuente: Autores ..	102
Figura 106 Soporte fijo en la base del elemento. Fuente: Autores.....	103
Figura 107 Carga remota en la superficie cielo. Fuente: Autores .....	103
Figura 108 Configuración del análisis del sistema. Fuente: Autores .....	104
Figura 109 Equivalente de esfuerzo Von Mises en caso 1. Fuente: Autores .....	104
Figura 110 Deformación total de la estructura en caso 1. Fuente: Autores.....	105
Figura 111 Factor de seguridad en el caso 1. Fuente: Autores.....	105



Figura 112 Esfuerzo cortante caso 1. Fuente: Autores .....	106
Figura 113 Fuerza de Reacción en caso 1.Fuente: Autores.....	106
Figura 114 Traba, mecanismo de soporte. Fuente: Autores .....	107
Figura 115 Malla general para el elemento. Fuente: Autores.....	107
Figura 116 Métrica de malla de relación de aspecto en el caso 1. Fuente: Autores.....	108
Figura 117 Medida de malla de Skewness (asimetría). Fuente: Autores .....	108
Figura 118 Medida de malla de Ortogonal. Fuente: Autores .....	108
Figura 119 Soporte Revolute-Ground en el giro del Elemento. Fuente: Autores .....	109
Figura 120 Desplazamiento aplicado. Fuente: Autores.....	109
Figura 121 Resorte para recuperación del mecanismo. Fuente: Autores .....	110
Figura 122 Equivalente de esfuerzo Von Mises en caso (Mejora de material). Fuente: Autores .....	111
Figura 123 Deformación total de la estructura. Fuente: Autores .....	111
Figura 124 Factor de Seguridad. Fuente: Autores .....	112
Figura 125 Esfuerzo Cortante. Fuente: Autores .....	112
Figura 126 Deformación del elemento. Fuente: Autores .....	113
Figura 127 Equivalente de esfuerzo Von Mises. Fuente: Autores .....	113
Figura 128 Deformación total de la estructura. Fuente: Autores .....	114
Figura 129 Factor de seguridad. Fuente: Autores.....	114
Figura 130 Esfuerzo Cortante. Fuente: Autores .....	115
Figura 131 Dirección Principal de esfuerzo. Fuente: Autores.....	115
Figura 132 Fuerza de Reacción. Fuente: Autores .....	116
Figura 133 Soporte y guía de la columna. Fuente: Autores. ....	117
Figura 134 Columna guía. Fuente: Autores. ....	119
Figura 135 Vitrina. Fuente: Autores.....	120
Figura 136 Elevador hidráulico. Fuente: Autores .....	121
Figura 137 Procedimiento de elevación de vitrina. Fuente: Autores .....	128
Figura 138 Procedimiento para descenso de la vitrina. Fuente: Autores .....	129

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Fuentes de iluminación artificial. [10].....	28
Tabla 2 Niveles de iluminancia máxima recomendada. [11] .....	29
Tabla 3 Clasificación de algunos aceros. [25].....	35
Tabla 4 Composiciones y propiedades comunes de los aceros inoxidable. [24] .....	36
Tabla 5 Propiedades más importantes entre policarbonato y acrílico. [29].....	39
Tabla 6 Especificaciones técnicas del elevador hidráulico eléctrico. [33] .....	43
Tabla 7 Especificaciones técnicas del elevador hidráulico manual. [34] .....	44
Tabla 8 Variables ambientales presentes dentro del museo. Fuente: Autores.....	57
Tabla 9 Medidas externas para las diferentes vitrinas. Fuente: Autores .....	59
Tabla 10 Cantidad total de modelos de vitrinas a diseñar. Fuente: Autores .....	59
Tabla 11 Principales materiales a utilizar en la estructura de las vitrinas. Fuente: Autores .....	64
Tabla 12 Materiales a utilizar para el desarrollo de control de las luminarias. Fuente: Autores .....	84
Tabla 13 Dimensiones para construcción de las vitrinas. Fuente: Autores .....	88
Tabla 14 Resumen de Valores. Fuente: Autores .....	99
Tabla 15 Dimensiones para el caso 1. Fuente: Autores.....	100
Tabla 16 Rubros del proyecto. Fuente: Autores .....	116
Tabla 17 Costo de materiales para soporte y guía de la columna. Fuente: Autores.....	117
Tabla 18 Costo de fabricación para soporte y guía de la columna. Fuente: Autores. ..	117
Tabla 19 Costo total de fabricación para soporte y guía de la columna. Fuente: Autores. ....	118
Tabla 20 Costo de materiales para columna guía. Fuente: Autores. ....	119
Tabla 21 Costo de fabricación para columna guía. Fuente: Autores.....	119
Tabla 22 Costo de materiales para la vitrina. Fuente: Autores.....	120
Tabla 23 Costos de fabricación para la vitrina. Fuente: Autores.....	120
Tabla 24 Costo de accesorio de elevación. Fuente: Autores .....	121
Tabla 25 Costo de materiales del sistema eléctrico. Fuente: Autores .....	121
Tabla 26 Costo total del proyecto. Fuente: Autores .....	122

## **RESUMEN**

En el presente trabajo se muestra el diseño de vitrinas electromecánicas de desplazamiento vertical a ser utilizadas para el museo de arte religioso de la Iglesia del Sagrario de la ciudad de Cuenca, proyecto propuesto por la Ilustre Municipalidad de Cuenca.

Para el desarrollo, inicialmente se determinan las condiciones físicas y de infraestructura en las que se encuentra el museo, así como las normas que se establecen para una correcta exposición de obras que consideren las características físicas que poseen las reliquias que serán colocadas dentro de las vitrinas para su exposición. Con base a estos datos se presentan las cualidades que deben cumplir las vitrinas dentro del museo priorizando la seguridad de los visitantes, del operador que las controla y las obras que se exhiben.

Una vez identificado todas las condiciones físicas del museo se presentan propuestas de elevación en base a sistemas mecánicos, electromecánicos y eléctricos, rescatando sus ventajas y poniendo en evidencia sus falencias, en este punto se trata de que el sistema utilizado se encuentre en armonía con el ambiente que lo rodea.

Se utiliza el software Inventor Professional® y AutoCAD® para realizar el diseño de las vitrinas y el sistema de elevación con sus componentes, elementos y mecanismos que las conforman, además con ayuda del software ANSYS® se analiza la resistencia de los mecanismos más críticos sometidos a las diferentes condiciones mecánicas, fundamentalmente se analiza la estructura, el sistema de traba, la columna guía y su empotramiento.

Mediante el software especializado DIALux® se procede con el diseño del sistema de iluminación en base al tamaño de las vitrinas y el ambiente a las que están expuestas, haciendo uso de la domótica para el encendido de las luminarias con el fin de restar elementos visibles dentro de las vitrinas.

Se realiza un manual de usuario donde el operador del museo pueda manejar las vitrinas sin inconvenientes detallando el procedimiento para elevar y bajar las mismas.

Finalmente, se presenta un análisis de costos unitarios para la construcción y emplazamiento de las vitrinas, datos que serán utilizados por la Ilustre Municipalidad de Cuenca a fin de planificar su construcción.

## **ABSTRACT**

This work shows the design of electromechanical display cabinets of vertical displacement to be used for the religious art museum of the Church of the Tabernacle of the city of Cuenca, a project proposed by the Illustrious Municipality of Cuenca.

For the development, initially the physical and infrastructure conditions in which the museum is located are determined, as well as the norms that are established for a correct exhibition of works that consider the physical characteristics that the relics that will be placed inside the showcases have for exhibition. Based on these data, the qualities that the showcases must fulfill within the museum are presented, prioritizing the safety of the visitors, the operator that controls them and the works that are exhibited.

Once all the physical conditions of the museum have been identified, proposals for elevation are presented based on mechanical, electromechanical and electrical systems, rescuing their advantages and demonstrating their shortcomings, at this point it is about the system used being in harmony with the surrounding environment.

The Inventor Professional® and AutoCAD® software is used to design the showcases and the lifting system with its components, elements and mechanisms that make them up, and with the help of the ANSYS® software, the resistance of the most critical mechanisms subjected to the different ones is analyzed. Mechanical conditions, mainly the structure, the locking system, the guide column and its embedment are analyzed.

Through specialized DIALux® software, the lighting system is designed based on the size of the display cabinets and the environment to which they are exposed, making use of home automation for lighting the luminaires in order to subtract visible elements within showcases.

A user manual is made where the museum operator can handle the showcases without problems detailing the procedure to raise and lower them.

Finally, an analysis of unit costs for the construction and location of the showcases is presented, data that will be used by the Municipality of Cuenca to plan the construction.

## **1. Tema**

Diseño de vitrinas con dispositivo electromecánico de desplazamiento vertical para el museo de arte religioso de la iglesia del Sagrario de la ciudad de Cuenca.

## **2. Introducción**

En el mes de septiembre del año 2018 la Universidad Politécnica Salesiana y el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Cuenca celebran un convenio para el diseño de vitrinas electromecánicas con mecanismos especiales de sujeción y movimiento, para ser implementadas en el museo de arte religioso en la Iglesia del Sagrario o Catedral Vieja como hoy es conocida.

La Catedral Vieja actualmente es un lugar utilizado para diferentes eventos religiosos y del tipo artístico, razón por la cual con los diseños propuestos en este documento se pretende optimizar el espacio interior de la catedral con la adecuación de vitrinas electromecánicas que permitan en base a los requerimientos, información disponible y necesidades específicas preservar la seguridad de las personas y la integridad de las obras que serán expuestas.

Inicialmente, se hace referencia al estado del arte de un museo, para sentar bases sobre lo que se va a tratar durante este proyecto, además se detallan las condiciones para museos que se deben tomar en cuenta como son: ambientales, tipos de vitrinas, seguridad contra robo y vandalismo. También, se hace una breve referencia a los materiales para la construcción de las vitrinas y mecanismos existentes en el mercado nacional.

Una vez sentadas las bases del proyecto e identificadas las necesidades dentro del museo que deben cumplir las vitrinas que van a contener las obras, se procede al diseño de las vitrinas y los diferentes dispositivos que forman parte del mismo, en esta fase se desarrollan los cálculos de resistencia sobre la estructura y los mecanismos que lo conforman, además de la selección de los diferentes materiales que serán utilizados en la construcción de las vitrinas y el tipo de estructuras que se proponen, los cuales serán simulados en software de ingeniería para garantizar el soporte de las cargas definidas en las vitrinas.

Finalmente se indica un análisis de costos unitarios costo total del proyecto en base a proveedores nacionales y un manual de operación.

### **3. Planteamiento del Problema**

#### **3.1 Antecedentes del problema**

Ante la necesidad de presentar al público en general una colección de aproximadamente 964 bienes artísticos de invaluable valor cultural que posee la ciudad de Cuenca, la Ilustre Municipalidad de Cuenca ha escogido los espacios de la Iglesia del Sagrario como sitio adecuado para la exhibición de dicha colección, en vista de que este espacio es de propiedad de la Curia de Cuenca y es utilizado para distintos eventos durante la semana han solicitado que se planifique la exhibición del arte religioso con un sistema que sea móvil y que pueda reubicarse cuando el espacio de la Iglesia vaya ser utilizado en otros eventos distintos al del museo.

En este sentido es necesario diseñar sistemas de vitrinas que tengan la posibilidad de moverse de manera vertical y ubicarse entre las columnas que existen en la Iglesia del Sagrario, los sistemas que pueden utilizarse para dar la movilidad podrán ser electromecánicos, electroneumáticos o electrohidráulicos.

#### **3.2 Importancia y alcances**

Se debe tener en cuenta que las columnas que se encuentran al interior de la Catedral Vieja son patrimonio y no son aptos para sostener la estructura de las vitrinas razón por la cual es necesario la implementación de columnas que permitan el soporte y la movilidad de las estructuras. Todos estos mecanismos, estructuras y sistemas a colocar no deben ser invasivas visualmente ni afectar al bien patrimonial al interior de la Catedral Vieja.

La movilidad de los visitantes dentro del museo es de suma importancia para hacer del recorrido cómodo, agradable y seguro, además por motivos de una posible evacuación se requiere salir de manera rápida y ordenada por la cual los espacios deben ser optimizados y/o aprovechados lo más posible, para ello se pretende la colocación vitrinas electromecánicas con desplazamiento vertical.

La posición natural de la vitrina se da en la parte inferior; cuando se realizan eventos culturales, sociales y/o religiosos, éstas se elevarán hasta la parte superior logrando que no se interrumpa el paso a los visitantes y evitando la aglomeración de personas. Para ello es imprescindible que el diseño de vitrinas garantice la seguridad tanto al público como a las obras en cualquier posición que éstas se encuentren.

Por otra parte, en los grandes museos internacionales, estos dispositivos son muy costosos, por lo que se pretende conseguir un diseño mucho más económico con

relación a otros que existen en el mercado mundial, tratando de implementar en el diseño materiales y equipos que están disponibles en el mercado ecuatoriano.

### **3.3 Delimitación**

El proyecto se desarrollará en la provincia del Azuay, cantón Cuenca, con visitas al museo de arte religioso para la obtención de datos como humedad, luminosidad, longitudes y espacio disponible. El diseño se lo realiza con software especializado pudiendo crear diseños de tipo 2D y 3D, además del cálculo computacional de elementos sometidos a esfuerzos mediante método de elementos finitos.

### **3.4 Problema General**

¿Cuál es el diseño más óptimo para vitrinas móviles que garanticen la integridad de las obras religiosas y la seguridad del público que las visita, además de respetar la tendencia arquitectónica del museo?

### **3.5 Problemas Específicos**

- ¿Cuáles son las condiciones específicas requeridas del arte a exhibir, estudio museográfico y normativas del patrimonio cultural?
- ¿Cuáles son los parámetros básicos de diseño requeridos y que se pueden obtener directamente en la Iglesia del Sagrario?
- ¿Qué elementos y mecanismos conformarían las vitrinas para lograr que se desplacen verticalmente y que sean ligeras y seguras?
- ¿Cuáles son los elementos mecánicos más críticos dentro del sistema de movilidad de vitrinas para que sean calculados y analizarlos mediante software especializado?
- ¿Cuál es el costo de implementación del proyecto?

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

Diseñar vitrinas con dispositivo electromecánico de desplazamiento vertical para el Museo de arte religioso de la Iglesia del Sagrario de la ciudad de Cuenca.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Establecer cuáles son las condiciones específicas requeridas del arte a exhibir, estudio museográfico y normativas del patrimonio cultural.
- Determinar cuáles son los parámetros básicos de diseño requeridos y que se pueden obtener directamente en la Iglesia del Sagrario.
- Determinar qué elementos y mecanismos conformarían las vitrinas para lograr que se desplacen verticalmente y que sean ligeras y seguras.

- Determinar cuáles son los elementos mecánicos más críticos dentro del sistema de movilidad de vitrinas para que sean calculados y analizarlos mediante software especializado.
- Valorar cuál es el costo de implementación del proyecto, establecer un manual de usuario.

## **5. Marco Teórico Referencial**

Para sentar bases de conocimiento sobre las condiciones que se deben tener en cuenta para la generación del proyecto, debemos tener claro la función de un museo, las características y normas a las cuales se encuentra sometida para la conservación de bienes; además conocer sobre los diferentes materiales que se pueden utilizar en la construcción de las vitrinas para museo.

### **5.1. La Catedral Vieja**

En la provincia del Azuay, existen alrededor de 23 museos [1], uno de los cuales es la Iglesia de El Sagrario conocida como Catedral Vieja edificada en el año 1567, misma que actualmente funciona como museo de arte religioso; esta edificación entre los años 1557 y 1924 tuvo varias ampliaciones y años después en 1981 esta iglesia fue cerrada por completo debido a que la gente asistía mayoritariamente a las eucaristías realizadas en la Catedral Nueva; años más tarde en 1999 se reabrió la iglesia e inició el proceso de restauración que duró hasta el año 2005, y durante los 6 años de la rehabilitación se recuperaron varios metros de pintura mural que existen en las paredes y que habían sido cubiertas, [2] así la Catedral Vieja hoy es un espacio utilizado como Museo de Arte Religioso, eventos culturales, y conciertos.

### **5.2. Museos**

Según la International Council Of Museums “ICOM” define un museo como una institución permanente, sin fines de lucro, al servicio de la sociedad y abierta al público, que adquiere, conserva, estudia, expone y difunde el patrimonio material e inmaterial de la humanidad con fines de estudio, educación y recreo. [3] En resumen, el principal objetivo de un museo es de conservar y difundir el patrimonio tangible e intangible de sus obras, es así que existen diferentes tipos de museos los cuales pueden ser clasificados según distintos criterios como por ejemplo museos de arte, de ciencias, de historia, etc. A continuación, se presenta una breve clasificación de los museos.



### **5.2.1. Clasificación de los museos**

La Fundación Instituto Latinoamericano de museos y Parques (2016), clasifica a los museos bajo la definición de Patrimonio cultural intangible inmueble, ya que custodia patrimonio [4], entre éstos tenemos:

- Museo de arte:

Expone obras de bellas artes, artes gráficas, aplicadas y decorativas, esculturas, galerías de pintura, museos de fotografía y cinematografía, museos de arquitectura, museos de arte religioso y galerías de exposición que dependen de las bibliotecas y archivos.[4]

- Museos de Antropología

Su objetivo es la conservación y difusión de manifestaciones culturales que aseveran la existencia de sociedades pasadas y presentes. Abarca a los museos de arqueología, etnología y etnografía que exponen materiales sobre la cultura, las estructuras sociales, las creencias, las costumbres y las artes de los pueblos indígenas, grupos étnicos y campesinos.[4]

- Museos de Historia

Dedicados a exponer la evolución histórica de una región o país durante un periodo determinado a través del tiempo. Incluye a museos que presentan colecciones de objetos históricos y de vestigios, museos conmemorativos, museos de archivos, museos militares, museos de personajes o procesos que han hecho historia, museo de “la memoria” entre otros.[4]

- Museos de Ciencia y Tecnología

Dedicados a conservar y difundir los patrimonios históricos, científicos y tecnológicos de una o varias ciencias exactas, así como: astronomía, matemáticas, física, química, ciencias de la medicina, también incluye los diferentes procesos productivos de materias primas o productos derivados, puede incluir planetarios y centros científicos.[4]

- Museos de Ciencias Naturales

Dedicados a la exposición de temas relacionados con una o varias de las siguientes disciplinas: biología, botánica, geología, zoología, paleontología, ecología. [4]

### **5.2.2. Sistema Ecuatoriano de Museos (SIEM)**

En el Ecuador el ente encargado de planes, programas y proyectos relacionados al sector museístico es el Sistema Ecuatoriano de Museos (SIEM). Es así que tenemos las políticas de museo en Ecuador para la conservación de las artes en donde se menciona

que la política nacional de museos tiene como objetivo elaborar propuestas de políticas públicas que lleven al mejoramiento del sector museístico nacional de forma que se promueva la preservación y valorización del patrimonio cultural ecuatoriano llevando al desenvolvimiento y revitalización de las instituciones museísticas existentes. [1]

Nuestro proyecto se enfoca específicamente hacia un museo de Arte Religioso en el cual se presentan obras tales como hermosas esculturas talladas por hábiles artesanos, cuadros, lienzos y demás objetos que cuentan los sucesos religiosos que se han vivido en la ciudad de Cuenca.

### 5.2.2.1. Museo de la Catedral Vieja.

El Ecuador es un país pluricultural y es por eso que se cuenta con varios museos en los cuales se puede encontrar y conocer diferentes datos históricos, leyendas, flora y fauna, rincones naturales y obras destacadas de artistas de nuestro país que exponen sus obras al público que asiste a los museos a maravillarse con estas obras maestras.

La iglesia del Sagrario conocida como Catedral Vieja es la Iglesia más antigua de la ciudad de Cuenca-Ecuador; está ubicada en las calles Sucre 7-78 y Luis Cordero (esquina). Según datos históricos esta iglesia (Figura 1) fue construida 10 años después de la fundación española en la ciudad. En su interior existen valiosas obras de arte como cuadros, esculturas y otros elementos de la historia religiosa de los cuencanos a través de los años.



Figura 1 Primera foto de la plaza mayor y al fondo la Catedral Vieja. [5]

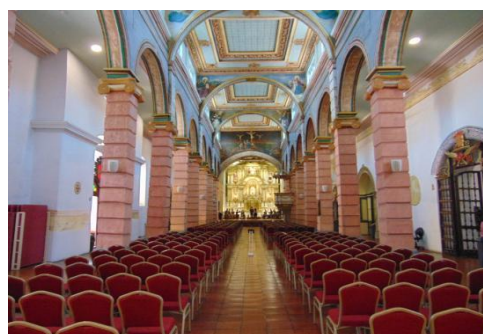


Figura 2 Fotografía actual del interior de la Catedral Vieja. Fuente: Autores

### 5.2.3. Condiciones básicas para la exposición de obras en museos

Según el manual de montaje de exposiciones escrito por Fernando Barbosa [6] define una exposición como un conjunto de objetos e ideas que se exhiben a un público por ser dignos de mostrarse, mismas que persiguen un fin determinado con la exhibición de las obras sean estas de bienes materiales y conocimientos que se relacionan entre sí.

Con el fin de exhibir en forma correctas las obras de arte se toman en cuenta ciertas condiciones básicas tales como:

### 5.2.3.1. La Circulación

En la Catedral Vieja se puede decir que el diseño y la ubicación de las vitrinas están sujetas a este tema, pues la circulación en el museo se refiere concretamente al espacio en donde se va a exponer las obras y el espacio por donde circulan y ocupan los visitantes dentro de la exposición y según el manual de montaje de exposiciones, existe un límite mínimo de espacio de circulación que es el necesario para permitir el desplazamiento cómodo de dos personas, éste espacio mínimo se ha establecido en 1.4 m. [6]

Existen un sinnúmero de combinaciones que se podrían tomar para presentar obras en el museo, como por ejemplo la tipología de circulación de Lehmbrock mostrada en la Figura 3 que presenta algunas combinaciones básicas.

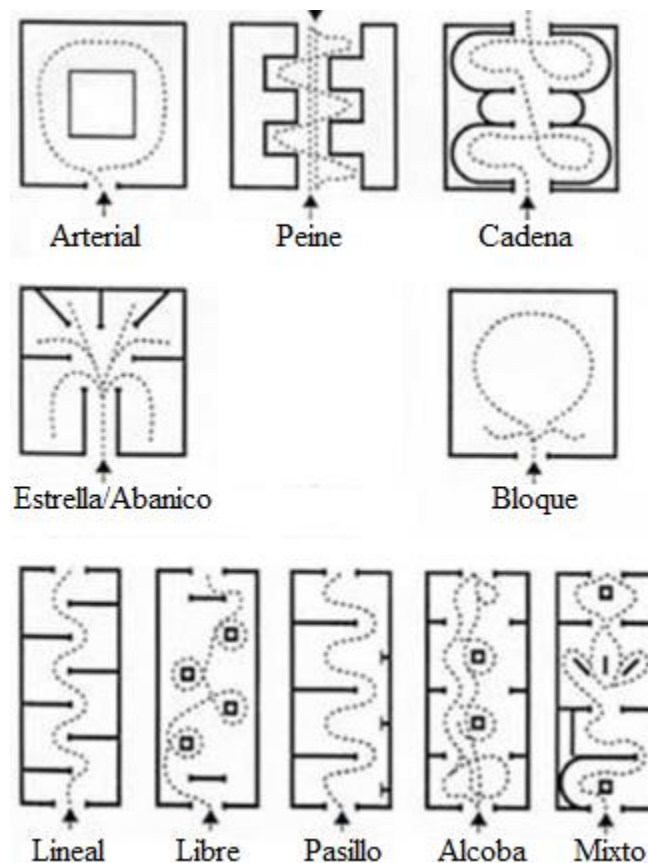


Figura 3 Modelo de circulación de exposiciones. [7]

Sin embargo, hay que tomar en cuenta que ciertos eventos dentro de la Catedral Vieja serán diferentes a los de exposición de obras, por lo tanto, se prevé una aglomeración de personas en donde las vitrinas deben permitir la libre circulación, de modo que las vitrinas tienen que estar en una posición superior que permitan tener una

altura libre de paso de 2.20m como se muestra en la Figura 4, pues esta es la altura mínima recomendada por la norma técnica INEN 2243. [8]

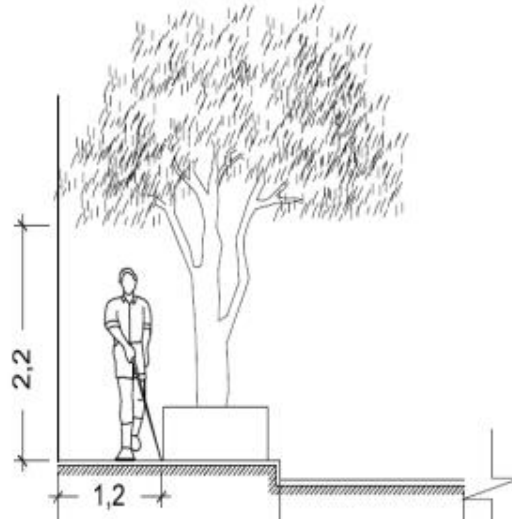


Figura 4 Accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida al medio físico, Vías de circulación peatonal. Altura referencial para las vitrinas en posición superior. [8]

### 5.2.3.2. La Iluminación

La iluminación dentro de los museos es un componente fundamental pues esta permite a los visitantes reaccionar ante el entorno bajo nuevas percepciones a las obras de arte. Generalmente los museos juegan con dos tipos de luz (natural y artificial) en donde se busca crear una atmosfera y además preservar las obras.

La luz natural es como su nombre lo indica, aquella que proviene de fuentes de luz natural como por ejemplo el sol, el fuego, relámpagos o la bioluminiscencia de algunos seres vivos, pero prácticamente podemos decir que la luz natural del sol es la más práctica, es decir la luz de día. Aunque hay que considerar que, al utilizar la luz de día sobre un espacio, los interiores del recinto sobre los que incida la luz se pueden crear superficies reflejantes y causar efectos negativos a la apreciación de las obras, además si se permite que la luz de día incida directamente sobre las obras u objetos, esta podría deteriorarlas y dañarlas debido a sus muy altas concentraciones de luz ultravioleta. [9]

La luz artificial en cambio es la producida por el ser humano, es así que encontramos varios tipos de fuentes de luz artificial como por ejemplo lámparas, fibra óptica, cátodo frio, leds, HID, bombillas, etc. para esto la Sociedad de Ingeniería de Iluminación de Norte América (IESNA por sus siglas en inglés) proporciona parámetros y estándares para el diseño de iluminación en un museo en donde se cita que para

museos los fluorescentes compactos de tungsteno halógeno, HID y PAR son los más utilizados para una iluminación general, a continuación en la

Tabla 1 se puede observar algunas características de diferentes fuentes de iluminación artificial. [9]

Tabla 1 Fuentes de iluminación artificial. [10]

<b>Tipo de Iluminación</b>	<b>Característica</b>
<b>Halógeno</b>	Tienen una excelente reproducción del color permitiendo un alto control óptico La luz puede dirigirse para formar acentos y sirve para evitar infrarrojos.
<b>Fluorescente</b>	No genera calor y puede ser usada de forma indirecta o directa sobre las obras siempre que se cuente con filtros UV
<b>Fibra Óptica</b>	Es un medio para transmitir luz, aun es poco utilizado en museografía por el alto costo Transmite muy bien la luz visible, permite regular su espectro de luz y controlar su intensidad.
<b>LED</b>	Para muchos especialistas con la luz LED aún no se tiene el índice de reproducción cromática requerido para aplicaciones museográficas, así por ejemplo los blancos son muy fríos. Se utiliza en vitrinas que exhiben joyería o metales que no requieren un espectro continuo.

Para llevar a cabo el proyecto nos centramos únicamente en la iluminación artificial dentro de las vitrinas para lo cual según el manual de montaje de exposiciones [6] indica que el reparto de luz no debe ser dirigido al espectador o al suelo, sino únicamente al objeto que se desea mostrar, para esto debemos tener presente ciertos términos sobre la iluminación artificial como son: Iluminancia, estilos de luminarias, adaptación visual, deslumbramiento, índice de reproducción cromática, temperatura del color, iluminación por capas, mantenimiento.

#### **5.2.3.2.1 Iluminancia**

La iluminancia o nivel de iluminación es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie total por unidad de área, se mide en lux que es un equivalente a un lumen por metro cuadrado. Las mediciones de iluminancia se realizan con un luxómetro que es un aparato el cual mide la cantidad de iluminación que recibe un objeto.

En la Tabla 2 se presenta los rangos de lux recomendados a los que debe ajustarse según sea la naturaleza de las piezas.

Tabla 2 Niveles de iluminancia máxima recomendada. [11]

<b>Tipos de materiales</b>	<b>Rangos de lux</b>
Materiales orgánicos sometidos a procesos de secado	Hasta 50 lux
Muestras biológicas, cestería, entre otros.	
Textiles	
Papel (libros, cuadernos, hojas, planos)	
Fotografías, negativos y filmes	
Tapices	
Materiales colorantes (acuarela, gouache, tinta)	
Cuero	
Pieles y plumas	
Muestras geológicas y paleontológicas.	
Muestras biológicas conservadas en líquido	Hasta 150 lux
Oleos	
Acrílicos	
Colores naturales	
Superficies acabadas en madera	
Muebles	Hasta 300 lux
Metales pulidos (bronce, aluminio, acero)	
Piedra	
Cerámica	
Vidrio	
Esmaltes	

#### 5.2.3.2 Duración de la exposición a la luz

Existe un efecto de degradación de las obras que es igual al producto del nivel de iluminación sobre la obra por el tiempo de exposición al que está sometida, lo que quiere decir que sufre igual degradación una obra iluminada con 100 lux por 2000 horas que una con 50 lux por 4000 horas [12] por lo tanto se puede decir que al incrementar los niveles de iluminación se debe reducir el tiempo de exposición o recurrir a la rotación de las obras expuestas.

#### 5.2.3.3. La seguridad en los museos

La seguridad en los museos se refiere a las medidas destinadas a la protección tanto de las personas en general, como de las obras. Es así que cada museo debe contar con su propio plan global de seguridad. [13] Los recintos o el lugar en donde sean exhibidas las obras se debe tener puertas y ventanas que sean resistentes a eventos vandálicos que garanticen seguridad contra robos. [14] Y es importante tener en cuenta la seguridad contra robos en los museos, pues existen obras de incalculable valor no solo monetario sino también cultural llegando a representar muchas veces un verdadero patrimonio; por

esta razón la seguridad es primordial, y en nuestra ciudad como en cualquier otra ciudad del mundo se deben tomar precauciones para evitar robos de las obras, pues según una nota del diario El Comercio “Cuenca tiene poca seguridad en los museos. [15]

#### **5.2.4. Las vitrinas para la exposición de obras en museos**

Las vitrinas como se muestra en la Figura 5 son el mejor recurso para exhibir objetos pues son muebles acristalados y con estantes que responden fundamentalmente a necesidades de seguridad de los objetos, pero sin obstaculizar la percepción de las piezas contribuyendo a resaltarlas. Deben tener características formales extremadamente simples como proteger al objeto, permitir visibilidad, tener una buena apariencia; todo esto para lograr concentrar la atención sobre las piezas expuestas. [6]



Figura 5 Vitrina de alta seguridad para museos. [16]

##### **5.2.4.1. Tipos de vitrinas**

Las vitrinas para museos pueden ser de diferentes tipos y según las características de los objetos que se desea exponer estableciendo las condiciones de visibilidad y seguridad que las mismas deben ofrecer a los objetos a exponer.

Podemos citar algunos tipos de vitrinas, por ejemplo: vitrinas horizontales, centrales y de plataforma.

###### **5.2.4.1.1 Vitrinas horizontales**

Las vitrinas horizontales también conocidas como vitrinas de mesa son usadas para exponer objetos que por su configuración y conservación deben estar exhibidos de manera horizontal (papel, textil, libros) y los cuales van a ser observados desde arriba

como se observa en la Figura 6. La altura de estas vitrinas oscila entre los 80 y 90 cm. para facilitar la observación para los niños, adultos y personas discapacitadas. [6]



Figura 6 Vitrina horizontal con cubo de vidrio [17]

#### 5.2.4.1.2 Vitrinas verticales

Las vitrinas verticales son usadas para exhibir piezas de mayor tamaño o agrupaciones de varias piezas menores [18] es así que existe un gran número de tipos de vitrinas verticales: de una cara, (...), cinco caras, rectangulares, empotradas a la pared, suspendidas del techo, etc. Por lo que prácticamente para cada necesidad se ha diseñado una vitrina diferente. [6] a continuación se presenta una clasificación de acuerdo a la ubicación en el espacio.

- De Pared y empotradas

Las vitrinas de pared Figura 7 y las vitrinas empotradas Figura 8 permiten tener máximo tres planos visuales de las obras que se exhiben. [18]



Figura 7 Vitrina vertical de pared [19]



Figura 8 Vitrinas verticales empotradas [20]

- Centrales y de plataforma

Este tipo de vitrinas como el de la Figura 9 tiene la ventaja de permitir acomodar varios tipos de piezas en una misma vitrina con la ventaja de permitir la apreciación de las obras por los cuatro planos visuales, de esta manera las vitrinas de plataforma se



utilizan para exhibir piezas de gran formato como las estatuas, armaduras, escultura, muebles o prendas. [18]



Figura 9 Vitrina central [21]

#### 5.2.4.2. Diseño de vitrinas

Las vitrinas se diseñan bajo las siguientes características:

- Ser estables y no vibrar
- Garantizar la seguridad de los objetos
- Deben ser accesibles para montar y desmontar objetos
- Deben estar fabricadas de materiales inertes que no deterioren las piezas exhibidas en su interior
- Tener una mayor iluminación que la sala en donde se encuentra para evitar reflexión del visitante sobre el vidrio.
- Con fácil acceso para el mantenimiento básico (cambio de luminarias, limpieza)

##### 5.2.4.2.1 Elementos de vitrinas

Las vitrinas deben estar compuestas por los siguientes elementos y/o componentes mostrados en la Figura 10 y descritos a continuación:

- *Área de servicios:* es la parte superior de la vitrina en donde se ubican los sistemas de iluminación, sensores de seguridad. Este se debe poder acceder sin necesidad de desmontar objetos o poner en riesgo el contenido de la vitrina.
- *Área de exhibición de piezas:* parte en donde se exhibirán los objetos para el público.
- *Área de conservación:* espacio destinado para el control de las condiciones ambientales con sálico gel.
- *Cuerpo de la vitrina:* le da la estructura e integra todos los componentes.
- *Área técnica:* espacio destinado a los equipos que hacen parte del sistema de iluminación o de otros sistemas.
- *Área de Iluminación:* debe presentar las condiciones necesarias que eviten el deterioro por la emisión de rayos UV e infrarrojos.



Figura 10 Elementos compositivos de una vitrina. [18]

#### 5.2.4.2.2 Seguridad en las vitrinas

La seguridad en las vitrinas se refiere tanto a la seguridad que deben prestar las vitrinas a las obras como a la seguridad para con las personas que se encuentren cerca de las vitrinas o que manipulen las mismas. De igual manera no se debe tener resquicios en las vitrinas debido a que se puede introducir elementos extraños (basura) y además pueden dar un lugar para hacer palanca y forzar las cerraduras. Antes de colocar los objetos a exponer conveniente probar las vitrinas sometiénola a diversas pruebas de resistencia para comprobar si existe algún fallo en el diseño y subsanarlo. [22]

Se considera las siguientes normas de seguridad para las vitrinas y cualquiera que sea la medida de precaución que se adopte en cada caso, debe tenerse en cuenta la incidencia que presente sobre el diseño del montaje y la apreciación de las exposiciones

Las vitrinas deben ser diseñadas con:

- *Protección contra robo:* deben ser diseñadas de manera que se garantice la seguridad contra robos y posibles actos vandálicos.
- *Protección contra incendio:* los materiales escogidos deben ser resistentes al fuego, además que las instalaciones eléctricas deben verificarse periódicamente para evitar cortocircuitos.
- *Protección contra humedad:* los efectos de la humedad sobre la conservación o deterioro de los objetos pueden resultar de gravedad e irreversibles; por lo tanto

para evitar cualquier fuente de humedad que pueda afectar a las obras, se coloca dentro de la vitrina un compartimento diseñado para contener *gel de sílice* el cual es un polímero sintético con una composición basada en el óxido de silicio; es químicamente inerte, inocuo, dimensionalmente estable no corrosivo y no delicuescente comercializada en forma de gránulos porosos de distintas dimensiones con una estructura no cristalina. [14]

- *Protección contra temperatura:* Al igual que la humedad cualquier cambio de temperatura podría alterar la integridad del objeto; según sea la temperatura así será la cantidad de humedad que podrá contener el aire. [23] los cambios bruscos de temperatura producidos desde el exterior del recinto deben preverse y eliminarse totalmente, no sólo con respecto a actividades que involucren maquinaria de alta temperatura, sino también con relación a los efectos del sol: el techo de la sala debe poseer algún aislante térmico y sobre los muros que puedan transmitir el calor del sol las obras no podrán colocarse. [6]

### **5.2.4.3. Materiales para la construcción de las vitrinas**

Según el libro de La Conservación preventiva en los museos, indica que los materiales utilizados para la construcción de las vitrinas deben ser en lo posible resistentes al fuego, impactos, humedad y duraderos, además la estructura de la que esté construida la vitrina debe estar bien equilibrada para aguantar golpes, vibraciones, etc. y el acceso al interior debe ser sencillo, cómodo y no interferir con los objetos, cuidando siempre de que en lo posible los dispositivos de cierre no sean tan evidentes para evitar intentos de robo. [22]

#### **5.2.4.3.1 Material para armazón de las vitrinas**

El material que se utiliza en la estructura mostrada en la Figura 11 debe ser resistente pues la misma debe presentar seguridad y resistencia a las cargas, además de tener una alta resistencia a la corrosión, por lo tanto, el material sugerido para la estructura interna sobre la que se montan el resto de elementos de la vitrina es acero.

Los aceros son los materiales más utilizados en aplicaciones estructurales y soporte de cargas, pues mediante diferentes tratamientos térmicos se puede lograr diferentes microestructuras y propiedades; según el libro Ciencia e Ingeniería de los Materiales se puede clasificar a los aceros en base a su composición o según la forma en que han sido procesados [24] tal como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3 Clasificación de algunos aceros. [25]

Tipo de acero	Porcentaje de Carbono	Aplicaciones del acero
<b>Aceros bajos al carbono</b>	0.04 a 0.15%	Carrocerías automotrices.
<b>Aceros dulces</b>	0.15 a 0.3%	Edificios, puentes, tuberías
<b>Acero medio carbono</b>	0.3 a 0.6%	Construcción de maquinaria, tractores, equipo para minas
<b>Aceros alto al carbono</b>	Más de 0.6%	Fabricación de muelles, ruedas para carro de ferrocarril y similares
<b>Aceros aleados</b>	Hasta 1% *	Martillos, cinceles, ejes, engranes

\*Además de Carbono, en los aceros aleados exceden en porcentaje en uno o más de los siguientes elementos:  $\geq 1.65\%$  Mn,  $0.6\%$  Si,  $0.6\%$  Cu.

En este trabajo se deja a consideración de la municipalidad y/o constructores la elección del tipo de acero a utilizar, debido a que existen factores que pueden influir en la selección de uno u otro tipo de acero, como por ejemplo el factor económico o estético, a excepción de las columnas verticales sobre las cuales se va a deslizar la estructura, las cuales obligatoriamente son de acero inoxidable 304, pero hacemos referencia a los diferentes tipos de acero que recomendamos utilizar.

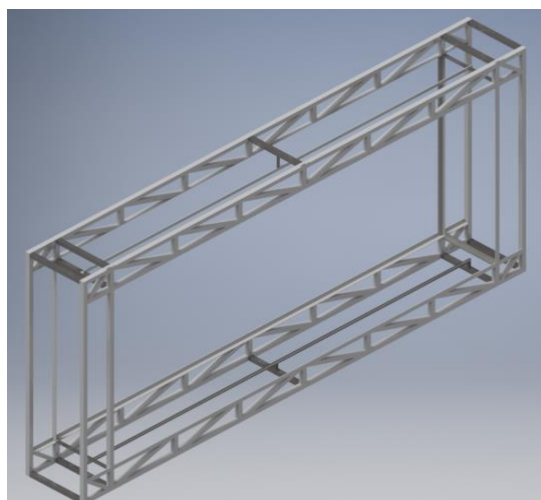


Figura 11 Estructura interna en celosía de la vitrina (diseño preliminar). Fuente: Autores.

#### - **Aceros Inoxidables**

Los aceros inoxidables tienen una excelente resistencia a la corrosión, debido a que contienen un mínimo de alrededor de 11% de Cr, lo cual permite que se forme una capa delgada y protectora de óxido de cromo cuando el acero se expone al oxígeno. [24]

En función de la estructura cristalina y del mecanismo de endurecimiento se observa en la Tabla 4 que existen varias clases de aceros inoxidables.

Tabla 4 Composiciones y propiedades comunes de los aceros inoxidable. [24]

Acero	% C	% Cr	% Ni	Otros	Resistencia a la tensión (psi)	Resistencia a cedencia (psi)	% elongación	Condición
Austenítico:								
201	0.15	17	5	6.5%Mn	95000	45000	40	Recocido
304	0.08	19	10		75000	30000	30	Recocido
					185000	140000	9	Trabajado en frío
304L	0.03	19	10		75000	30000	30	Recocido
316	0.08	17	12					Recocido
321	0.08	18	10					Recocido
347	0.08	18	11					Recocido
Ferrítico:								
430	0.12	17			65000	30000	22	Recocido
442	0.12	20			75000	40000	20	Recocido
Martensítico:								
416	0.15	13		0.6%Mo	180000	140000	18	*
431	0.20	16	2		200000	150000	16	*
440C	1.10	17		0.7%Mo	285000	275000	2	*
Endurecimiento por precipitación:								
17-4	0.07	17	4	0.4%Nb	190000	170000	10	**
17-7	0.09	17	7	1.0%Al	240000	230000	6	**

\*Templado y revenido; \*\*Endurecimiento por envejecimiento

#### 5.2.4.3.2 Material para paneles visibles de las vitrinas

El material a utilizar para que se puedan apreciar los objetos deben ser elementos transparentes, limpios, y agradables visualmente, para ello se seleccionan tres materiales muy utilizados como el acrílico, policarbonato y vidrio pues estos están presentes en museos alrededor de todo el mundo. A continuación, se presentan ciertas propiedades de interés que posee cada uno de estos materiales para indicar cuál es el material más conveniente, en donde deben resaltar características como: resistencia al impacto, índice de refracción, dureza y resistencia a los rayos ultra violeta.

- *Acrílico PMMA*: Los acrílicos son plásticos cuyos polímeros base son polímeros de ácido acrílico o polímeros de monómeros derivados estrictamente de ácido acrílico o son copolímeros de ácido acrílico o sus derivados con otros monómeros. [26]
- *El metacrilato* es un material plástico formado por polímeros de metacrilato de metilo, éster del ácido metacrilato. Su nombre técnico es polimetilmetacrilato (PMMA). Se lo conoce también por otros nombres como, por ejemplo: Presper,

Acrylite, Acryplast, Iymacryl, Lucite Acrivill, Altuglas, Perclax, Oroglas, Trespex Vitroflex o Plexiglas, es conocido también como vidrio acrílico y es uno de los materiales plásticos de mayor consumo. A diferencia del vidrio es irrompible, muy flexible y más transparente. [26] Además de su rigidez y tenacidad posee una buena resistencia química (salvo a ácidos y bases concentrados y bastante disolventes) y a la intemperie, fácil moldeo y buen comportamiento dieléctrico, además de presentar excelente transparencia tan perfecta como el mejor cristal, incluyendo su índice de refracción. [27]

- *Policarbonato Compacto:* El policarbonato se encuentra dentro de la categoría de plásticos de ingeniería y su característica sobresaliente es su dureza extrema. Son transparentes y tienen buena resistencia a la temperatura, pero son atacados por soluciones alcalinas y disolventes de hidrocarburos. Las aplicaciones típicas incluyen cubiertas de lámparas de calle a prueba de vandalismo, biberones para bebés, carcasas de máquinas y protectores, partes de cámaras, componentes eléctricos, equipos de seguridad y discos compactos. [28]
  
- *Vidrio:* El vidrio es un material muy utilizado en nuestro medio, y en los museos no es la excepción, al contrario, es prácticamente imprescindible gracias a sus características como transparencia y dureza, pero existe una limitante de los vidrios que es la fragilidad, lo que implica que un vidrio común (es decir el formado por sílice, cal y sosa) no es apto para museos por las mínimas condiciones de seguridad que presenta tanto para las personas en el entorno como para las obras expuestas. Esta limitante se logra aminorar con la adición de tratamientos especiales. A continuación, se cita algunos tipos de vidrios que han sido sometidos a tratamientos especiales para mejorar notablemente ciertas características.
  - *Vidrio Armado:* El vidrio armado mostrado en la Figura 12 es un vidrio translúcido incoloro al cual durante el proceso de producción se le ha agregado una malla de alambre de acero como se muestra en la figura la cual, ante rotura del vidrio, actuará como soporte temporario del mismo.



Figura 12 Vidrio armado [37]

- *Vidrio Templado*: El vidrio templado mostrado en la Figura 13, es un vidrio tratado térmicamente en donde durante su fabricación se eleva la temperatura hasta cerca de su punto de ablandamiento ( $650^{\circ}$ ) y se lo enfría rápidamente. El vidrio templado se usa en lugar de otros vidrios que requieren aumentar la resistencia y reducir la probabilidad de lesiones en caso de rotura. [28]



Figura 13 Vidrio templado [38]

- *Vidrio Laminado*: Los vidrios laminados mostrados en la Figura 14 son vidrios formados por dos o más láminas de vidrio unidas entre sí por la interposición de una o varias láminas de Poli Vinil Butiral (PVB) aplicadas a presión y calor en una autoclave. Esta configuración combina las propiedades del vidrio (transparencia, dureza, etc.) con las propiedades del PVB (Adherencia al vidrio, Elasticidad, Resistencia al impacto). El vidrio laminado es considerado un vidrio de seguridad porque en caso de rotura los trozos de vidrio quedan adheridos al PVB y no se desprenden. De esta manera constituye una barrera de protección y retención ante el impacto de personas u objetos. [28]



Figura 14 Vidrio laminado [38]

De las mejores opciones que recomendamos utilizar están el policarbonato o el acrílico, ambos materiales son idóneos para hacer la función de paneles visibles en las vitrinas por lo que considerando ciertas propiedades mostradas en la Tabla 5 se puede escoger uno de los dos materiales.

Tabla 5 Propiedades más importantes entre policarbonato y acrílico. [29]

		<b>POLICARBONATO</b>	<b>ACRÍLICO</b>
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1,2	1,19
Ganancia de peso máx. durante inmersión	%	0,35	2,1
Resistencia a la tracción $\sigma_M$ a 23 °C	MPa	60-70	80
Resistencia a la flexión $\sigma_B$	MPa	90	115
Resistencia a los impactos (Charpy)	kJ/m <sup>2</sup>	35	15
Transmisión óptica de luz	%	89	92
Temperatura de formación	°C	185...205	160...175
Temperatura Vicat B	°C	145	115
Velocidad del sonido	m/min	2270	2750
Atenuación a 5 MHz	dB/cm	24,9	6,4
Clasificación de resistencia al fuego	Norma 4102 del DIN	B2	B2 (*2)

#### 5.2.4.4. Sistemas para elevación de las vitrinas

El objetivo principal de las vitrinas es realizar un movimiento vertical hacia arriba y abajo, tomando en cuenta que el sistema de elevación a utilizar tenga un impacto visual mínimo o nulo en consideración con las demás obras del museo. Para ello se estudia el principio básico de diferentes elevadores hidráulicos y/o eléctricos los cuales se



asemejan en gran parte al movimiento deseado, los sistemas de elevación propuestos son: polipastos o tecles, elevadores hidráulicos.

#### 5.2.4.4.1 La hidráulica

Dentro de la ingeniería existe una asignatura muy importante llamada hidráulica que estudia la transmisión de energía empujando un fluido, esto dependerá de las propiedades mecánicas de los fluidos utilizados y a que fuerzas pueden ser sometidas.

La hidráulica ofrece muchas ventajas al momento de realizar grandes esfuerzos mediante la compresión de fluidos que por lo general es aceite, pero desestimada para controlar operaciones donde se necesite precisión, utilizando en estos casos la neumática.

#### 5.2.4.4.2 La Ley de Pascal

El principio básico de la hidráulica es enunciada y simplificada por la Ley de Pascal que dice: “La presión aplicada a un líquido confinado se transmite en todas direcciones, y ejerce fuerzas iguales sobre áreas iguales”. [30]

La hidráulica necesita de un fluido para que éste sea sometido a fuerzas y logre así generar energía, los fluidos utilizados son el aceite que es un líquido prácticamente incomprensible, entendiéndose por esta propiedad que su densidad siempre permanece constante en el tiempo y puede oponerse a fuerzas de compresión bajo cualquier condición; por otro lado, existen fluidos como los gases que si pueden comprimirse.

En la Figura 15 se muestra gráficamente cómo funciona el principio de Pascal, sumado a este principio se dice que el líquido es incomprensible de esta manera no experimentan una reducción significativa en su volumen al ser sometido a presión.

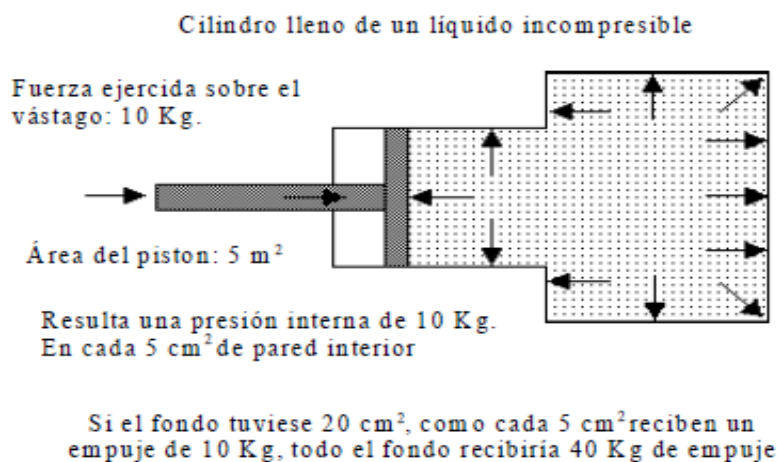


Figura 15 Principio de Pascal. [30]

Esta figura introduce el concepto de presión, que es la fuerza por unidad de superficie a que está sometido un fluido. [30]

#### **5.2.4.4.3 Elevadores hidráulicos**

Los elevadores hidráulicos son sistemas constituidos por partes mecánicas y/o eléctricas que tienen como finalidad elevar de forma vertical elementos pesados hacia niveles más altos, utilizando la hidráulica como medio para lograrlo. A continuación, se presentan los tipos de elevadores hidráulicos que a nuestro criterio son los menos invasivos visualmente.

##### **5.2.4.4.3.1 Elevador de 2 columnas electromecánico**

Este tipo de sistema garantiza seguridad tanto para el operario como para el objeto al ser levantado. Posee mayor duración y reduce al mínimo las intervenciones de mantenimiento, ya que la lubricación de sus husillos es automática. [31] Además, puede resistir grandes cargas de hasta 2.5 toneladas. Los operarios pueden trabajar de forma más fácil gracias a la notable altura de elevación (2500mm). Transmisión a la cadena de alta resistencia pre-regulada, con dispositivos de seguridad que controlan la tensión de la misma.



Figura 16 Elevador de dos columnas electromecánico. [32]

##### **5.2.4.4.3.2 Elevador de dos columnas electrohidráulico**

Dispositivo de apoyo mecánico de funcionamiento automático y desbloqueo neumático como garantía de ofrecer la máxima seguridad en la fase de estacionamiento. Posee válvulas de seguridad contra la sobrecarga. [31] A diferencia del caso anterior no posee pies y la libre circulación del operador es mucho mejor, la altura de subida puede superar los 2 metros y una capacidad de elevación de 4 toneladas.

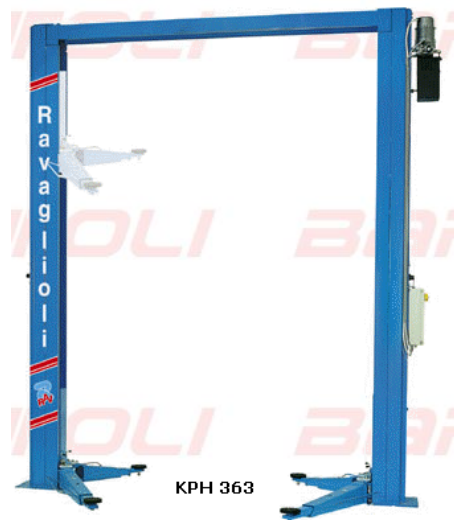


Figura 17 Elevador de dos columnas electrohidráulico. [32]

#### 5.2.4.4.3.3 Elevador en forma de tijera

El funcionamiento electrohidráulico, con notable reducción del tiempo de ciclo, junto a su altura máxima y capacidad de carga, caracterizan a este elevador como uno de los más eficientes en el desempeño de su labor, garantizando al usuario la máxima seguridad y comodidad, [31] elevador de fácil instalación, posee una válvula de máxima presión que minimiza los riesgos por sobrecargas, capacidad de elevación 2.5 toneladas.



Figura 18 Elevador en forma de tijera. [32]

#### 5.2.4.4.3.4 Elevadores hidráulico- eléctrico

Este tipo de elevadores son más versátiles y manejables, ocupan menor volumen y su forma de operación es mucho más sencilla. También conocida como apiladores con elevación electrohidráulica y traslación eléctrica, muy eficaces para trabajos intensos en depósitos.



Figura 19 Elevador hidráulico-eléctrico [33]

Este tipo de elevadores hidráulicos- eléctricos poseen características como una pantalla de información en la que se muestra el estado del equipo, botón de desconexión de emergencia, y una válvula de alivio de presión que protege al equipo de sobrecargas. A continuación, en la Tabla 6 se presentan las especificaciones técnicas de dicho elevador.

Tabla 6 Especificaciones técnicas del elevador hidráulico eléctrico. [33]

Capacidad de carga	1500 kg
Ancho uñas	570 x 685 mm
Centro de gravedad	600mm
Control velocidad	Mosfect
Dimensión de uñas	1150 mm
Frenos	Electromagnéticos
Motor elevación	3 kW/ 24v
Min. Alt. uñas	81 mm

#### 5.2.4.4.3.5 Elevador hidráulico manual

Este tipo de elevador es mucho más práctico que los casos anteriores, una solución sencilla y económica para la elevación de objetos, con capacidad de levantar cargas de entre 200 y 1.000 kg y una altura media de elevación de 2 metros. Funcionan con bombas hidráulicas que cuentan con sistemas de seguridad integrado para evitar

sobrecargas, el modelo cuenta con ruedas de poliuretano y freno de estacionamiento con radio de giro de hasta 2 metros logrando así una gran maniobrabilidad.



Figura 20 Elevador hidráulico manual [34]

En la Tabla 7 se presentan las especificaciones técnicas de un elevador hidráulico manual modelo SDJA 1500.

Tabla 7 Especificaciones técnicas del elevador hidráulico manual. [34]

Capacidad	1000 kg
Altura	1600 mm
Centro de carga	400 mm
Frenos posteriores	2 unidades
Rejilla de protección	1 unidad
Uñas regulables	2 unidades
Modo de acción	Manual y pedal

#### 5.2.4.4.4 Elevadores tipo polipastos o tecles

Los polipastos o tecles son elementos de gran importancia al momento de realizar un trabajo de elevación en dirección vertical, estos equipos son capaces de mover grandes elementos pesados o ligeros con pesos variados de 125 kg hasta 5 toneladas, van instalados con soportes verticales de columnas y una guía en forma de viga. En general se pueden dividir en dos grupos polipastos eléctricos de cable y polipastos eléctricos de cadena.

#### 5.2.4.4.1 Polipasto eléctrico de cable

Los polipastos eléctricos de cable son equipos de elevación utilizados en su mayoría para fines industriales, como objetivos de carga y descarga de materiales de almacén, fábricas, talleres, etc. Sus componentes básicos son motor, mecanismo de transmisión, trole eléctrico y tambor de cable, [35] poseen grandes ventajas como volumen pequeño, peso ligero, fácil instalación y mantenimiento.



Figura 21 Polipasto eléctrico de cable [35]

#### 5.2.4.4.2 Polipasto eléctrico de cadena

Este tipo de polipasto es muy similar al polipasto de cable en su instalación de forma individual o puente grúa, están compuesto por un motor eléctrico, mecanismo de transmisión y rueda dentada, ideal para levantar grandes pesos y mantener la carga segura, tienen una capacidad de carga de entre 0.5 y 100 toneladas, convirtiendo estos mecanismos ideales para levantar grandes volúmenes de carga.



Figura 22 Polipasto eléctrico de cadena [35]

#### 5.2.4.5. Selección del elevador

Las vitrinas deben realizar un movimiento vertical de abajo hacia arriba, el mecanismo que se escoja debe ser el menos invasivo posible, garantizando seguridad tanto a los visitantes del museo, operarios, y obras expuestas dentro de las mismas.

Partiendo de los casos expuestos en el punto anterior, se procede a escoger el elevador que mejor se adapte al objetivo propuesto, para ello se realizan las siguientes suposiciones de manera gráfica:

*a) Utilizando un elevador de dos columnas electromecánico*

En la Figura 23 se observa al elevador de dos columnas electromecánico instalado juntamente con la vitrina, este sistema nos garantiza la elevación de la vitrina de manera segura pero sus columnas al ser robustas y tener en la parte inferior elementos conocidos como “pies” hace que el impacto visual sea negativo y provoque dificultad a los visitantes al momento de la circulación por el museo.

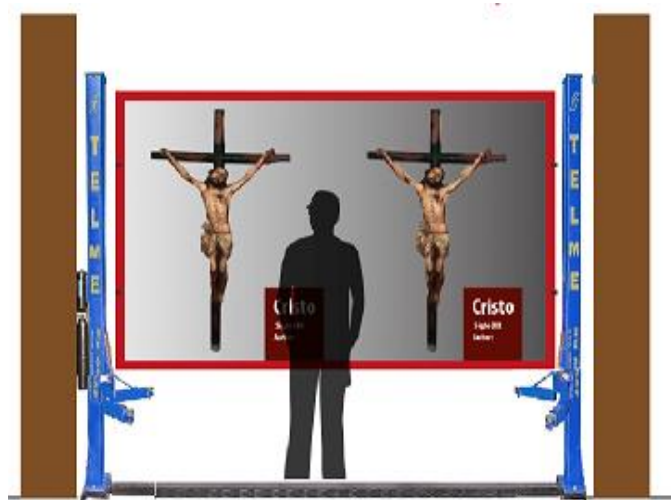


Figura 23 Utilización de un elevador de dos columnas electromecánico para elevar la vitrina. Fuente: Autores

*b) Utilizando un elevador hidráulico de dos columnas electrohidráulico*

En la Figura 24 se observa al elevador de dos columnas electrohidráulico instalado conjuntamente con la vitrina, al utilizar este sistema la parte inferior como en el caso anterior está posicionado en la parte superior y de igual manera el impacto visual es negativo.

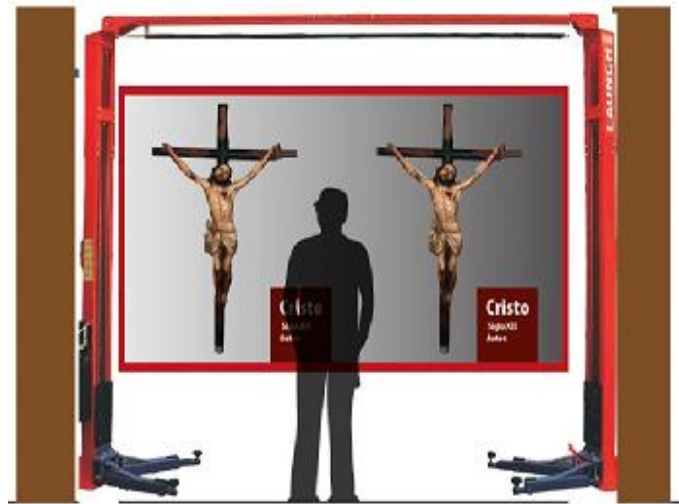


Figura 24 Utilización de un elevador de dos columnas electrohidráulico para levantar la vitrina. Fuente: Autores

c) *Utilizando un polipasto eléctrico*

En la Figura 25 se observa dos columnas y una viga, adicional un par de polipastos eléctricos para elevar la vitrina, en este sistema se eliminan las plataformas como en los casos anteriores, pero la problemática del campo visual sigue vigente, ya que en estos sistemas es necesario colocar los elementos descritos.

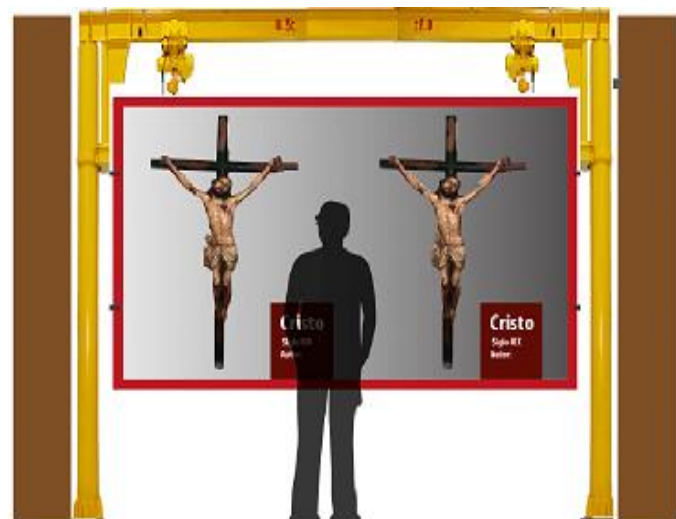


Figura 25 Utilización de un polipasto eléctrico para elevar la vitrina. Fuente: Autores

Al estudiar los casos antes descritos, se llega a una resolución entre directivos del proyecto y técnicos, a mutuo acuerdo que para la elevación de las vitrinas se dispondrá de columnas de acero inoxidable con sistemas que garanticen su elevación de manera segura, con un impacto visual lo menos posible como se puede observar en la Figura 26



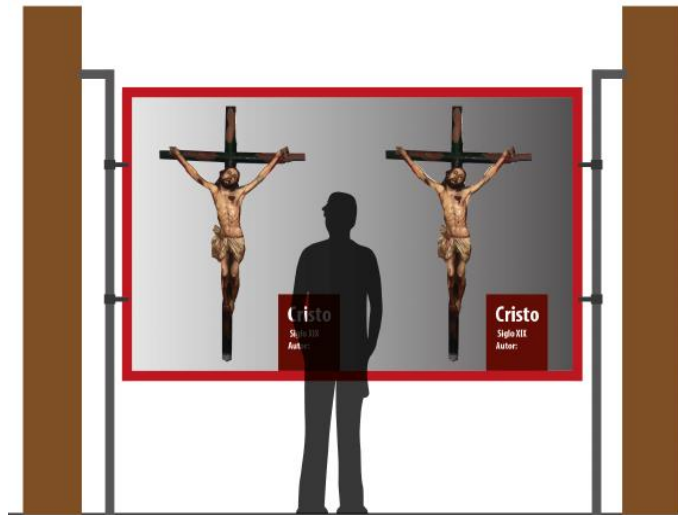


Figura 26 Propuesta con dos columnas de acero inoxidable. Fuente: Autores

Para la elevación se contará con un elevador hidráulico manual con modificaciones en sus cuchillas. En la Figura 27 se observa un elevador hidráulico manual modificado, a diferencia del mostrado en la Figura 20, éste posee las cuchillas de forma invertida, ganando una altura de aproximadamente 600mm, de esta forma las cuchillas llegarán desde su posición natural hasta la base de la vitrina en menor tiempo a diferencia del modelo inicial, siendo de gran ayuda para el operador tomando en consideración que se debe elevar 11 vitrinas.



Figura 27 Elevador hidráulico manual modificado. Fuente autores.

#### **5.2.4.6. Sistemas de iluminación para las vitrinas**

Es muy importante tener una buena iluminación para las obras que están contenidas dentro de las vitrinas debido a que una correcta iluminación permite a los visitantes apreciar los objetos y reaccionar ante el entorno, según el manual de montaje de exposiciones [6] el reparto de luz no ser dirigido al espectador o al suelo, sino únicamente al objeto que se desea mostrar. Por lo general, el museo juega con dos tipos

de luz: natural y artificial. Como es de interés en este proyecto se toma en cuenta solamente la iluminación artificial dentro de las vitrinas por lo tanto para comprender sobre la iluminación en las vitrinas del presente proyecto vemos necesario hacer una breve referencia a cinco conceptos preliminares sobre la iluminación representados en la Figura 28 con los cuales se puede manejar cualquier software de cálculo de iluminación y características de las luminarias, en este caso el programa a utilizar es DIALux.

#### *Intensidad lumínica.*

La intensidad lumínica es la cantidad de luz emitida en una dirección particular, es la relación existente entre el flujo luminoso contenido en un ángulo sólido cualquiera cuyo eje coincida con la dirección considerada.

#### *Flujo luminoso*

Es la cantidad de luz generada por una fuente luminosa medido en lumen

#### *Luminancia*

La luminancia hace referencia a la cantidad de luz que emite una superficie iluminada. Este valor se obtiene dividiendo la intensidad luminosa por la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada.

#### *Iluminancia o nivel lumínico*

La iluminancia es la cantidad de luz, o flujo luminoso, que llega a un área de unidad de una superficie determinada. Se designa con el símbolo E.

Su unidad es el Lux, el cual equivale a un lumen por metro cuadrado  $lm/m^2$ .

#### *Absorción, reflexión y transmisión*

La absorción, reflexión y transmisión son las causas por los cuales un flujo luminoso incide o interacciona con un medio, así tenemos que:

- La Absorción es el proceso por medio del cual el flujo se disipa.
- La Reflexión es el proceso por el cual el flujo incidente deja una superficie o medio por el mismo lado de incidencia; puede ocurrir como en un espejo (reflexión especular), irradiarse en ángulos distintos al del flujo incidente con el plano de incidencia (reflexión difusa), o puede ser una composición de los dos tipos de reflexión.
- La Transmisión es el proceso por el cual el flujo incidente abandona una superficie o medio por un lado distinto al suceso.

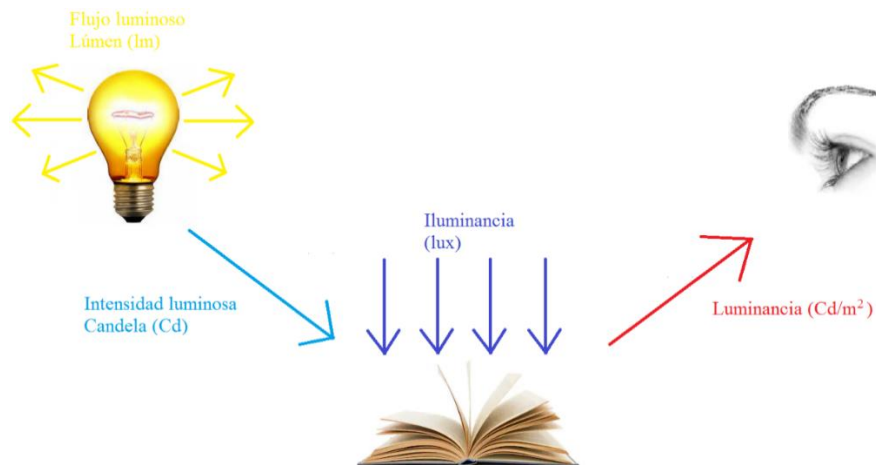


Figura 28 Conceptos básicos de iluminación. Fuente: Autores

#### 5.2.4.6.1 Efectos dañinos de la luz para obras en museos

La luz se puede considerar como una causa común de daño a colecciones de bibliotecas y archivos debido a que materiales como papel, tintas, emulsiones fotográficas, colorantes y pigmentos son especialmente sensibles a la luz. Las lámparas tradicionales pueden dañar las exhibiciones en los museos muy rápidamente incluso con filtros protectores. Sin embargo, la tecnología LED no crea luz IR y UV, por lo tanto, es ideal para entornos sensibles como galerías y museos. [36]

#### 5.2.4.6.2 Temperatura del color

La temperatura de color utilizada para iluminar una exposición no solo afectará la apariencia de color del objeto o espacio, sino también el estado de ánimo que se comunicará al visitante. Un blanco más frío hará que la exhibición parezca más nítida y más moderna, mientras que una temperatura de color muy cálida, como 1600K (similar a la luz de las velas) hará que el espacio se sienta más acogedor. [36]

#### 5.2.4.6.3 Iluminación a las obras

Basado en el concepto en vidrieras, la luz debe siempre iluminar el objeto expuesto, para este caso las obras de la vitrina, esta iluminación debe ser de una manera frontal y posterior para una mejor visualización; se recomienda tener una distancia de al menos 15cm desde el cristal al eje del proyector para que la orientación sea la adecuada como se indica en la Figura 29.

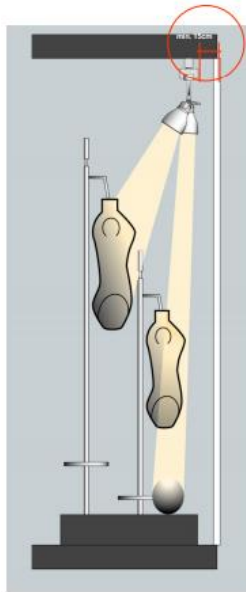


Figura 29 Ejemplo de colocación de luz en escaparates. Fuente: [37]

#### 5.2.4.6.4 Curva fotométrica

Las curvas de distribución luminosa conocidas también como curvas fotométricas son representaciones gráficas del comportamiento de la luz en donde muestran diferentes características en relación con la fuente de luz, el tipo y/o el diseño de las luminarias.

Estas curvas de distribución luminosa, definen la forma y la dirección de la distribución de la luz emitida por la luminaria en el espacio. Esta curva es el resultado de tomar mediciones de la intensidad luminosa en diversos ángulos alrededor de una luminaria como se muestra en la Figura 30 y transcribirlos en forma gráfica, generalmente en coordenadas polares. Es una de las principales características especificadas por el fabricante, y permite evaluar la intensidad y direccionalidad del flujo emitido, esta información se utiliza para conocer de antemano como se distribuye la luz y poder hacer una selección adecuada para una aplicación determinada. [37]

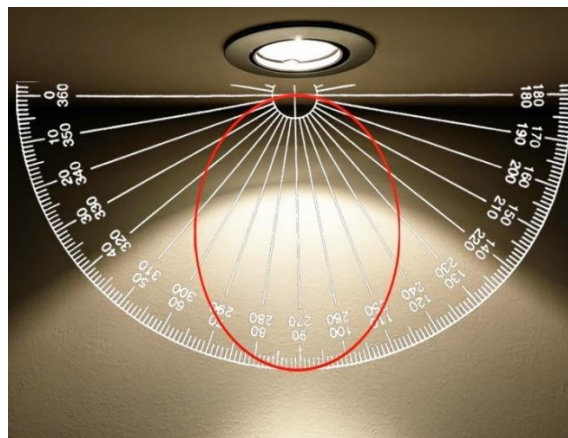


Figura 30 Ejemplo de curvas fotométricas. [38]

Las curvas de distribución de la intensidad luminosa (CDL o CRL o DIL) son curvas polares obtenidas en laboratorio que intentan describir en qué dirección y con qué intensidad se distribuye la luz entorno al centro de la fuente luminosa. Para encontrarlas se miden las intensidades luminosas en diversos ángulos verticales alrededor de la fuente (designados como ángulos gamma "g") con un instrumento llamado goniofotómetro, y al barrer la esfera completa y unir los puntos contenidos en un mismo plano vertical y horizontal se puede obtener un volumen como el de la Figura 31 conocido como sólido fotométrico.

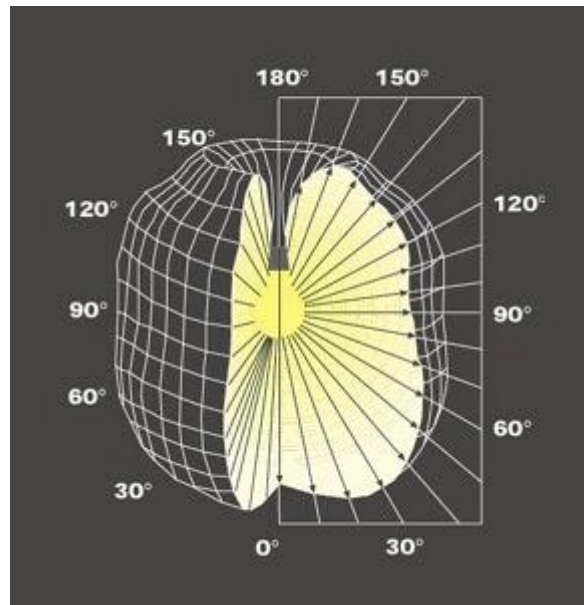


Figura 31 Sólido fotométrico. [38]

Normalmente solo se emplean las curvas que se obtienen al cortar dicho sólido mediante dos planos verticales: uno orientado a lo largo del eje longitudinal de la luminaria y otro por el eje transversal, y que reciben el nombre de plano C90-C270 y C0-C180 respectivamente.

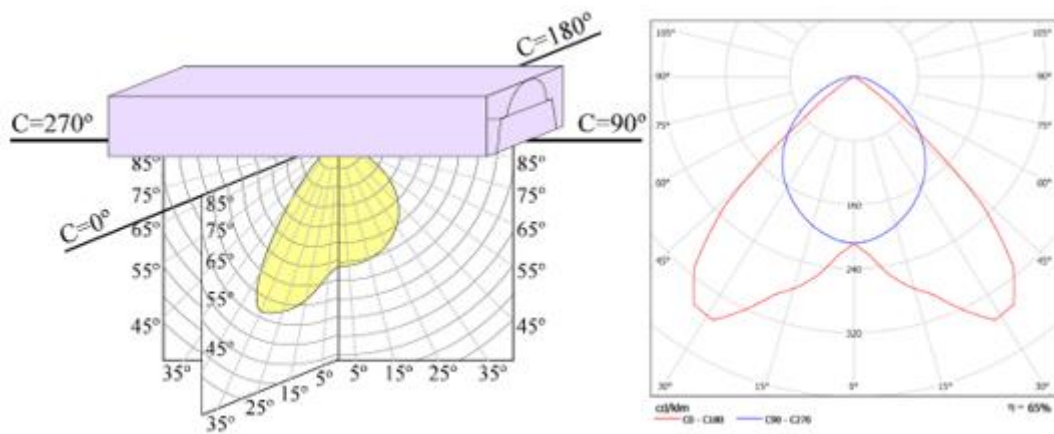


Figura 32 Curva fotométrica de un equipo fluorescente de alta eficiencia. [38]

En una curva polar de distribución luminosa, por tanto, la distancia de cualquier punto de la curva al centro indica la intensidad luminosa de esa fuente en esa dirección. Así mismo, para evitar la tarea ociosa de hacer un gráfico para cada lámpara cuando solo varía la potencia de dicha lámpara, los gráficos se normalizan para una fuente de 1000 lúmenes y el dibujo queda expresado entonces en cd/klm. Para conocer los valores reales de las intensidades bastará con multiplicar el flujo luminoso nominal de la lámpara por la lectura en el diagrama polar y dividirlo por 1000(lm). [38]

#### 5.2.4.6.5 Software DIALux

DIALux es un software gratuito que permite crear proyectos de iluminación profesionales, facilita la tarea de diseñar sistemas de iluminación tanto para interiores como exteriores. No se enfoca únicamente en el cálculo lumínico sino a su ecosistema digital y eficiencia energética, es una gran herramienta que se enfoca a necesidades profesionales y estudiantes en iluminación y automatización para proyectos.

El método utilizado para el diseño de iluminación es el siguiente:

1. Como primer punto se importa en DIALux el diagrama arquitectónico desarrollado en AutoCAD®, y se levanta sobre este las características que posee: como columnas, vitrinas, etc.
2. Escoger el tipo de luminaria de los catálogos instalados en el software.
3. Se utiliza DIALux para determinar el número de filas y luminarias por fila para las vitrinas, el software automáticamente se encarga de calcular las luminarias requeridas para el nivel de iluminación.
4. DIALux calcula la iluminación dentro de las vitrinas (luz focalizada directa).

La iluminación dentro del museo se comporta de diferente manera con presencia de luz natural (día) y luz artificial (noche), mediante DIALux se hace un análisis en las diferentes situaciones en las que se encuentra el museo.

## 6. Métodos y Materiales

Para lograr obtener un diseño adecuado que cumpla con las características requeridas en el museo del Sagrario, es necesario realizar un trabajo de campo y estudiar las condiciones físicas precisamente en cada lugar en donde van las vitrinas, posteriormente se analizan las condiciones y características del arte a exhibir para con estos parámetros proceder con el diseño de las vitrinas electromecánicas. Para garantizar el diseño de los elementos que conforman las vitrinas se realiza un análisis de los elementos críticos mediante software de ingeniería, finalizando con el análisis del costo total del proyecto y manuales de usuario y de mantenimiento. Esta metodología está mostrada en la Figura 33 para cada fase a cumplir.

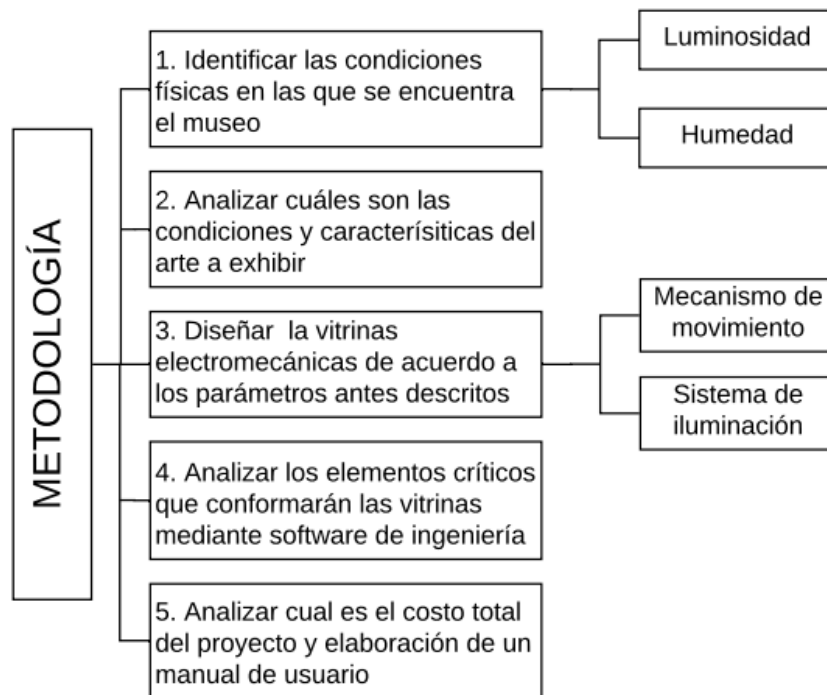


Figura 33 Marco metodológico. Fuente: Autores

En la primera fase del proyecto se determinan las condiciones físicas en las que se encuentra el museo de arte religioso, teniendo una idea clara sobre los espacios donde se posicionarán las vitrinas, siendo esta primera etapa de la investigación no experimental exploratoria descriptiva, ya que se realiza el estudio de las condiciones específicas requeridas del arte a exhibir, también se desarrollará una revisión del estado del arte sobre los diferentes dispositivos mecánicos de elevación.

En la segunda fase, se describen diferentes aspectos tomados en cuenta en la realización del diseño de vitrinas electromecánicas de desplazamiento vertical, como primera fase se lleva a cabo una revisión bibliográfica de los diferentes arreglos y restauraciones que se realizaron en el museo, así como datos de espacio, luz y humedad. Además, se identifican los objetos a colocarse en las vitrinas para estimar su peso y forma.

En base a los resultados anteriores se prosigue a realizar la fase 3, que es el dimensionamiento de las vitrinas, con ayuda de software de ingeniería se obtienen planos en 2D y 3D.

En la fase 4 lo que se pretende es realizar un análisis con software especializado y mediante el método de elementos finitos analizar los elementos más críticos presentes en el diseño.

Finalmente, en la fase 5 se procede a realizar un análisis de costos para estimar el valor económico del proyecto y la elaboración de un manual técnico de usuario que buscará brindar asistencia a los encargados de utilizar el sistema

## **6.1. Identificación de las condiciones físicas y ambientales dentro del museo Catedral Vieja para el diseño**

### **6.1.1. Condiciones físicas**

Se requiere implementar en el museo de arte religioso 11 vitrinas ubicadas entre las columnas de la sala principal, esta ubicación de las vitrinas es propuesta por gente designada de la Municipalidad de Cuenca para llevar a cabo el proyecto, siendo posicionadas de la siguiente manera como se observa en la Figura 34 y marcadas por una línea roja con su respectiva numeración para fijar su posición.



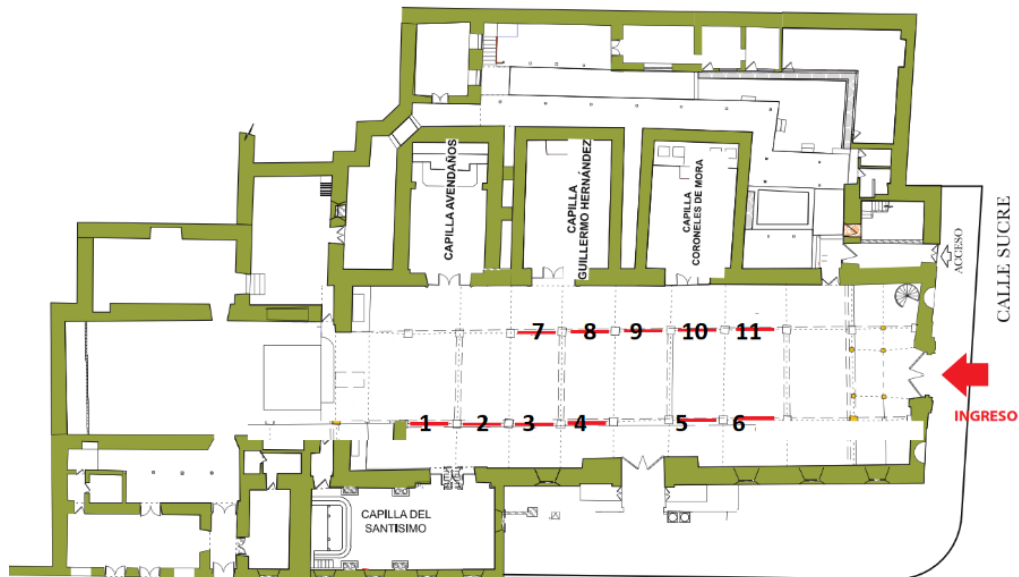


Figura 34 Ubicación de las vitrinas dentro del museo. Fuente: Museo Remigio Crespo Toral

#### 6.1.1.1. Adquisición de datos para el dimensionamiento de las vitrinas

Para el diseño de las vitrinas se realizó la toma de medidas entre columnas como se puede observar en la Figura 35, empleando como referencia el punto central de cada pilar, de esta manera quedarán todas las vitrinas centradas sin importar que la base del pilar de madera no esté alineada con respecto al resto de columnas.

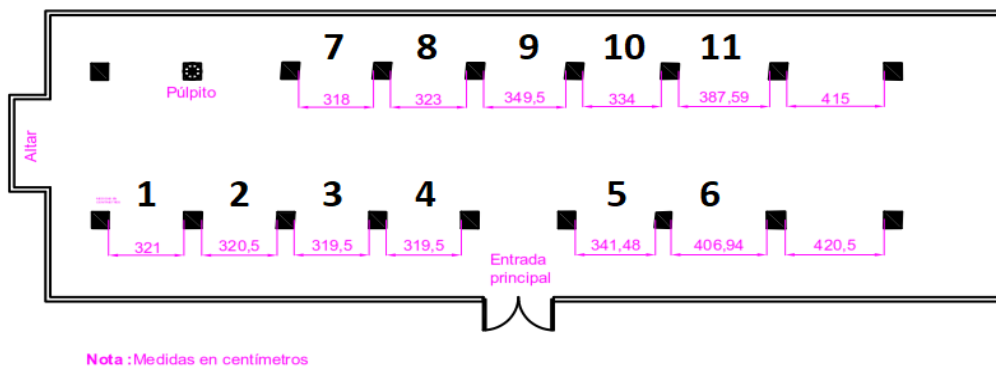


Figura 35 Medidas existentes entre columnas del museo. Fuente: Autores

Tenemos además las medidas de elevación de la vitrina en posición superior y las medidas de elevación de la vitrina en posición inferior las cuales son proporcionadas por los directores del proyecto y están mostradas en la Figura 36, en donde se observa que tomando como referencia el piso del museo hasta la parte inferior más baja de la vitrina se tiene una medida de elevación de la vitrina en posición superior a 2.2m y una medida de elevación de la vitrina en posición inferior de 1.1m.

Las vitrinas terminadas tendrán un alto de 1.3m y un ancho de 0.4m estas medidas serán las mismas para todas las vitrinas con la diferencia que varían en su longitud entre columnas.

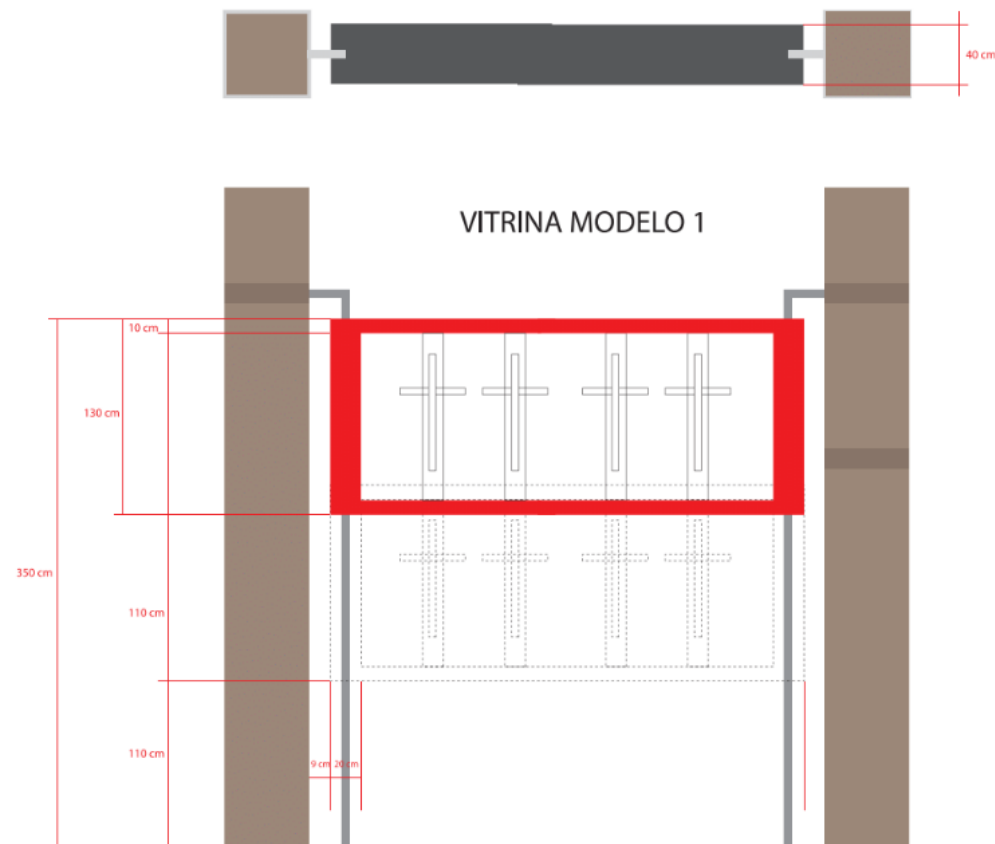


Figura 36 Medidas tentativas de las vitrinas. Fuente: Museo Remigio Crespo Toral.

## 6.1.2. Condiciones ambientales

### 6.1.2.1. Iluminación y humedad del recinto interno

Para la obtención de datos de iluminación natural y humedad se utilizó un luxómetro y un higrómetro respectivamente; se tomaron mediciones en los diferentes puntos numerados mostrados en la Figura 35 en horas cercanas al medio día, considerando que es cuando mayor incidencia de la luz solar existe; las variaciones entre dichos datos son mínimos, por lo que se considera que son valores despreciables. El resultado de las variables ambientales se expresa en la Tabla 8.

Tabla 8 Variables ambientales presentes dentro del museo. Fuente: Autores

Luz (lúmenes)	Temperatura (°C)	Humedad (%)
600	23	48

## 6.2. Características del arte a exhibir

Según datos proporcionados por el director del museo Remigio Crespo Toral se pretenden exhibir un total de 510 piezas donadas por la familia Eljuri Antón, parte de

ellas mostradas en la Figura 37 denominadas “Colección Jorge Eljuri Antón” entre las que constan.

- 232 esculturas de Cristos
- 63 esculturas de niños
- 41 esculturas de Vírgenes
- 118 esculturas diversas.
- 23 cuadros de pinturas
- 33 varios objetos en oro



Figura 37 Parte de la colección Jorge Eljuri Antón.  
Fuente: Museo Remigio Crespo Toral

Además de las piezas mencionadas, existen otras 454 piezas propias del museo denominadas “Colección Museo Catedral” mostradas en la Figura 38, entre los que constan:

- 42 esculturas
- 17 pinturas
- 397 textiles
- 20 mobiliarios
- 25 varios objetos



Figura 38 Esculturas y mobiliarios exhibidos en el museo Catedral Vieja. Fuente: Autores.

### 6.3. Caracterización de las vitrinas

#### 6.3.1. Dimensionamiento

Con las medidas obtenidas entre pilares mostradas en la Figura 35, se procede a dimensionar las vitrinas considerando una distancia de  $0.15m$  entre la vitrina y el pilar, teniendo en cuenta que la vitrina se eleva a una altura de  $2.2m$  desde el suelo a la base de la misma, si a esto se suma la altura de la vitrina  $1.3m$  y distancia necesaria para destrabar ( $0.05m$ ), se obtiene una altura para las columnas guías de  $3.7m$ , en la Tabla 9 se observan las medidas finales externas para todas las vitrinas.

Tabla 9 Medidas externas para las diferentes vitrinas. Fuente: Autores

VITRINA	LONGITUD ENTRE COLUMNAS	DISTANCIA ENTRE COLUMNA Y VITRINA	ALTO DE COLUMNA GUIA	ESPESOR DE LA VITRINA	LONGITUD VISIBLE DE OBRA DE ARTE	ALTO VISIBLE OBRA DE ARTE	LONGITUD TOTAL DE LA VITRINA	MEDIDAS APROXIMADAS [±3cm]											
								cm	X	140	cm	x							
1	321	15	370	20	251	110	291	cm	X	140	cm	x							
2	320,5	15	370	20	250,5	110	291	cm	X	140	cm	x							
3	319,5	15	370	20	249,5	110	290	cm	X	140	cm	x							
4	319,5	15	370	20	249,5	110	290	cm	X	140	cm	x							
5	341,5	15	370	20	271,5	110	312	cm	X	140	cm		x						
6	406,94	15	370	20	336,94	110	377	cm	X	140	cm			x					
7	318	15	370	20	248	110	288	cm	X	140	cm	x							
8	323	15	370	20	253	110	293	cm	X	140	cm	x							
9	349,5	15	370	20	279,5	110	320	cm	X	140	cm				x				
10	334	15	370	20	264	110	304	cm	X	140	cm					x			
11	387,59	15	370	20	317,59	110	358	cm	X	140	cm						x		
								CANTIDAD				6	1	1	1	1	1	11	
								MEDIDA (PROMEDIO)				290	312	377	320	304	358		

De la Tabla 9 se observa que existen 6 vitrinas con la misma medida bajo una tolerancia de ±3cm en el largo de la vitrina, con estas medidas se obtiene un promedio de 290 cm de largo para las vitrinas, es decir, se diseñarán en total 6 vitrinas con sus respectivas medidas, como se puede observar en la Tabla 10.

Tabla 10 Cantidad total de modelos de vitrinas a diseñar. Fuente: Autores

CANTIDAD DE VITRINAS				
CANTIDAD	LARGO [cm]		ALTO [cm]	POSICION
6	290	X	140	1,2,3,4,7,8
1	312	X	140	5
1	377	X	140	6
1	320	X	140	9
1	304	X	140	10
1	358	X	140	11
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>			

En el área fijada para la vitrina “9” se tiene un pozo eléctrico o caja de inspección eléctrica mostrado en la Figura 39 en el cual se sugiere realizar la fundición de una losa de hormigón.

La caja de inspección eléctrica tiene dimensiones de  $0.53m$  en sus lados y  $0.4m$  de profundidad (Figura 40 a), con un área de operación útil de  $0.375m^2$  por  $0.4m$ .



Figura 39 Pozo eléctrico para inspección. Fuente: Autores.

Esta losa de hormigón (Figura 40 b) debe tener una profundidad de  $0.3m$  paralela a la superficie, dicha superficie servirá para asentar la columna guía de la vitrina número 9 con la misma disposición de sujeción que el resto de las vitrinas.

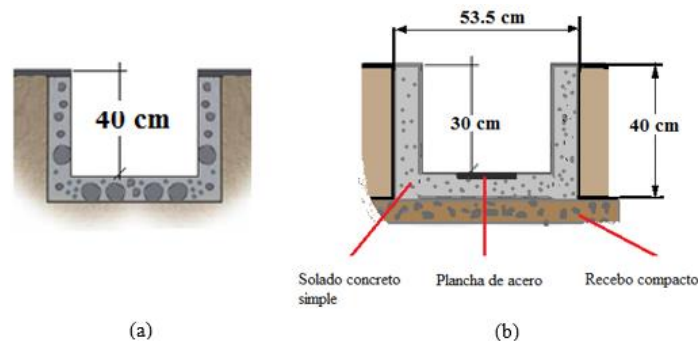


Figura 40 a) Caja de inspección eléctrica; b) Disposición nueva de la superficie de la caja. Fuente: Autores

La nueva área de la caja cuadrada tendrá dimensiones de  $0.53m$  en sus lados y  $0.3m$  de profundidad, con un área de operación útil de  $0.375m^2$ . El solado de concreto simple tendrá un espesor de  $0.1m$ , con relación de mezcla 1: 3: 5 para garantizar la resistencia a la compresión del concreto, aproximadamente  $14MPa$ . La base de esta nueva losa comprenderá en recebo compacto con espesor mínimo de  $0.15m$ .

La tapa de la caja, tendrá una nueva forma geométrica ya que por el centro de la misma saldrá la columna guía, las características técnicas de esta nueva disposición se puede revisar en el ANEXOS

## ANEXO I.

### **6.3.1.1. Suelo - Cimentación**

Se vaciará sobre el fondo limpio y nivelado de la excavación del cimiento, una capa de hormigón de  $140 \text{ kg/cm}^2$  de  $0.05\text{m}$  espesor, para luego iniciar con la colocación de las piedras que conformaran la cimentación. El hormigón simple a utilizarse tendrá  $180 \text{ kg/cm}^2$  a los 28 días.

Las piedras deberán ser limpias, graníticas, no areniscas y de tamaño que oscilen entre  $0.2\text{m}$  y  $0.4\text{m}$  ancho. El relleno de la zanja que en ningún caso tendrá una profundidad menor a  $0.6\text{m}$  y que avanzará hasta encontrar terreno apto para cimentación, a juicio de Fiscalización.

Sobre el replantillo de piedra especificado en el ítem anterior, se colocará una losa de hormigón simple de  $0.05\text{m}$  para lograr una resistencia mínima de espesor fundida en el sitio.

Las especificaciones técnicas, tanto en lo que corresponde a calidad de materiales, como a los diferentes ensayos, preparación, colocación del hormigón, etc., son los correspondientes al Código Ecuatoriano de la Construcción, equivalente al A.C.I (American Concrete Institute), y al ASTM (American Society For Testing and Materials). Posteriormente se realizarán ensayos de resistencia según la norma ASTM-C-109.

### **6.3.2. Parámetros de diseño**

En base a mediciones y toma de datos in situ, los parámetros en factores de ambiente y restricciones de diseño para las vitrinas son las siguientes:

Restricciones de diseño:

- Debe garantizar la seguridad a personas y obras.
- Los mecanismos de sujeción no deben ser visibles.
- Las juntas en los materiales usados en el exterior no deben ser visibles.
- El sistema de cierre no debe ser visible.
- Debe disponer de un espacio para el gel de sílice.
- Debe poseer un sistema de iluminación adecuado.
- Debe diseñarse con materiales de fácil acceso en el mercado nacional.

Restricciones del Ambiente:

- La temperatura ambiente es de 23° C con una humedad relativa del 48%.
- La luz para las vitrinas medidas en cada punto tienen un promedio de 600 lúmenes.
- Todos los pilares poseen instalaciones y cableado eléctrico.
- El suelo posee una cimentación de piedra con medidas de entre 20 y 40 centímetros.

### 6.3.3. Propuesta de diseño

El diseño físico visible propuesto por los beneficiarios del proyecto se puede observar en la Figura 41, sobre el cual se ha realizado ciertos ajustes en la zona de las columnas, nuevas columnas que servirán de guía se ubican dentro de la vitrina, por temas estructurales, reducir el impacto visual y al tener como requerimiento que no se observen los mecanismos de sujeción.

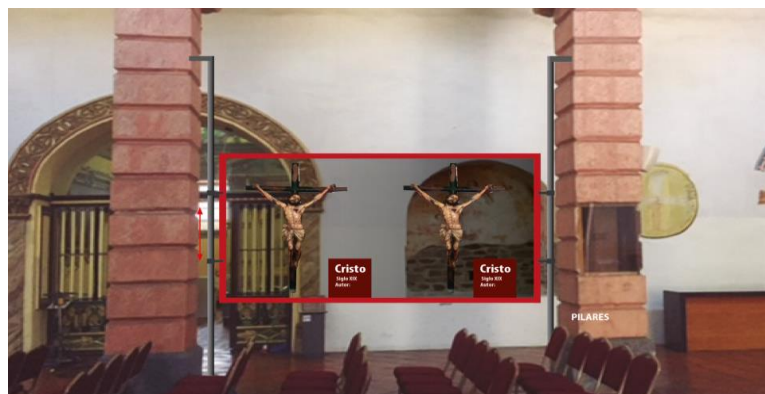


Figura 41 Diseño propuesto por beneficiarios del proyecto. Fuente: Municipalidad de Cuenca

En base al diseño propuesto inicialmente por los beneficiarios del proyecto, se tiene el diseño mostrado en la Figura 42 realizado en software AutoCAD® con la finalidad de distribuir espacios y de dar una idea del producto final terminado, a partir de este punto se empieza con los detalles a considerar para el diseño de las vitrinas.

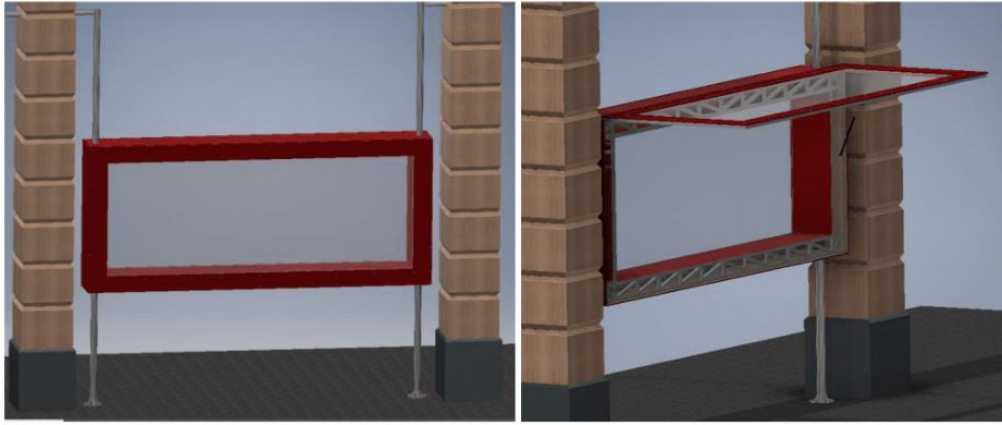


Figura 42 Diseño propuesto de las vitrinas a) Cerrada, b) Abierta. Fuente: Autores

La Figura 42 nos presenta una idea de cómo se vería la vitrina a) cerrada y b) abierta; las áreas definidas dentro de la vitrina se muestran en Figura 43 quedando distribuidas de la siguiente manera: área de iluminación, área para el depósito de gel de sílice, área para el sistema de traba, área para el sistema de cierre, área para cojinetes guías.



Figura 43 Distribución propuesta para las diferentes áreas dentro de la vitrina. Fuente: Autores.

### 6.3.4. Selección de materiales para las vitrinas electromecánicas

#### 6.3.4.1. Paneles Visibles

Para la selección de materiales se debe tener en cuenta el peso de la vitrina, por lo tanto, en primera instancia se seleccionarán los materiales de los paneles visibles, ya que se puede utilizar vidrio o algún tipo de polímero.

Los paneles visibles de la vitrina se pueden sugerir en materiales como vidrio, acrílico o policarbonato compacto, para la selección del material adecuado se debe analizar las características de los mismos, tales como dureza, resistencia al impacto,



translucidez y principalmente su peso. Para ello la mejor opción es el policarbonato compacto por sus características expuestas en la Tabla 5.






### 6.3.4.2. Estructura de las vitrinas electromecánicas


Generalmente los museos tienen vitrinas con estructura de madera, pero en esta ocasión no se puede utilizar por sus medidas mayores a 3 metros, debido a que se debe garantizar esbeltez y robustez para evitar pandeos y deformaciones a lo largo de la estructura, además que se tendrán desplazamientos verticales manejando la temática de vitrina flotante.

El material principal en la estructura es acero estructural ASTM- A36 o ACERO INOXIDABLE 304 para su construcción, de este último material será la columna guía debido a que gran parte de la misma será visible, además se puede proponer un satinado con abrasivos TZ A45 para mejorar la estética del material.

En la Tabla 11 se detallan los materiales comerciales a utilizar en el diseño estructural de las vitrinas.

Tabla 11 Principales materiales a utilizar en la estructura de las vitrinas. Fuente: Autores

Perfil	Medida	Observaciones
	1 x 1 [pulgada] Espesor de 1.2 mm	Se utiliza en la estructura en general (celosía)
	1 x 1 [pulgada] Espesor de 3 mm	Se utiliza como marco para el policarbonato y para el soporte de los cojinetes guía
	1 [pulgada] Espesor de 3 mm	Se utiliza como sujeción al policarbonato
	1 [pulgada] Espesor de 10 mm	Se utiliza como tope, sujeción de la traba y como nervio en la columna.
	2 1/2 [pulgada] Cédula 40 Diámetro exterior 73 mm	Se utiliza como columna guía

Espesor de 5.16 mm		
	2"1/2 [pulgada] Diámetro exterior 63.5mm Espesor de 2 mm	Se utiliza como soporte para columna guía

Para el diseño de las vitrinas se toma en consideración el peso y la forma de las obras que van a ser expuestas al público, en este caso son Cristos de medidas estimadas de 1.10m de alto por un ancho máximo de 0.9m y con un peso aproximado de 15 – 25kg.

En la Figura 44 se muestra una imagen del arte a exhibir, dada que éstas quedarán suspendidas se requiere que la estructura sea esbelta y evitar pandeos en el centro de la misma.



Figura 44 Cristo a exhibir en las vitrinas. Fuente: Municipalidad de Cuenca

### 6.3.4.3. Cubiertas

Para la cubierta de la vitrina es decir todos sus paneles exteriores, se plantea el uso de madera, utilizando tablones de pino de 1 cm de espesor, la madera deberá tener un acabado superficial muy cercano a N8 lo que facilitará el proceso de pintura y lacado, dando una mejor apariencia estética.

## 6.4. Diseño de las vitrinas

### 6.4.1. Diseño de la estructura para las vitrinas electromecánicas

Las vitrinas se deben diseñar en acero AISI-304, con una estructura tipo celosía para soportar los pesos como se puede observar en la Figura 45; las medidas de todas las

vitrinas varían a lo largo, pero las medidas de espesores, alturas y paredes se mantienen constantes en todas las vitrinas.

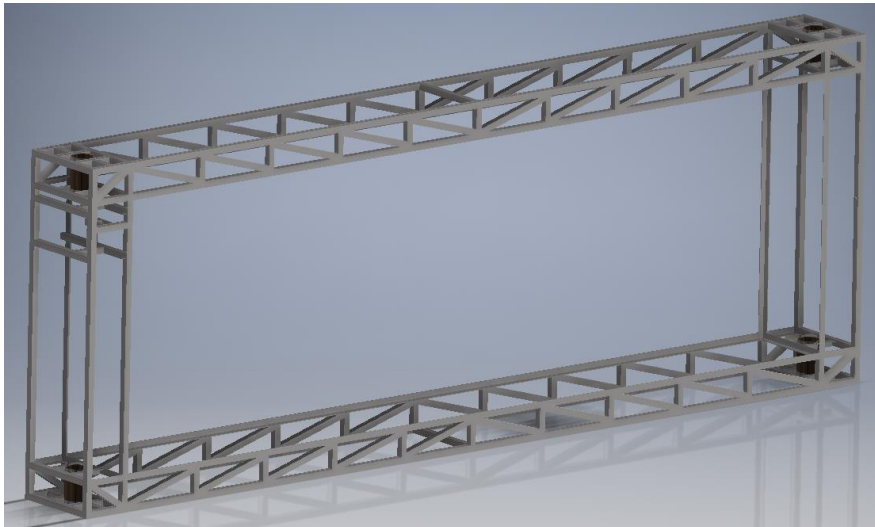


Figura 45 Estructura propuesta de las vitrinas electromecánicas. Fuente: Autores.

#### **6.4.2. Diseño de la columna guía**

La viga es un elemento estructural diseñado para soportar cargas aplicadas en varios puntos (cargas concentradas) o distribuidas a lo largo del elemento. En la mayoría de los casos, las cargas son perpendiculares al eje de la viga y únicamente ocasionarán corte y flexión. El diseño de una viga para que soporte de manera más efectiva las cargas aplicadas involucran dos aspectos.

1. Determinar las fuerzas cortantes y momentos flectores.
2. Seleccionar la sección transversal.

##### **6.4.2.1. Fuerza cortante.**

Las fuerzas cortantes son fuerzas internas que se generan en el material de una viga para equilibrar las fuerzas aplicadas externamente y para garantizar el equilibrio en todas sus partes. [39]

##### **6.4.2.2. Momento flexionante o flector.**

Es producido en las vigas aplicando cargas perpendiculares a la viga. Debido a los momentos flexionantes la viga asume una figura curvada o flexionada, tomando en cuenta que la fuerza puede ser aplicada en cualquier parte de la viga, no necesariamente en su inicio o final. [39]

El diseño de la columna guía se lo realiza con una carga crítica en la vitrina con su desplazamiento vertical a una altura de 3m, a esta altura se asienta la traba con todo el peso de la vitrina.

Para los cálculos se coloca la carga P en la parte superior como se puede observar en la Figura 46 y a continuación se realiza los cálculos para obtener el área de sección de la columna.

Determinando el área de la columna (circular) como se indica en la ecuación (1)

Material: acero inoxidable 304

$$P_{cr} = nd \cdot P \quad (1)$$

Donde  $nd$  es el factor de diseño = 2

$$P_{cr} = 2 \cdot 1962 \text{ N}$$

$$P_{cr} = 3924 \text{ N} \approx 3.9 \text{ KN}$$

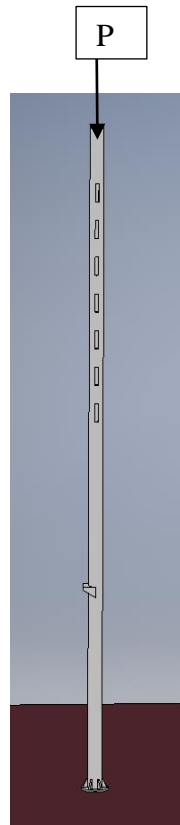


Figura 46 Columna propuesta para soporte de las vitrinas con carga P=200kg (1962 N). Fuente: Autores.

Utilizando la ecuación de Euler para cálculo de esbeltez de columnas, despejamos  $d$  (diámetro); obteniendo la siguiente ecuación: [39]

$$d = \left( \frac{64 \cdot P_{cr} \cdot l^2}{\pi^3 \cdot C \cdot E} \right)^{1/4} \quad (2)$$

Donde:

$P_{cr}$  = Carga crítica

$l$  = longitud (m)

$C$  = constante de condición de extremos

$E$  = módulo de elasticidad del acero

Conociendo los siguientes datos:

$$L = 3.8m$$

$$P_{cr} = 3924$$

$$C = 1.2 \text{ (ANEXO II)}$$

$$E = 190 \text{ GPa (ANEXO III)}$$

Remplazando los datos obtenemos:

$$d = \left( \frac{64 \cdot P_{cr} \cdot l^2}{\pi^3 \cdot C \cdot E} \right)^{1/4}$$

$$d = \left( \frac{64 \cdot 3924 \text{ N} \cdot (3.8 \text{ m})^2}{\pi^3 \cdot 1.2 \cdot 193 \text{ GPa}} \right)^{1/4}$$

$$d = 27 \text{ mm} \approx \mathbf{30 \text{ mm}}$$

Se calcula el área de la sección

$$A = 706 \text{ mm}^2$$

Con esta área calculada seleccionamos un perfil comercial, imponiendo un diámetro de 63.5 mm (diámetro exterior) y con el área calculada determinamos el diámetro interior

$$A = \frac{\pi \cdot d_{ext}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{int}^2}{4} \quad (3)$$

$$d_{int} = 55 \text{ mm}$$

Selección del perfil con el espesor

$$\text{espesor} = \frac{d_{ext} - d_{int}}{2}$$

$$\text{espesor} = 3.76 \text{ mm} \approx \mathbf{4 \text{ mm}}$$

El perfil seleccionado para la columna guía es de acero tubería sin costura 2"1/2 cédula 40

En la Figura 47 se puede observar el esfuerzo de Von Mises el cual nos indica la fatiga y deformación del material, y como se puede apreciar el valor del pandeo de la columna es de 0.2mm como máximo considerando que es el adecuado.

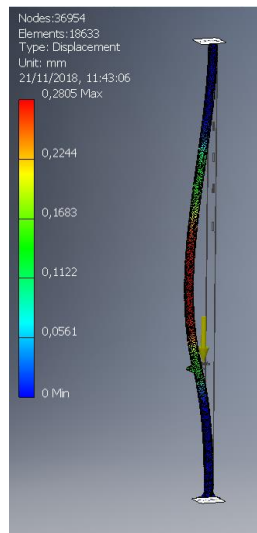


Figura 47 Deformación de la columna. Fuente: Autores

#### 6.4.3. Diseño del sistema de guías

El sistema de guía para las columnas debe ser con cojinetes de bronce. El cual no estará sometido a esfuerzos ya que solo servirá de guía. En la Figura 48 se puede apreciar cómo está armado este subconjunto que estará ubicado a cada extremo de la vitrina dando como resultado dos cojinetes para cada columna y garantizar su posición centrada y desplazamiento sin enclavamientos.

La estructura del sistema de guías estará construida con perfiles de tubo cuadrado, ángulos, casquillos y eje hueco de bronce. El sistema está soldado a la estructura general de la vitrina y para poder ensamblarlo se tiene al casquillo móvil para colocar o retirar el cojinete de bronce.

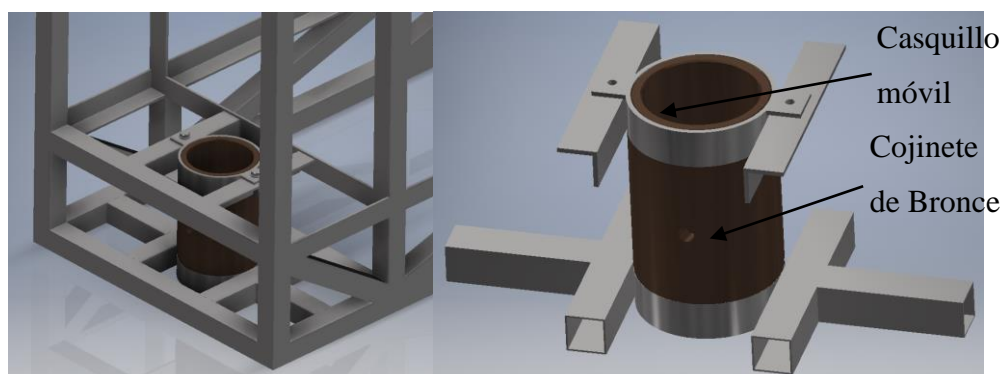


Figura 48 Sistema de guías. Fuente: Autores

#### **6.4.4. Diseño del sistema de soporte y sujeción al pilar de la Catedral**

El diseño del soporte del pilar depende del ancho de cada pilar interno de madera por lo tanto la medida de este elemento está a consideración del constructor. Se puede observar en la

Figura 49 la disposición de los elementos y cabe recalcar que la columna se debe proteger con unos topes de caucho para evitar aplastamiento y daño en el patrimonio de la iglesia Este sistema de sujeción sirve solo como guía para la columna por lo que no está sometido a esfuerzos.

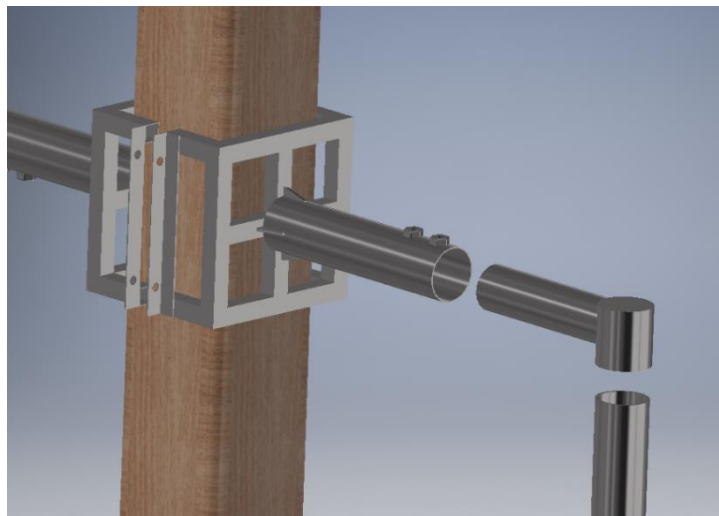


Figura 49 Sistema de sujeción

#### **6.4.5. Diseño del sistema de traba para las vitrinas electromecánicas**

El diseño del sistema de traba se realizó en acero estructural A36 utilizando perfiles con una medida exterior de 1 pulgada tales como tubo cuadrado, perfil angular, platina con espesores de 3mm y 10 mm como se puede observar en la Figura 50.

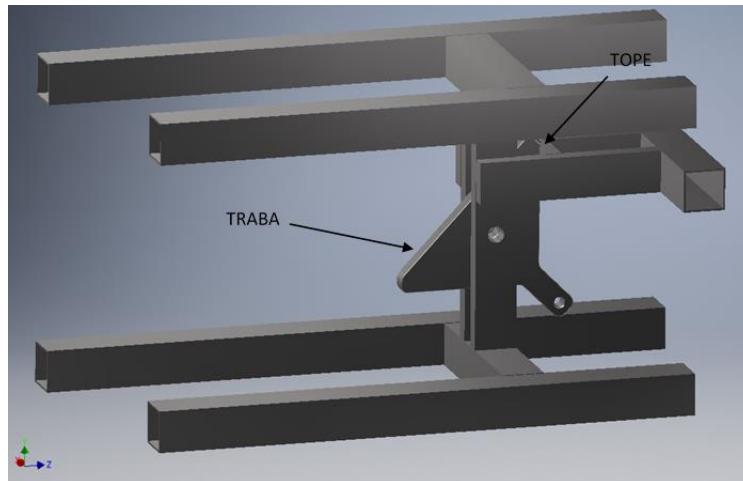


Figura 50 Sistema propuesto para la traba. Fuente: Autores

Para el sistema de traba, se utiliza el principio de funcionamiento del trinquete adecuándolo a una disposición lineal, el gatillo o traba será la pieza encargada de soportar el peso de la vitrina y a su vez el perno que la sujeta es el elemento crítico del sistema.

La traba de 10 mm de espesor como se observa en la Figura 51, va sujeto a dos barras del mismo espesor mediante un perno de Grado 5, el material que conforman las barras son de acero inoxidable AISI- 304.



Figura 51 Dimensión y posición de la traba. Fuente: Autores

Para un factor de seguridad  $n = 2$  y masa de la vitrina de 200 Kg, se determina la dimensión del perno para soportar dicha carga.

Se determinan las resistencias mínimas de los elementos, la resistencia a la fluencia (1) y la resistencia última (2), resistencia mínima del perno (3) y resistencia mínima a la tensión (4).

$$S_{y'} = 276 \text{ MPa}$$

$$S_{ur} = 568 \text{ MPa}$$

$$S_p = 420 \text{ MPa}$$

$$S_{ut} = 520 \text{ MPa}$$



Si la masa es de 200 Kg, es necesario precisar el peso total que es la fuerza cortante  $F$  que actúa sobre el gatillo y a su vez sobre el perno, recurrimos a la ecuación referente a la segunda Ley de Newton.

$$F = m \cdot g \quad (4)$$

Donde:

$F =$  Fuerza neta aplicada

$m =$  masa (Kg)

$g =$  gravedad ( $m/s^2$ )

Reemplazando los datos tenemos:

$$F = 200 \text{ Kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 1962 \text{ N}$$

La teoría del esfuerzo cortante máximo estipula que “la fluencia comienza cuando el esfuerzo cortante máximo de cualquier elemento iguala al esfuerzo cortante máximo en una pieza de ensayo a tensión del mismo material cuando esa pieza comienza a fluir. La teoría del ECM también se conoce como la teoría de Tresca o Guest”. [14] Al tratarse de una falla por cortante puro; el esfuerzo se define por la siguiente ecuación.

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (5)$$

Donde:

$\tau =$  esfuerzo cortante (N)

$F =$  fuerza que actúa sobre el perno (N)

$A =$  área de la sección transversal del perno ( $m^2$ )

La teoría de la energía de deformación (ED) máxima predice que la falla por fluencia ocurre cuando la energía de deformación total por unidad de volumen alcanza o excede la energía de deformación por unidad de volumen correspondiente a la resistencia a la fluencia en tensión o en compresión del mismo material. [14]

Además, La teoría de la energía de distorsión (ED) indica que los materiales dúctiles sometidos a esfuerzos hidrostáticos presentan resistencias a la fluencia que exceden en gran medida los valores que resultan del ensayo de tensión simple, entonces la resistencia a la fluencia cortante predicha por la teoría de la energía de distorsión es:

$$\tau_{xy} = \frac{Sy}{\sqrt{3}} \quad (6)$$

Para propósitos de diseño, la ecuación (6) puede modificarse para incorporar un factor de seguridad, n. Por lo tanto

$$\tau_y = 0.577 \cdot \frac{Sy}{n} \quad (7)$$

Igualando las ecuaciones (6) y (7) se obtiene para el caso del perno:

$$\tau = \frac{F}{A} = 0.577 \cdot \frac{Sp}{n}$$

Para el caso del perno, se dimensiona el diámetro del mismo por lo tanto se utilizan los valores de sus propiedades mecánicas  $S_{ut} = 568 \text{ MPa}$ .

$$\tau = \frac{F}{\pi \cdot \frac{d^2}{4}} = 0.577 \cdot \frac{Sp}{n}$$

$$\mathbf{d = 8 \text{ mm}}$$

#### 6.4.6. Diseño del sistema de apertura y cierre de las vitrinas

Las puertas de las vitrinas deben garantizar seguridad y hermeticidad para evitar la entrada de polvo, gases, basura dentro de la misma. La puerta se abrirá desde la parte inferior de la vitrina hasta un ángulo cercano a los  $60^\circ$ , esto se logra gracias a la ayuda de un par de actuadores colocados en la parte lateral interna de las vitrinas.

En la Figura 52 se observa la puerta de la vitrina abierta hasta  $60^\circ$  con la ayuda de un par de actuadores neumáticos; la fuerza necesaria para que el actuador llegue a abrir la puerta es calculada mediante un análisis estático determinando así que fuerzas actúan cuando la puerta está en equilibrio.

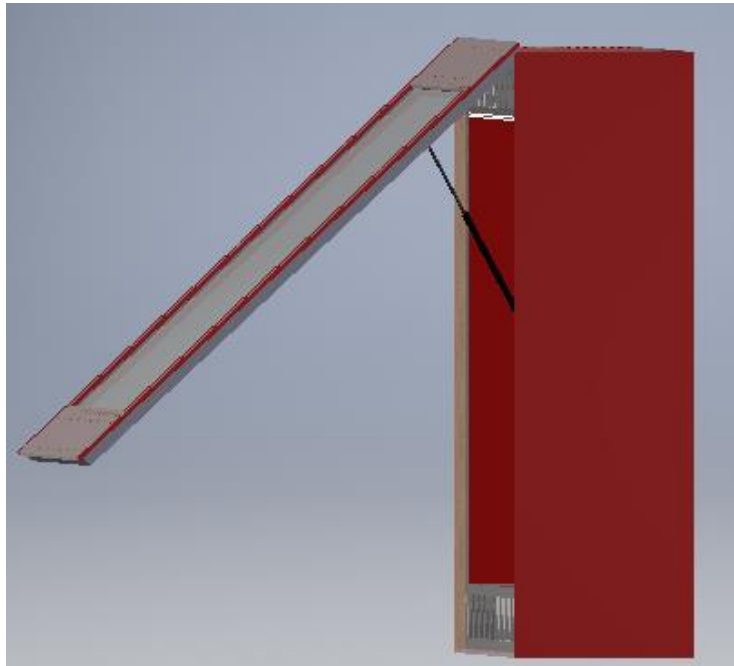


Figura 52 Apertura de la puerta a 60°. Fuente: Autores

En los análisis estáticos utilizamos las relaciones para un cuerpo en equilibrio:

$$+\rightarrow \sum F_x = 0 \quad (8)$$

$$+\uparrow \sum F_y = 0 \quad (9)$$

$$+\curvearrowright \sum M = 0 \quad (10)$$

#### 6.4.6.1. Cálculo de fuerzas en la puerta de vitrinas.

La fuerza necesaria para abrir la puerta de las vitrinas se calcula mediante la descomposición de fuerzas que actúan sobre la misma, para ello se determina el tipo de cargas que existen en la puerta. El peso de la puerta actúa como una carga uniformemente distribuida a lo largo de la misma; el pistón actúa como una fuerza que no es perpendicular al punto  $O$ , como se puede observar en la Figura 53.

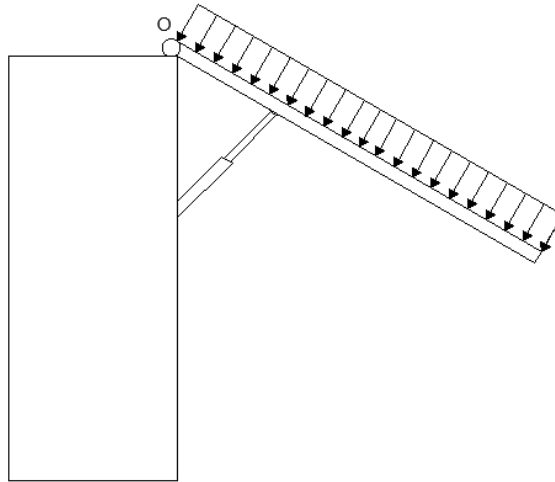


Figura 53 Esquema de fuerza aplicada por el propio peso de la puerta. Fuente: Autores.

El análisis con una carga uniformemente distribuida es más complicado de realizar, por ello la convertimos en carga puntual en donde se sabe que en cargas rectangulares distribuidas la magnitud de la carga puntual resultante está dada por:

$$F = W \cdot d \quad (11)$$

Donde:

$F =$  Carga puntual resultante [N]

$W =$  Carga distribuida [N/m]

$d =$  Distancia en donde actúa la carga resultante [m]

La carga resultante se colocará a  $d/2$ .

Al usar bisagras (punto  $O$ ,) también se generan reacciones, pero no serán tomadas en cuenta ya que el análisis es realizado con respecto a dicho punto.

Como se puede observar en la Figura 54 nos valemos de un diagrama de cuerpo libre para la resolución del ejercicio, se observa cómo se descomponen las fuerzas actuantes en la puerta, dichas fuerzas no se encuentran perpendiculares al punto de análisis.

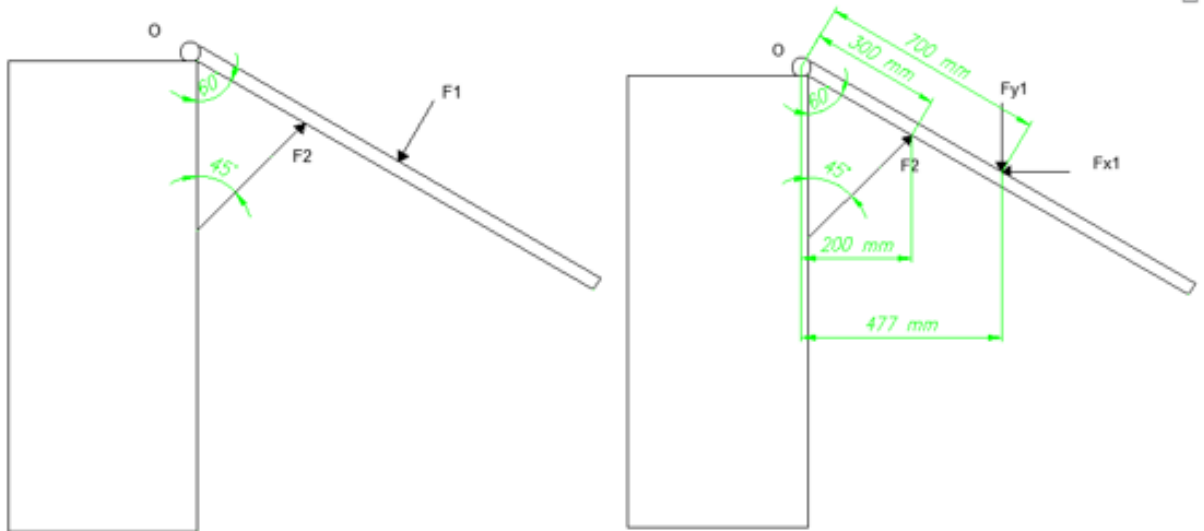


Figura 54 Diagrama de cuerpo libre de la puerta. Fuente: Autores

Para obtener el valor del peso de la puerta con todos sus elementos se recurre a calcular mediante el software Autodesk Inventor 2018®, las especificaciones de material están dadas en los diferentes componentes que tiene la puerta dando como resultado un peso de  $62.68 \text{ kg}$ , para convertir dicho valor en fuerza utilizamos la siguiente ecuación:

$$F = m \cdot g \quad (12)$$

Donde:

$F = \text{Fuerza [N]}$

$m = \text{Masa [Kg]}$

$g = \text{Gravedad [9.81 m/s}^2\text{]}$

Utilizando la ecuación (12) tenemos:

$$F = 62.68 \text{ kg} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F = 614.89 \text{ N} \approx \mathbf{615 \text{ N}}$$

Una vez obtenida la fuerza encontramos las fuerzas equivalentes en  $F_1$ .

$$F_{x1} = \cos(60^\circ) \cdot 615 \text{ N}$$

$$\mathbf{F_{x1} = 307.5 \text{ N}}$$

$$F_{y1} = \text{sen}(60^\circ) \cdot 615 \text{ N}$$

$$\mathbf{F_{y1} = 532.60}$$

La  $F_2$  es la necesaria para levantar la puerta; para calcular los momentos que se generan en el punto  $O$  con respecto a la  $F_2$  utilizamos la siguiente ecuación:

$$M = F \cdot d \cdot \text{sen}(\theta) \quad (13)$$

Donde:

$M = \text{Momento torsor } [N \cdot m]$

$d = \text{distancia desde el punto } O \text{ hasta el punto donde se ejerce la fuerza} [m]$

$\theta = \text{Ángulo formado entre el punto de aplicación de } F \text{ y el plano de acción}$

El ángulo  $\theta = 75^\circ$ , también se debe conocer la distancia desde el punto  $O$  hasta donde se aplica fuerza para ello se utiliza el teorema de Pitágoras como se observa en la Figura 55.

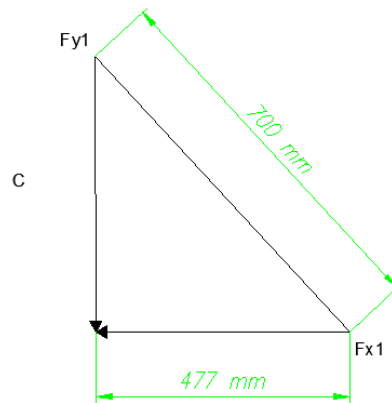


Figura 55 Utilización del teorema de Pitágoras. Fuente: Autores

Para el primer caso utilizamos la fórmula de Pitágoras obteniendo:

$$c = \sqrt{(700\text{mm})^2 - (477\text{mm})^2}$$

$$c = 512.32\text{mm}$$

Una vez obtenidos los valores de las fuerzas tanto en  $x$  y  $y$  así como las distancias procedemos a utilizar la ecuación (10)

$$+\curvearrowright \sum M_o = 0$$

$$-F_{y1} \cdot (0.477\text{m}) - F_{x1} \cdot (0.512\text{m}) + F_2 \cdot (0.30\text{m}) \cdot (\text{sen}75^\circ) = 0$$

$$-532.60 \cdot (0.477\text{m}) - 307.5 \cdot (0.512\text{m}) + F_2 \cdot (0.28\text{m}) = 0$$

$$-254.05 - 157.44 + F_2 \cdot (0.28\text{m}) = 0$$

$$\mathbf{F_2 = 1.46KN}$$

La fuerza necesaria para levantar la puerta es de  $1.46KN$ , así que se necesitan un par de pistones con fuerza mínima de  $735N$  cada uno.

#### 6.4.6.2. Selección de actuadores

Los actuadores son dispositivos que pueden generar fuerza a partir de energía eléctrica o fluidos, entre ellos el aceite en el caso de la hidráulica y aire/gases en la neumática; para el caso de las vitrinas no se puede recurrir a la hidráulica debido a su compleja instalación ya que necesita gran espacio para su funcionamiento al igual que la neumática; por este motivo los pistones convencionales por así llamarlos son de gran ayuda ya que son fáciles de instalar, ocupan menor espacio y pueden soportar grandes cantidades de carga.

Por lo tanto, en base a los resultados anteriores presentamos en el **ANEXO IV** un documento en el que se puede observar el tipo de pistón requerido para levantar la puerta siendo la opción número 4 la que más se asemeja a las necesidades presentadas.

#### 6.4.6.3. Selección de Bisagras

Las bisagras son mecanismos de apertura y cierre de puertas, ventanas, etc. consta de dos piezas que se encuentran articuladas a un eje común, para el caso de las vitrinas son un par de bisagras soldadas a los ángulos y puerta de las mismas, para su selección tenemos en cuenta el peso al cual van a estar sometidas, como se sabe el peso de la puerta es de  $62.68\text{ kg}$  entonces se necesitan bisagras que soporten como mínimo  $32\text{ kg}$ , para ello se utilizan un par de bisagras de acero inoxidable de tipo buje y eje “macho y hembra” como se puede observar en la Figura 56.



Figura 56 Bisagra de acero inoxidable tipo buje. Fuente: [40]

Las características que deben cumplir las bisagras son las siguientes.

- Lograr que la apertura y cierre de la puerta sea fácil y suave
- Resistentes al retorcimiento
- Soportar grandes cargas
- Fácil instalación

Bajo estos parámetros en el **ANEXO V** se observa las características de las bisagras seleccionadas.

#### 6.4.7. Diseño del sistema de sujeción de las obras

La sujeción a las obras (crucifijos) se realiza mediante cables y soportes, dando una impresión de cristos flotantes.

El sistema de sujeción empieza en el área de iluminación es decir en la parte superior de la vitrina mediante un ángulo cuadrado de  $\frac{3}{4}$  de pulgada con perforaciones pasantes de 3mm de diámetro a una distancia de 10 cm entre sí.

Los cables de acero son de 1mm de diámetro y se ubican a todo lo alto de la vitrina, el sujetador de las obras será construido en aluminio. Para tensar el cable se utiliza un clavijero de guitarra colocado en una base móvil como se observa en la Figura 57.

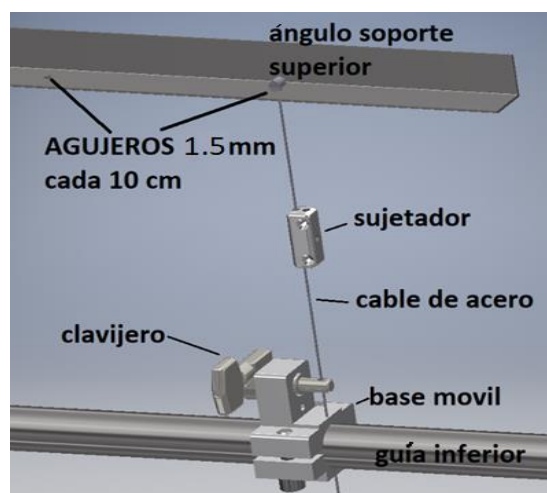


Figura 57 Sistema de sujeción de las obras. Fuente: Autores.

El montaje de la obra al sujetador se realizará con nylon como se puede observar en la Figura 58. Se utilizará dos sujetadores por obra colocado a cada extremo.

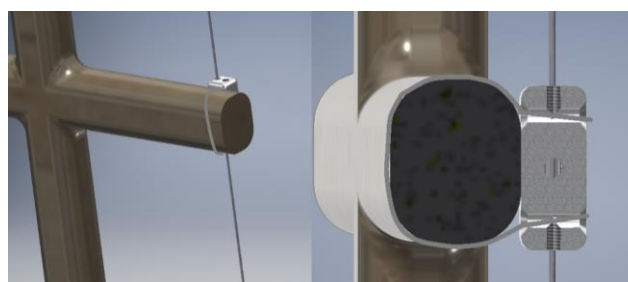


Figura 58 Forma de sujeción. Fuente: Autores.

#### 6.4.8. Diseño del sistema de iluminación

El arte a exhibir es iluminado tanto en la parte delantera, así como la posterior ya que los visitantes van a poder observar las vitrinas en estas dos posiciones, así como se indica en la Figura 59.



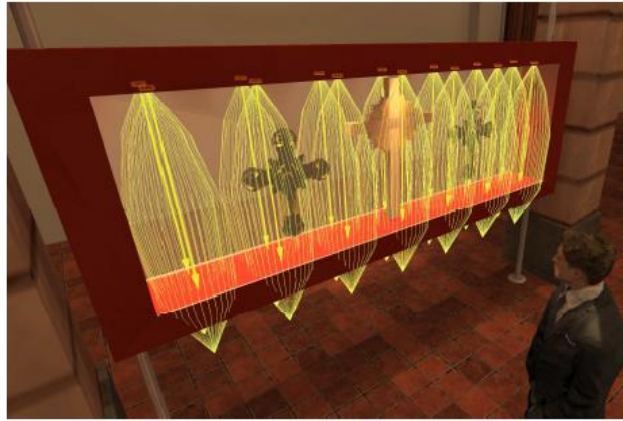


Figura 59 Iluminación de obras en la parte frontal y posterior. Fuente: Autores

En la Figura 60 se visualiza la disposición de las vitrinas a lo largo del museo, presentando así una clara idea de cómo están ubicadas las vitrinas.



Figura 60 Fachada posterior del museo. Fuente: Autores

En la Figura 61 se observa la disposición de las vitrinas desde una vista superior. Para la iluminación se ha tenido en cuenta varios aspectos como: el nivel de iluminación (Lux), el tipo de iluminación que para este caso es luz focalizada y la elección de las luminarias, que para el caso práctico son Led.

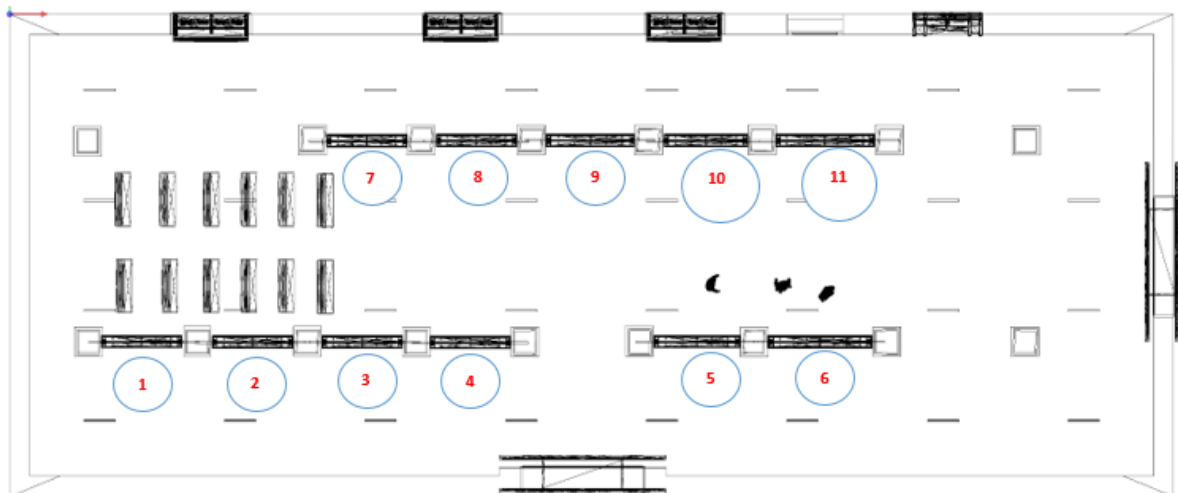


Figura 61 Disposición de las vitrinas. Fuente: Autores

#### 6.4.8.1. Cálculos luminotécnicos

El método utilizado para el diseño de iluminación es el siguiente:

- Como primer punto se importa en DIALux el diagrama arquitectónico desarrollado en AutoCAD 2018®, y se levanta sobre este las características que posee: como columnas, vitrinas, etc.
- Escoger el tipo de luminaria de los catálogos instalados en el software.
- Se utiliza DIALux para determinar el número de filas y luminarias por fila para las vitrinas, el software automáticamente se encarga de calcular las luminarias requeridas para el nivel de iluminación.
- DIALux calcula la iluminación dentro de las vitrinas (luz focalizada directa).

Una vez colocados los datos correspondientes en el software DIALux y tomando en relación al espacio dentro de las vitrinas ya que las más grandes tienen como medidas 358x140 cm y las más pequeñas corresponden a medidas de 291x140cm, como se observa en la Figura 62 al lado izquierdo se encuentra la vitrina en posición 1 con 7 filas de 2 luminarias por fila, en la parte derecha se visualiza una vitrina en posición 2 con 5 filas de 2 luminarias por fila.



Figura 62 Disposición de luminarias dentro de las vitrinas. Fuente: Autores

La versatilidad de la iluminación dentro de las vitrinas permite que se pueda visualizar a detalle tanto la parte frontal como la parte posterior, esto se logra gracias a las dos luminarias por fila que van colocadas dentro de la vitrina, además de la regulación angular que se le pueden dar a las luminarias como se indica en la Figura 63.

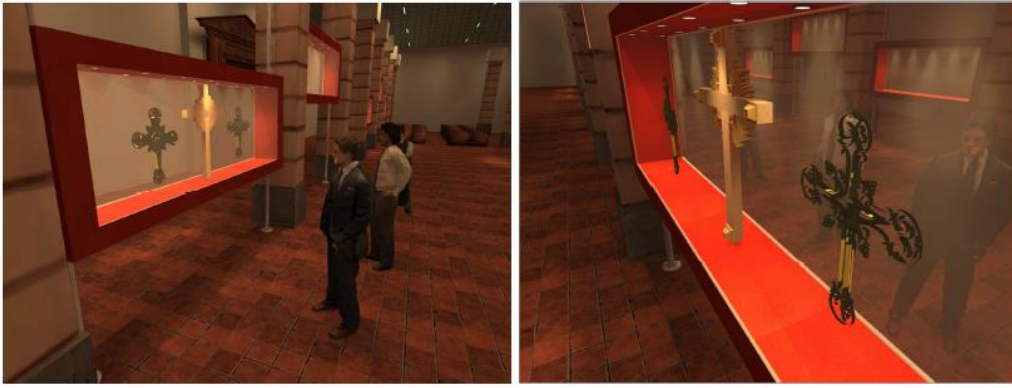


Figura 63 Visualización de iluminación dentro de vitrina frontal y posterior. Fuente: Autores

La iluminación dentro del museo se comporta de diferente manera con presencia de luz natural (día) y luz artificial (noche), mediante DIALux se hace un análisis en las diferentes situaciones en las que se encuentra el museo, como se observa en la Figura 64 la iluminación por toda la sala es uniforme en algunas partes teniendo un nivel de iluminación cercano a los 300 Lux, y dentro de las vitrinas este valor tiende a subir hasta unos 750 Lux.

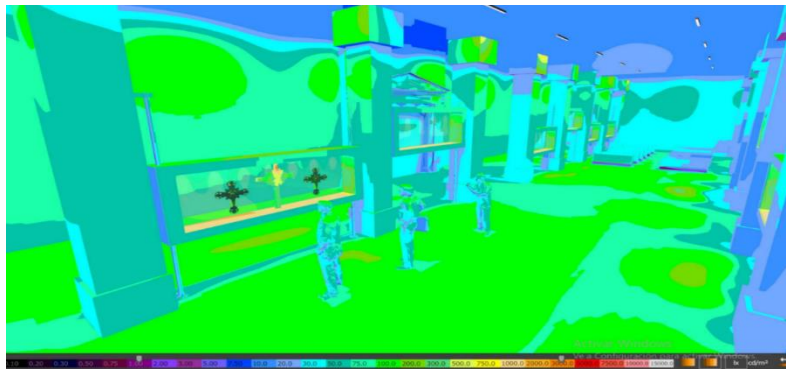


Figura 64 Cálculo en presencia de luz (día). Fuente: Autores

Para el caso de la noche o con ausencia de luz también se puede denotar la poca luz en el ambiente fuera de las vitrinas por este motivo se realiza un análisis de cómo se comporta la luminosidad en la sala, en la Figura 65 se observa como dentro de la vitrina se puede llegar a obtener entre 100 y 200 Lux.

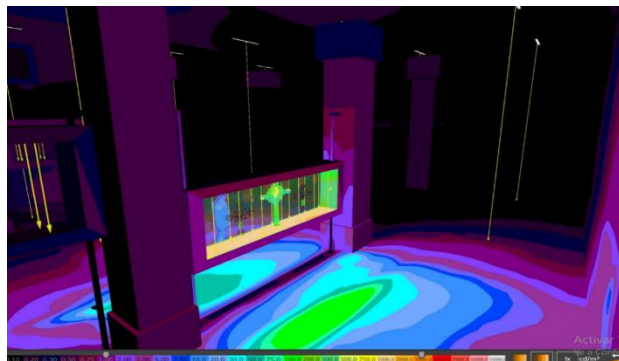


Figura 65 Cálculo con ausencia de luz (noche). Fuente: Autores

Como se puede observar en la Figura 66, la curva fotométrica para el caso de las vitrinas, en el plano longitudinal identificado con color azul, la intensidad luminosa en un ángulo  $g = 30^\circ$  es de aproximadamente  $250 \text{ cd/Klm}$  y cuando el ángulo  $g = 0^\circ$  es aproximadamente  $2200 \text{ cd/Klm}$  [candelas/kilo lúmenes].

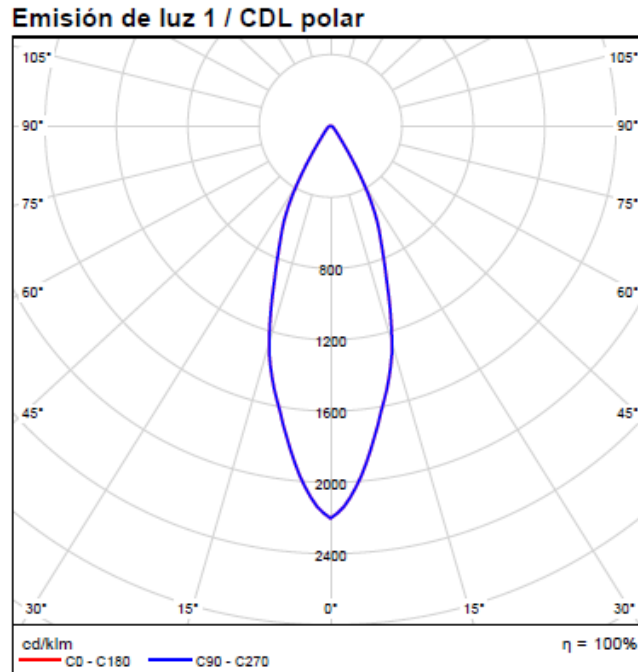


Figura 66 Curva fotométrica de las luminarias dentro de la vitrina. Fuente: Autores

#### 6.4.8.2. Sistema de control de luminarias

La luminaria dentro de cada vitrina tiene un control independiente, es decir que el coordinador u operario del museo podrá encender una a una cada iluminaria de la vitrina de su preferencia o todas a la vez, esto en todas las vitrinas gracias a su control independiente de 119 luminarias pudiéndose de esta manera usar un sistema domótica o un sistema inalámbrico.

Las luminarias de preferencia deberán ser dimerizables, es decir que se puede variar la intensidad, pues las luminarias led comunes no permiten variar su intensidad.










En cada vitrina se colocarán dos dimmers para regular la intensidad de cada hilera de luminarias.

##### 6.4.8.2.1 Utilización de la domótica para el encendido de luminarias

La domótica es un conjunto de tecnologías aplicadas al control y a la automatización inteligente de viviendas, oficinas, centros comerciales, etc. permite

lograr un ahorro energético capaz de mejorar la vida cotidiana de las personas, la domótica hace usos de elementos de hardware y software que ayudan al desarrollo de plataformas personalizadas. El sistema domótico puede ser controlado por computadoras e inclusive por dispositivos menos complejos como tablets y Smartphone. A continuación, se muestran los materiales a utilizar para desarrollar el control de las luminarias.

Tabla 12 Materiales a utilizar para el desarrollo de control de las luminarias. Fuente: Autores

Producto	Fotografía	Cantidad
SunSmart mimetic 16 Channels Relay I/O Remote Control		11
UHPPOTE 110-240VCA to 12VDC Power Supply Controller For Access		11
Access Control Magnetic Lock Hooding Force Indoor 136KG Door		11
UHPPOTE 125KHz RFID ID Access Control Stand Alone Single Door System		11
Kingdel Fanless Mini Desktop Computer, Mini Pc with Intel i7		1
15.6 Inch Capacitive Multi Touch Monitor, 3840 2160 4k Resolution		1
Sensor Push Wireless Thermometer/Hygrometer for iPhone/Android- Humidity and Temperature Smart Sensor with Alerts		11
Levition 6674-POW SureSlide Universal 150 Watt LED and CFL/600-Watt Incandescent Dimmer, White		11
LEDQUANT 7W Dimmable CREE Recessed LED Lighting Fixture, Recessed Downlight, Warm White		22

Solenoides (recorrido útil 30-45mm)		22
Turnigy 2200mAh 3s 20c Lipo Pach w/T-60		11
WOOCH Electronic Cabinet Lock Kit Set		1
Router Wifi (Modelo según alcance)		1
Cables conectores, Breaker, Tablero de distribución		1

El software en la domótica no se basa únicamente en el hardware, electricidad, electrónica sino también en conectividad y comunicación. El desarrollo de hardware posee características como que es económico, portable y fácil de construcción, para el desarrollo del software se tiene control del hardware desde cualquier punto de la sala mediante un módulo de conexión, dependiendo de la comunicación que será vía WIFI, el tipo de instalación es mixto ya que se disponen de varios pequeños dispositivos que son capaces de adquirir y procesar la información de diferentes sensores y transmitirlos al resto de dispositivos distribuidos dentro de cada vitrina, estos sistemas son en gran parte inalámbricos.

Uno de los puntos importantes de las vitrinas es la utilización de una cerradura electrónica con desbloqueo mediante una interfaz de usuario, brinda gran seguridad para las obras dentro de las vitrinas, como se vio en la sección de diseño de las vitrinas también existen unas trabas las cuales al activar los solenoides estas dan apertura a desactivar la traba. En la Figura 67 se observa el esquema eléctrico utilizado para el sistema de iluminación.

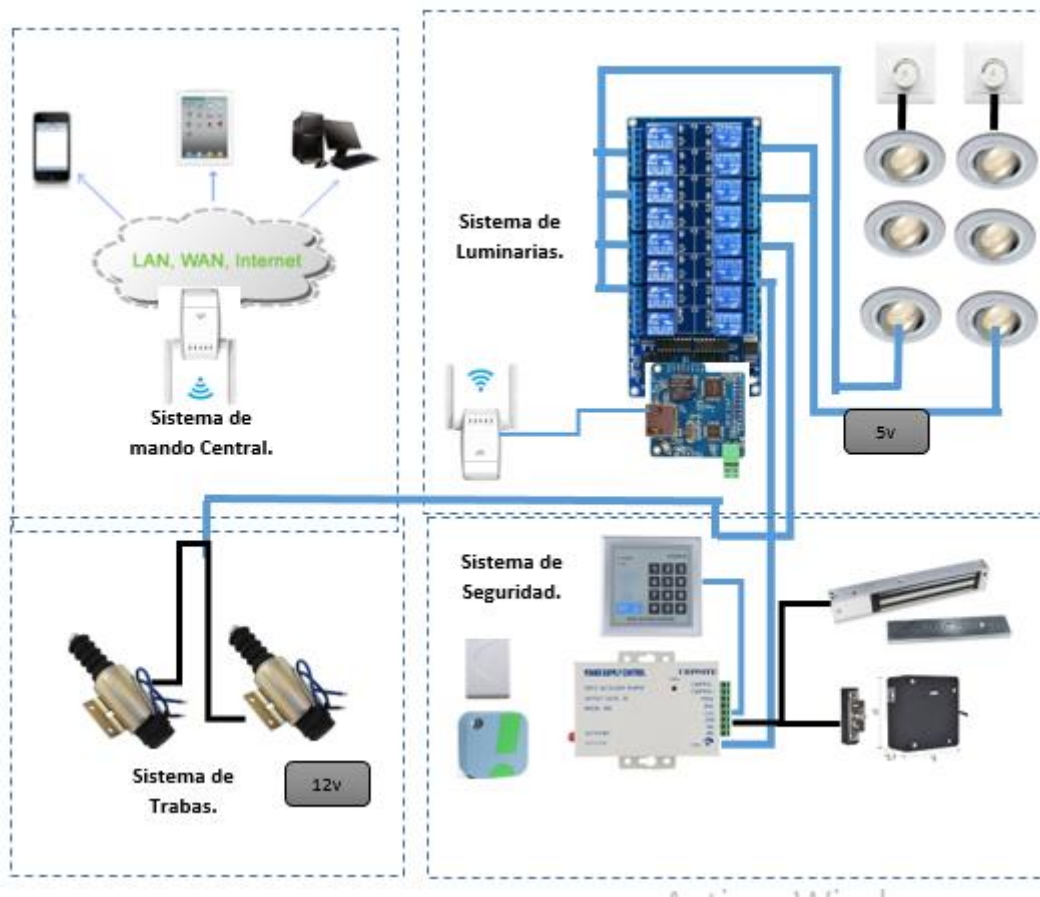


Figura 67 Esquema eléctrico del sistema de iluminación. Fuente: Autores

#### 6.4.8.2.2 Interfaz de usuario

Una interfaz de usuario es básicamente un medio a través del cual una persona puede controlar un software o hardware específico, la interfaz de usuario debe ser lo más fácil de usar e intuitiva posible. La interfaz gráfica de usuario a utilizar es de tipo GUI (Graphical User Interface), es la interfaz más utilizada en la actualidad en aplicaciones de software, utiliza botones y menús en la ventana del software, este “diálogo” entre el usuario y el software es posible mediante elementos como barras de tareas, menús, todo esto mediante un diseño de pantalla. En la Figura 68 se observa la interfaz de usuario en su panel principal, como se mencionó en secciones anteriores mediante esta interfaz el operador puede encender el sistema de iluminación de las vitrinas regulando la luminosidad de manera general, esto cuando todas las vitrinas vayan a estar en múltiple uso, también podrá abrir la cerraduras de seguridad, en la pantalla se logra observar la temperatura y humedad a la que se encuentran las vitrinas.

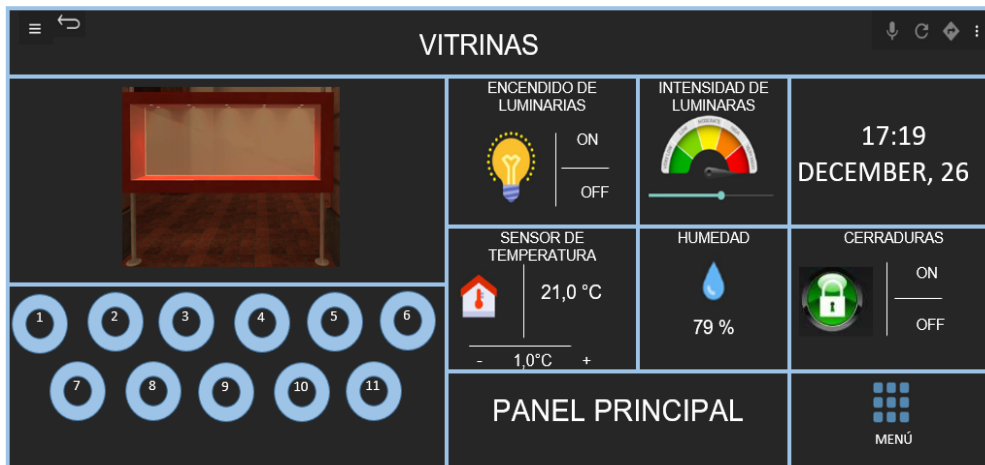


Figura 68 Interfaz de usuario panel principal. Fuente: Autores

Cuando se requiera iluminar una o varias vitrinas, se da clic en el botón que corresponde al número de vitrina asignado, pudiéndose visualizar las funciones del panel principal además del sistema de trabas para activarlo y poder bajar las vitrinas como se indica en la Figura 69.



Figura 69 Interfaz de usuario de una vitrina específica, se toma para ejemplo la vitrina 1. Fuente: Autores

### 6.5. Análisis computacional de los elementos críticos para la estructura de las vitrinas electromecánicas

La Figura 45 se muestra la estructura en celosía que tendrán todas las vitrinas y para optimizar el diseño que soportará las vitrinas se toman las dimensiones mostradas en la Tabla 13 que son las dimensiones de la vitrina más larga.



Tabla 13 Dimensiones para construcción de las vitrinas. Fuente: Autores

Mark	Dimensión	Unidad
Largo	3770	mm
Alto	1380	mm
Ancho	323	mm
Ancho de Tubo	25,4	mm

La estructura cuenta con soporte de apoyo para evitar la deformación, esta será la geometría a optimizar. La geometría generada en Spaceclaim es la siguiente:

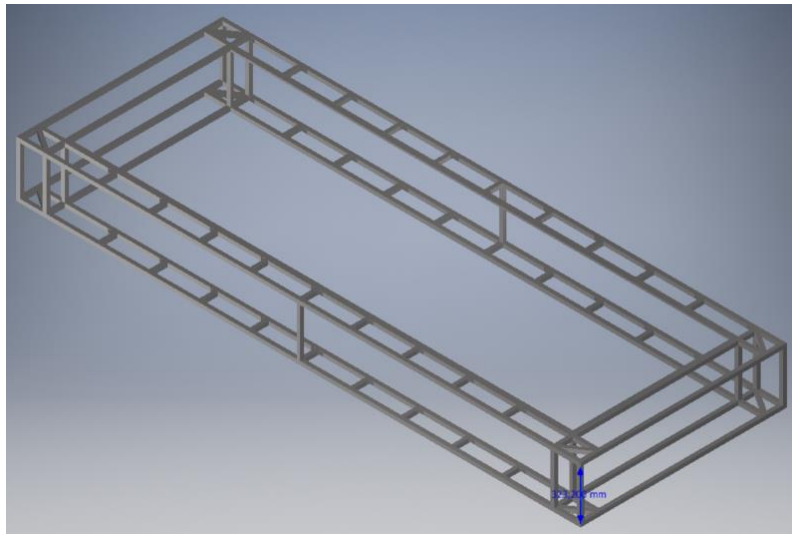


Figura 70 Geometría para el caso 1. Fuente: Autores.

### 6.5.1. Análisis del diseño propuesto (Caso1)

#### 6.5.1.1. Información de la malla. Caso 1

Los parámetros de generación de la malla se configuran como se ve en el siguiente conjunto de la Figura 71.

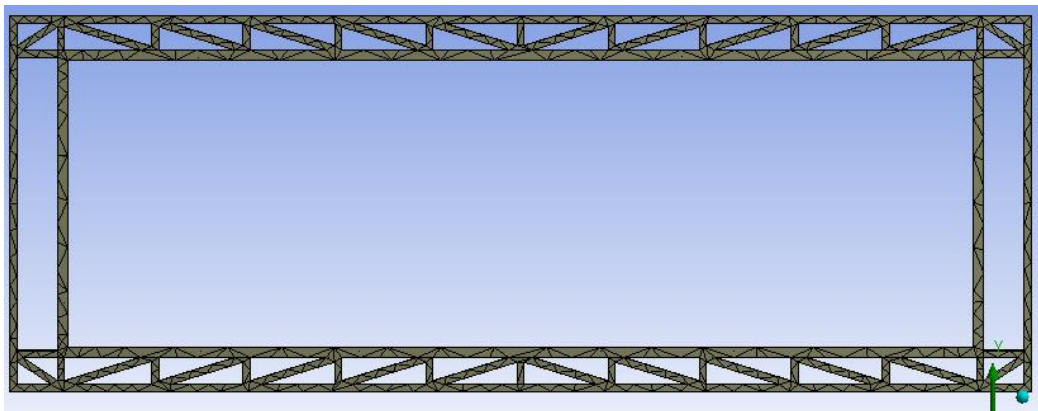


Figura 71 Malla general para el elemento del caso 1. Fuente: Autores.

La unión en las esquinas se puede apreciar en la Figura 72 y la configuración del método de mallado en la Figura 73.

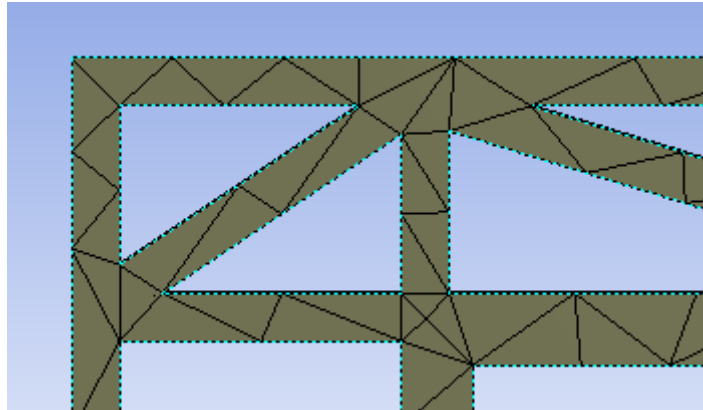


Figura 72 Ajuste de nodos en uniones. Fuente: Autores.

Details of "Patch Conforming Method" - Method	
[-] <b>Scope</b>	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Body
[-] <b>Definition</b>	
Suppressed	No
Method	Tetrahedrons
Algorithm	Patch Conforming
Element Order	Use Global Setting

Figura 73 Detalles para la base en la estructura. Fuente: Autores.

Hay que tener claro que se generaron 28 uniones en la geometría, estas fueron configuradas de carácter de soldadura.

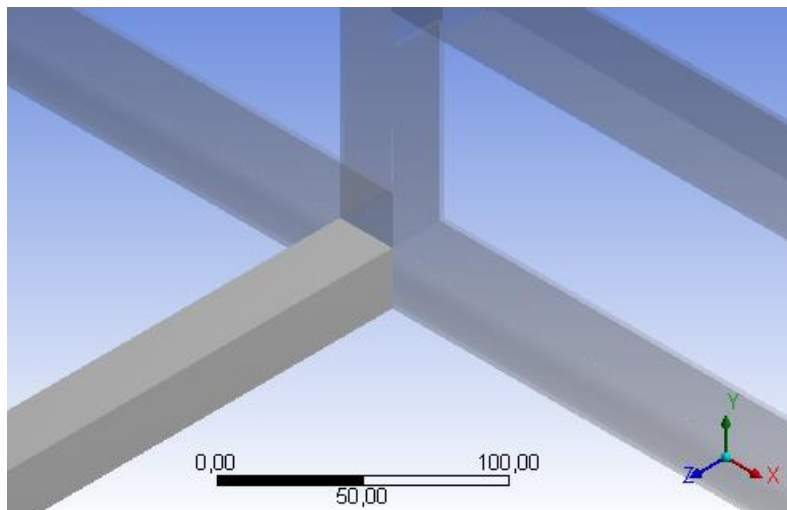


Figura 74 Bonded, configuración de unión en las piezas. Fuente: Autores.

El tercer paso de los parámetros de generación de malla se aplica sobre el panel de control que consiste en el tamaño de los elementos en la parte superior e inferior. Los métodos anteriores permiten una malla que es más fina cerca del panel y más gruesa

lejos de ella. La calidad de la malla se mide por la relación de aspecto en la Figura 75 y el Skewness (Asimetría) en la Figura 76.

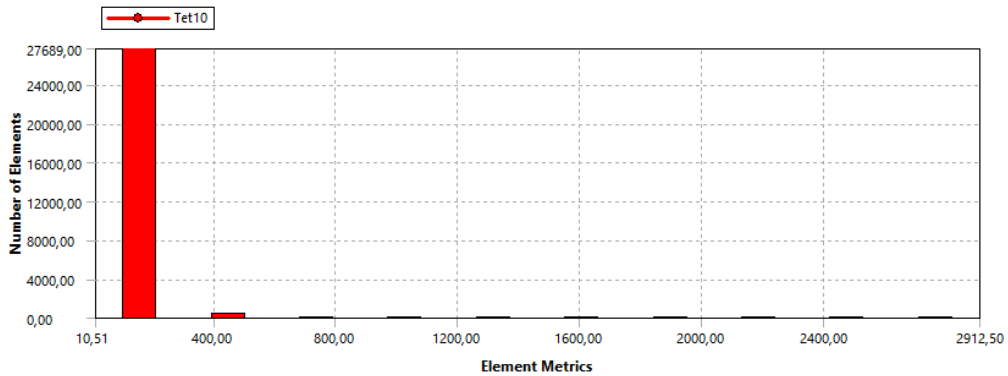


Figura 75 Métrica de malla de relación de aspecto en el caso 1. Fuente: Autores.

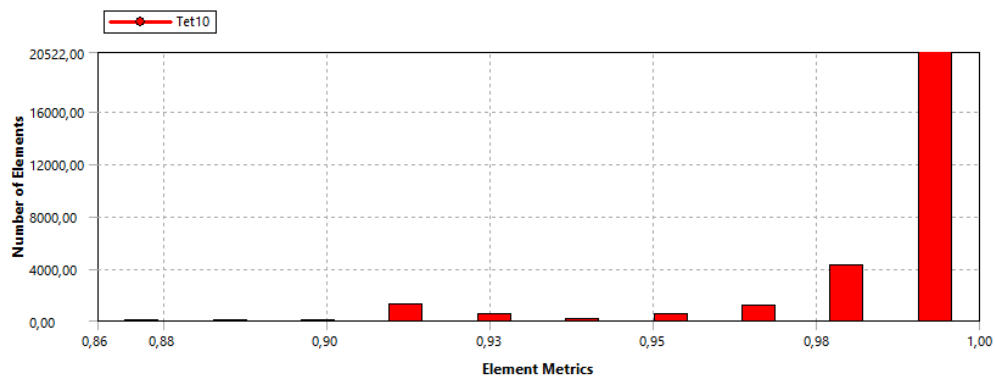


Figura 76 Medida de malla de Skewness (asimetría) en el caso 1. Fuente: Autores.

### 6.5.1.2. Condiciones de contorno. Caso 1

La primera condición es un Soporte Fijo en los laterales como se ve en la Figura 77.

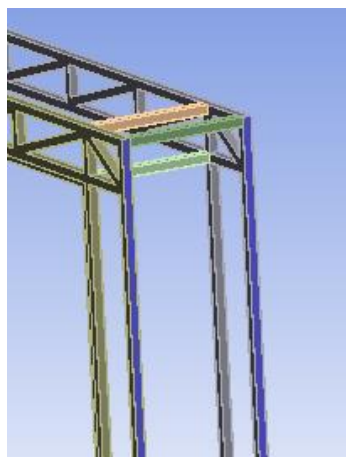


Figura 77 Soporte fijo en la estructura lateral. Fuente: Autores.

La segunda condición como se muestra en la Figura 78 es aplicada una fuerza en la estructura superior, con esto se representará cargas apoyadas en la estructura para la exhibición en vitrinas.



Figura 78 Carga en la superficie cielo de la estructura. Fuente: Autores.

En la Figura 79 se detalla las demás aplicaciones de condiciones de contorno del elemento en análisis. Condición de gravedad para analizar el peso propio del sistema, más las cargas aplicadas por la colocación de muestras en las vitrinas.

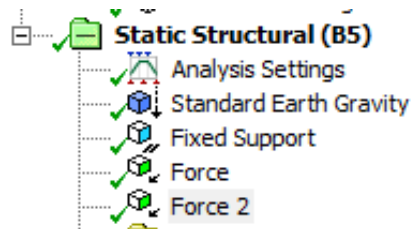


Figura 79 Configuración del análisis del sistema. Fuente: Autores.

### 6.5.1.3. Información de la solución. Caso 1

El esfuerzo equivalente muestra valores máximos de  $6.69 \text{ MPa}$ , esto indica que el esfuerzo al que está sometido el elemento cumple con los estándares de resistencia mecánica al no superar los valores de fluencia del material, esto se puede apreciar en la Figura 80.

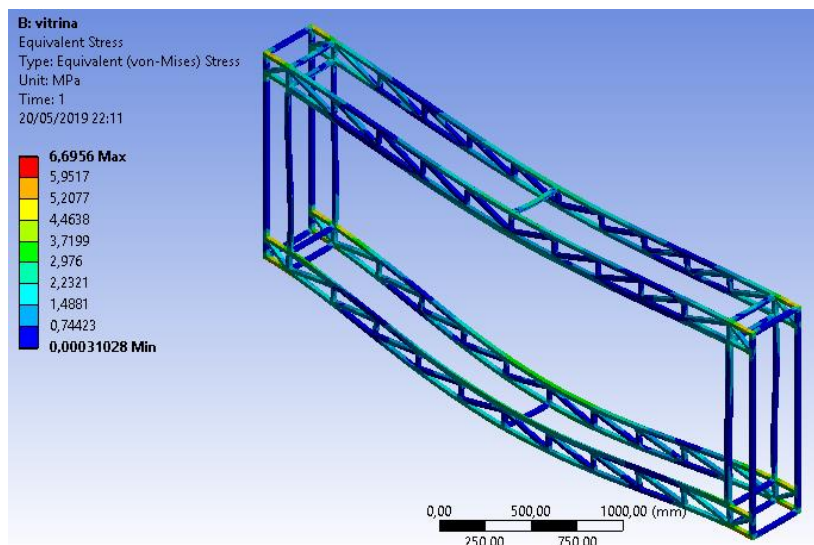


Figura 80 Equivalente de esfuerzo Von Mises. Fuente: Autores.

Además, se muestra en la Figura 81 que existe en la zona más crítica del elemento (centro inferior) que se genera por la aplicación de este tipo de carga  $0.2\text{mm}$ .

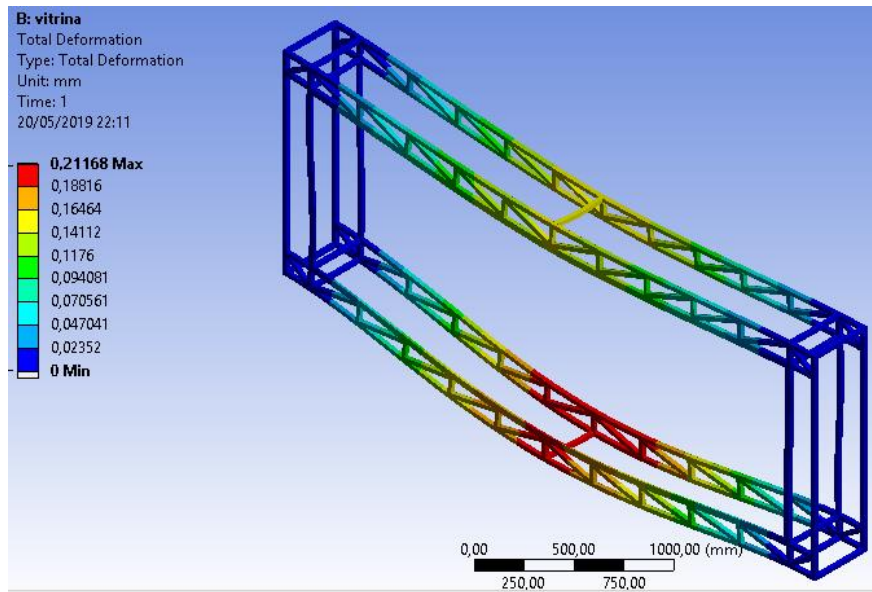


Figura 81 Deformación total de la estructura. Fuente: Autores.

Este valor mostrado en la Figura 81 es aceptado comparado con el factor de seguridad que se muestra en la Figura 82 que llega a valores de límite superior de 15, siendo este un parámetro aceptable en cuanto a análisis de esfuerzo.

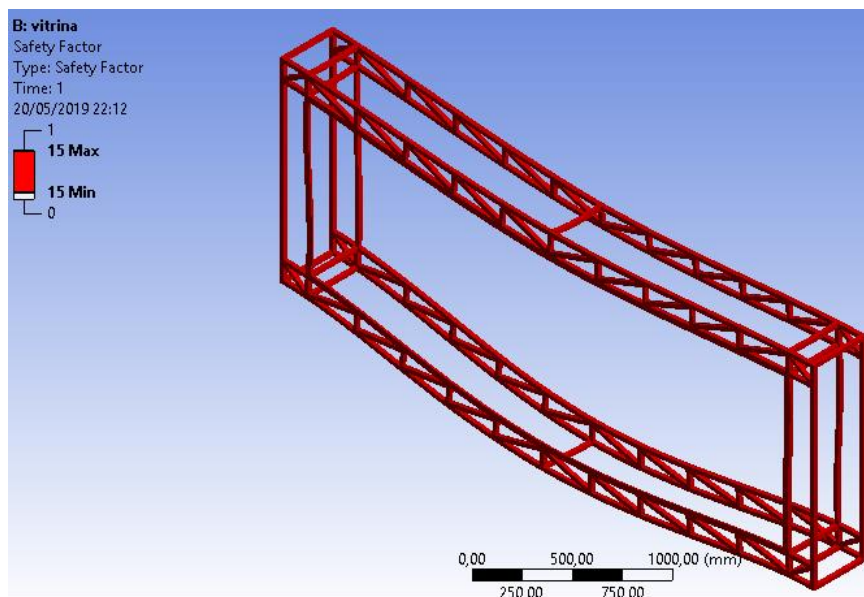


Figura 82 Factor de Seguridad. Fuente: Autores.

Se analiza el esfuerzo cortante para conocer el cizallamiento que pueden estar teniendo los elementos exteriores de la estructura. Pero los valores son muy bajos para una consideración de esta carga ( $1.512\text{ MPa}$ ).

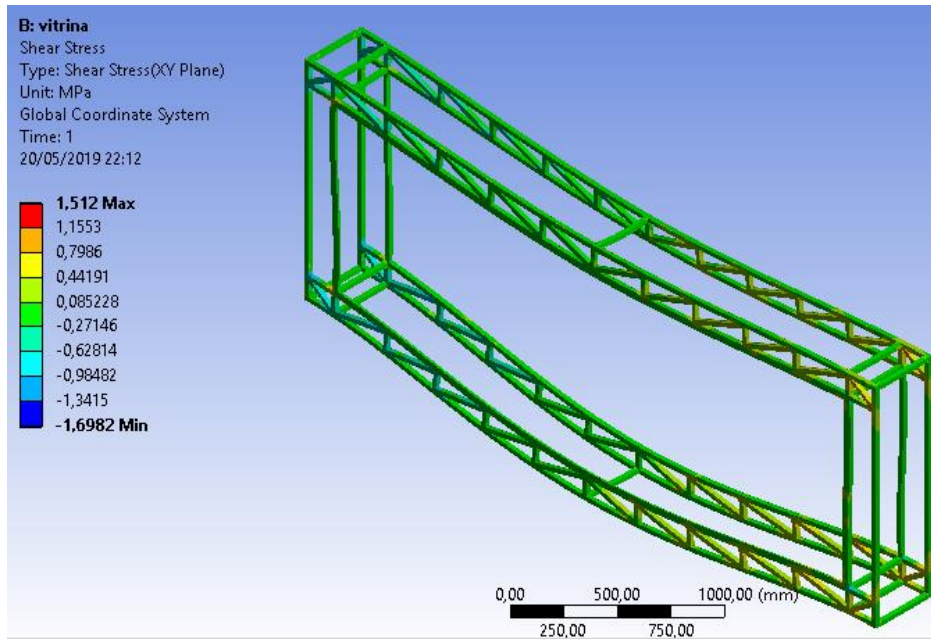


Figura 83 Esfuerzo cortante. Fuente: Autores.

La dirección principal del esfuerzo se muestra en la Figura 84, en donde se observa que la relación a tensión está presente en los extremos de la estructura. Esto representa que, la condición que predomina en este sistema de cargas, genera esfuerzos a tensión como máximos valores.

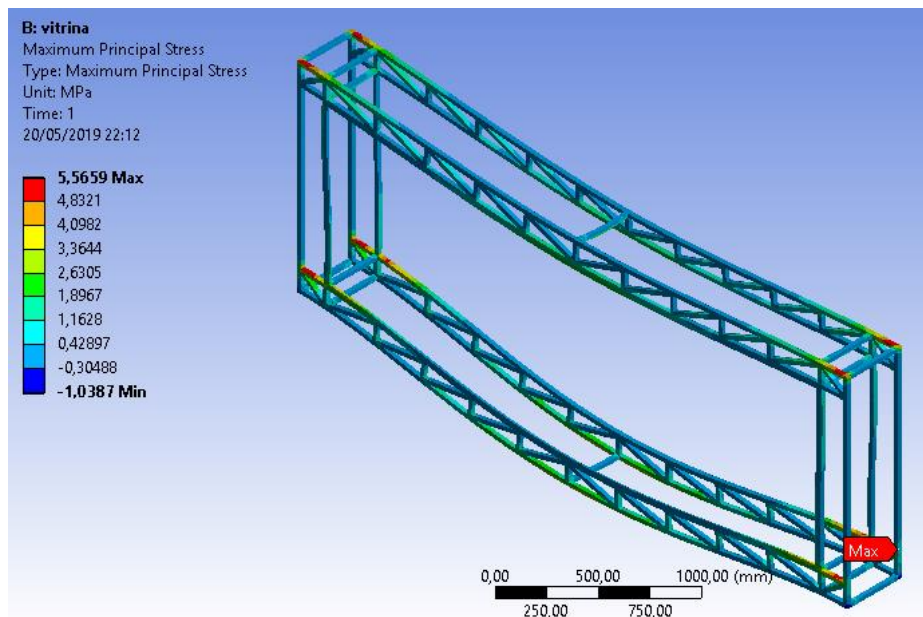


Figura 84 Dirección Principal de esfuerzo. Fuente: Autores.

Como método de control, se analiza la fuerza de reacción en el elemento, ya que esta tiene que ser acorde a la dirección y magnitud aplicada en el sistema con un valor de 1255N en la dirección Z Positiva repartido en los puntos fijos del sistema.

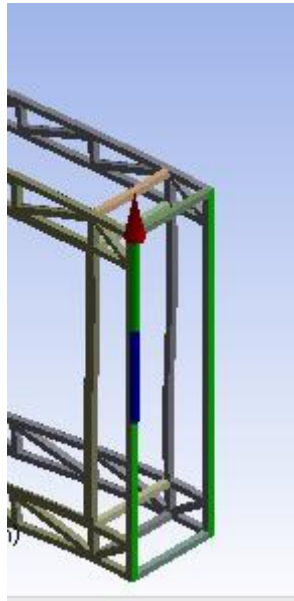


Figura 85 Fuerza de reacción. Fuente: Autores.

### 6.5.2. Propuestas de optimización de la estructura de la vitrina

A continuación, se presenta dos posibles propuestas de optimización para la estructura de las vitrinas que serán sometidas a análisis, en el software se diseñó la eliminación de refuerzos diagonales como medida de optimización mostrados en las Figura 86 y Figura 87.

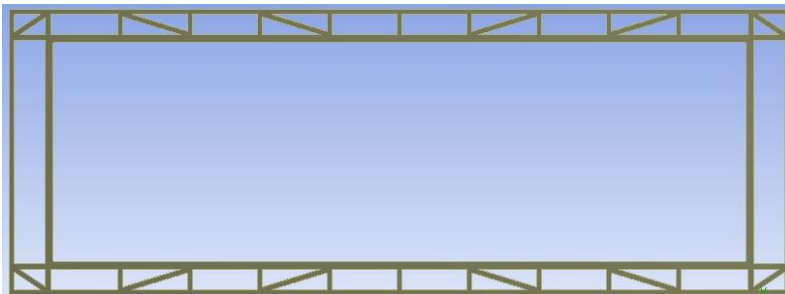


Figura 86 Estructura para vitrina, primer caso de optimización análisis caso 2. Fuente: Autores.

Como se observa, en la Figura 86 hemos eliminado uno de los elementos de la celosía, para el análisis lo llamaremos caso 2, y en la Figura 87 hemos eliminado todas las diagonales de la celosía a la cual llamamos caso 3.

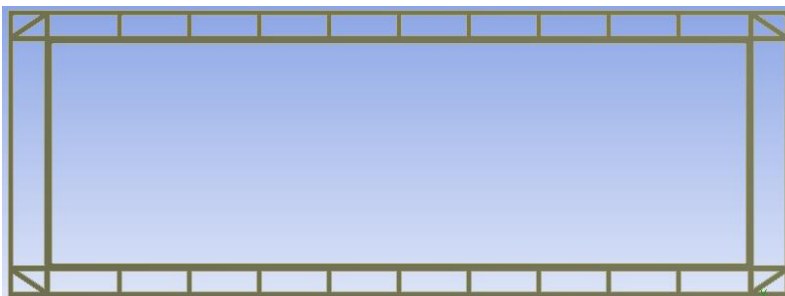


Figura 87 Estructura para Vitrinas, segundo caso de optimización, análisis caso 3. Fuente: Autores.

La estructura cuenta con soporte de apoyo para evitar la deformación, pero estas son eliminadas por considerar inoperantes o no aportar mayor soporte al sistema estructural.

### 6.5.2.1. Información de la malla, Caso 2 y Caso3

Los parámetros de generación de la malla se configuran similares al caso 1, para poder ser comparados los valores a obtener.

### 6.5.2.2. Condiciones de Contorno Caso 2 y Caso3

Las condiciones de Contorno se configuran similares al caso 1, para poder ser comparados los valores a obtener.

### 6.5.2.3. Información de la Solución Caso 2 y Caso3

El esfuerzo equivalente de la vitrina optimizada para el caso 2 nos muestra valores máximos de  $28.355MPa$  mostrados en la Figura 88.

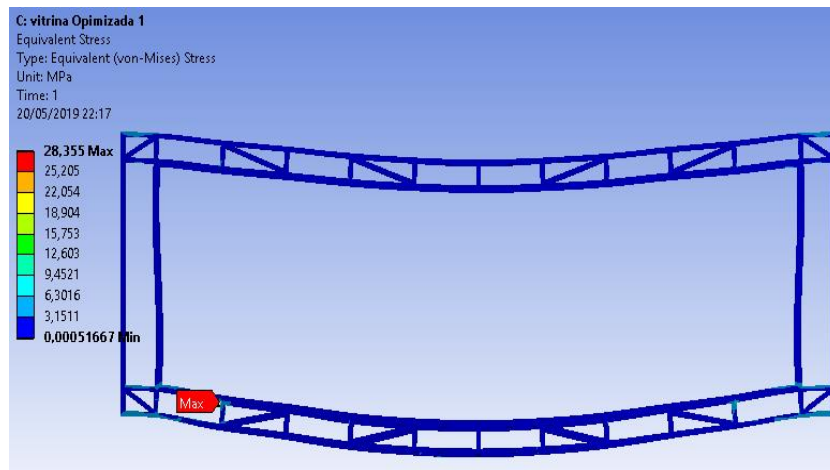


Figura 88 Esfuerzo equivalente para el caso 2 de una posible optimización de la vitrina. Fuente: Autores.

En cambio, en el caso 3 que se observa en la Figura 89 tenemos un esfuerzo equivalente máximo de  $31.767MPa$ .

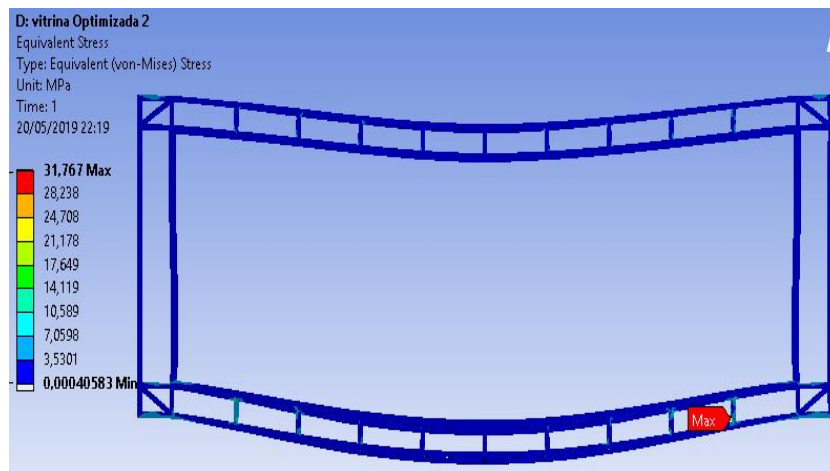


Figura 89 Esfuerzo equivalente para el caso 3 de una posible optimización de la vitrina. Fuente: Autores.



Esto indica que el esfuerzo que está sometido el elemento en los casos 2 y 3 cumplen con los estándares de resistencia mecánica al no superar los valores de fluencia del material, pero aumentan con relación al sistema original, también se observa que la eliminación de refuerzos diagonales no contrae gran diferencia entre la relación de menos diagonales en el sistema. Esto se puede apreciar en el análisis de deformación total para los casos 2 y 3 mostrados en la Figura 90 y Figura 92 respectivamente.

La deformación total de la vitrina optimizada para el caso 2 nos muestra valores máximos en la zona crítica de  $0.25053mm$  como se aprecia en la Figura 90.

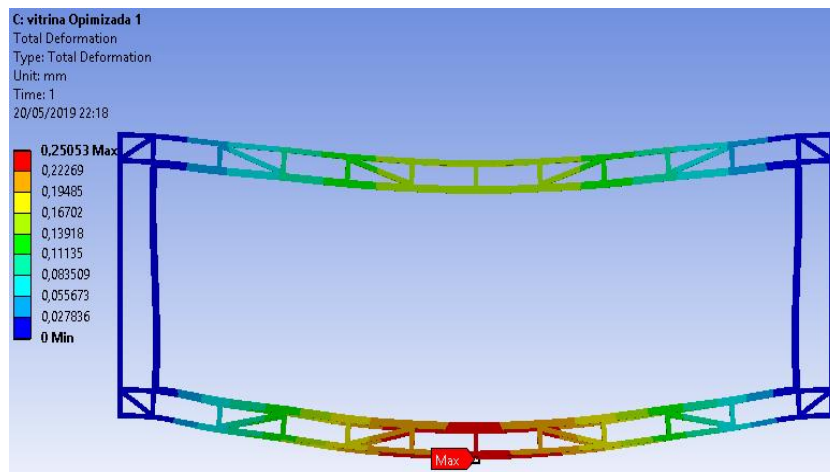


Figura 90 Deformación total de la estructura para el caso 2 de una posible optimización de la vitrina. Fuente: Autores.

El valor de deformación total presentado en la Figura 90 es válido, pues como se muestra en la Figura 91 con este tipo de estructura se tiene un factor de seguridad máximo de 8.81.

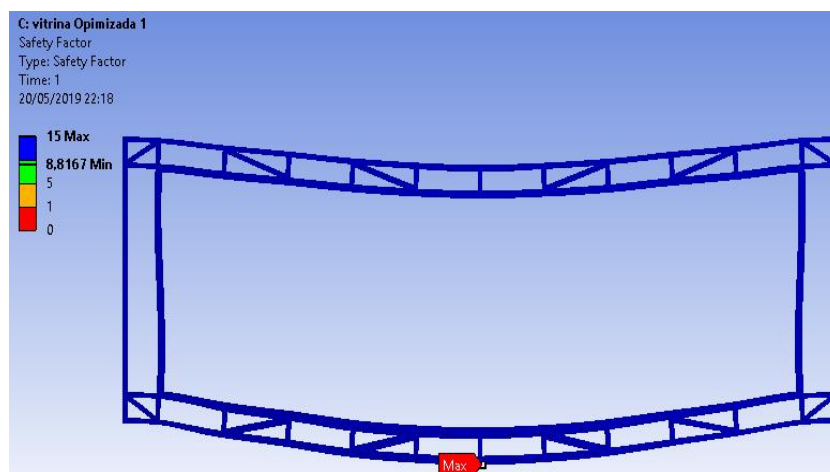


Figura 91 Factor de seguridad para el caso 3 de una posible optimización de la vitrina. Fuente: Autores.

En cambio, para el caso 3 que se observa en la Figura 92 tenemos una deformación máxima en la zona crítica de  $0.3245mm$ .

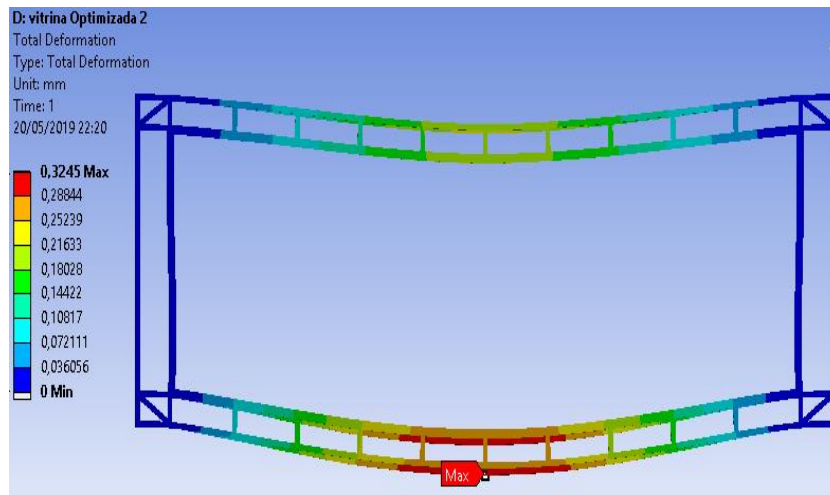


Figura 92 Deformación total de la estructura para el caso 3 de una posible optimización de la vitrina.  
Fuente: Autores.

También este valor es aceptado comparado con el factor de seguridad que llega a valores de 7.86 Figura 92; siendo este un parámetro aceptable en cuanto a análisis de esfuerzo. En conclusión, en ambos casos las propuestas de los casos 2 y 3 generan óptimos procesos.

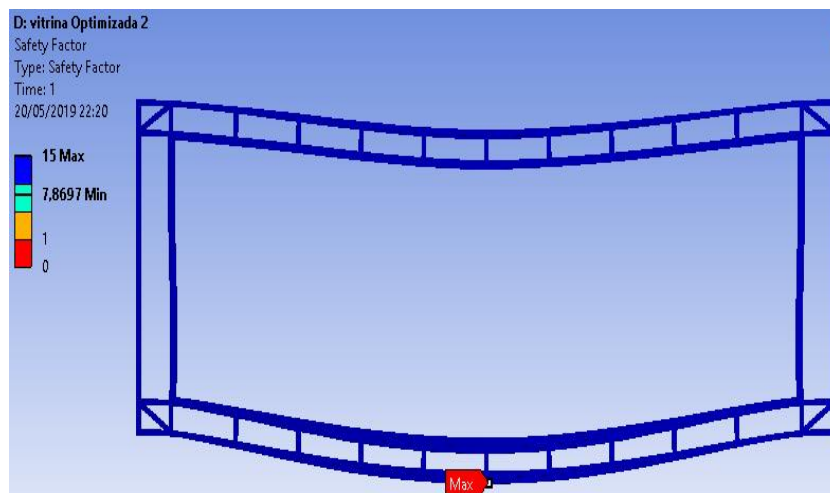


Figura 93 Factor de Seguridad de la estructura para el caso 3 de una posible optimización de la vitrina.  
Fuente: Autores.

Analizando los esfuerzos cortantes podemos observar que son similares en ambas propuestas, es así que para el caso 2 como se muestra en la Figura 94 se tiene un esfuerzo cortante de 6.3272 MPa.

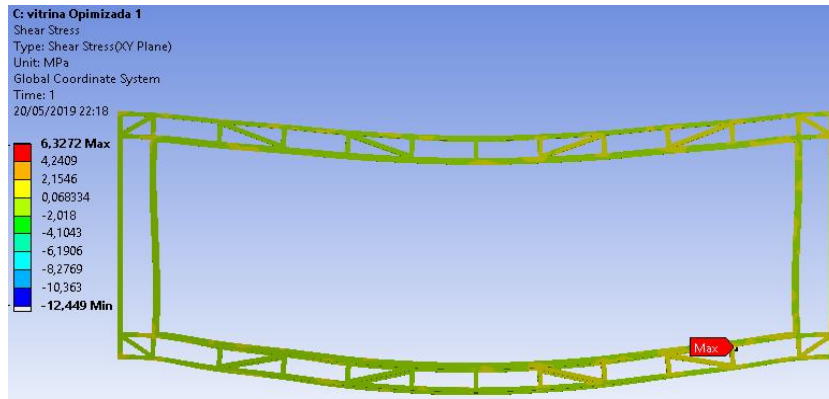


Figura 94 Esfuerzo cortante en la estructura para el caso 2 de una posible optimización de la vitrina.  
Fuente: Autores.

Mientras que analizando el esfuerzo cortante para el caso 3 mostrado en la Figura 95 podemos ver un valor de esfuerzo cortante de 6.328 MPa.

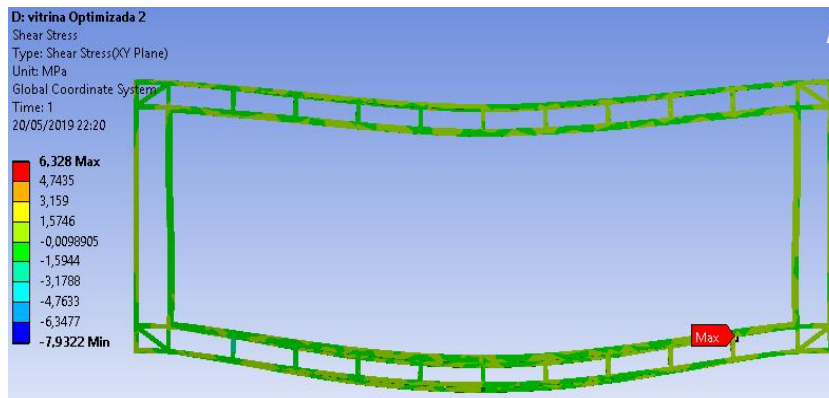


Figura 95 Esfuerzo cortante en la estructura para el caso 3 de una posible optimización de la vitrina.  
Fuente: Autores.

Lo cual nos plantea que las propuestas de rediseño de los casos 2 y 3 presentan una muy poca incidencia del cizallamiento que podría sufrir la estructura.

La dirección principal del esfuerzo, para los casos 2 y 3 nos muestra que la relación a tensión está presente en los extremos de la estructura tal como se presenta en la Figura 96 y Figura 97.

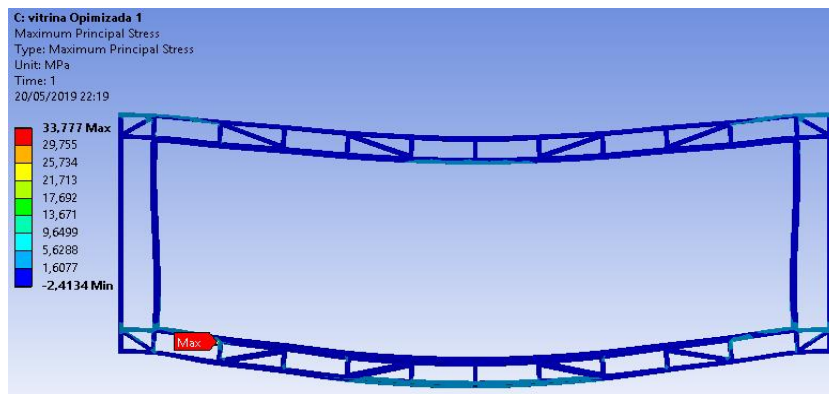


Figura 96 Dirección principal del esfuerzo en la estructura del caso 2 de una posible optimización de la vitrina. Fuente: Autores.

Esto presenta que, la condición que predomina en este sistema de cargas, genera esfuerzos a tensión como máximos valores.

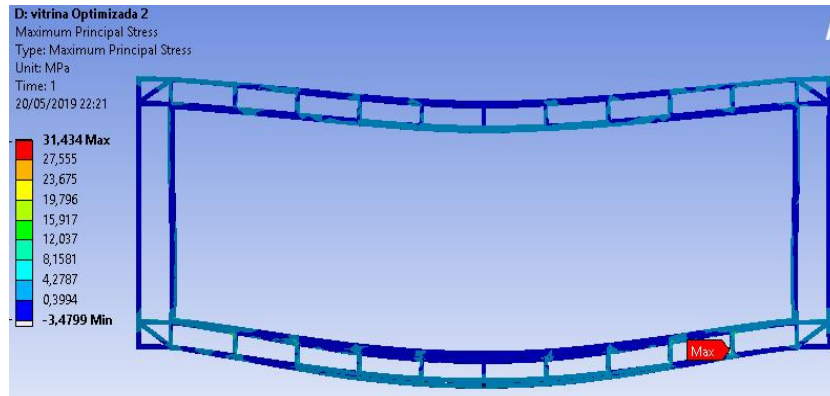


Figura 97 Dirección Principal del Esfuerzo Optimizado. Fuente: Autores

### 6.5.3. Comparación de los Casos 1, 2 y 3

Se presenta una tabla resumen, donde se aprecia que la optimización del sistema. Se observa que según los casos se presenta un aumento en los valores de análisis, pero aún sigue manteniéndose en los parámetros óptimos de trabajo.

Tabla 14 Resumen de Valores. Fuente: Autores

Variable	Caso 1 (Refuerzos Diagonales)	Caso 2 (Refuerzos 1/2 Diagonales)	Caso 3 ( Sin Refuerzos Diagonales)
Equivalent (von-Mises) Stress (MPa)	6.69	28.35	31.76
Deformación Total (mm)	0.211	0.25	0.32
Esfuerzo Cortante (MPa)	1.512	6.327	6.328
Máximum Principal Stress (MPa)	5.565	33.77	31.43
Factor de Seguridad	>15	8.81	7.86

### 6.5.4. Análisis computacional de la columna guía

Para el análisis de la columna guía insertamos el peso máximo que se colocará en las vitrinas para obtener la resistencia y factor de seguridad que está soportando cada diseño.

Se resolverá utilizando como referencia el peso propio de las estructuras y las cargas que se aplicarán en la estructura. Para este análisis se toma en cuenta solamente

al caso 1, pues es la estructura que cuenta con mayor peso comparado con las optimizaciones de los casos 2 y 3.

#### 6.5.4.1. Columna guía

Se tiene la columna guía con medidas comerciales;

Tabla 15 Dimensiones para el caso 1. Fuente: Autores

Mark	Dimensión	Unidad
$\varnothing_{\text{mayor}}$	63.5	mm
Largo	3710	mm
$\varnothing_{\text{menor}}$	55.5	mm
Espesor	4	mm

Como se observa en la Figura 98, la estructura cuenta con 5 ranuras para anclaje y soporte de la siguiente estructura con las medidas 12 mm x 70 mm.

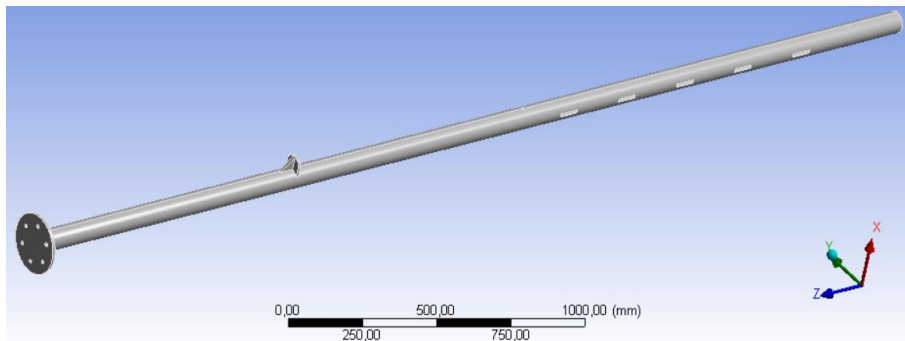


Figura 98 Columna guía para soporte de vitrinas. Fuente: Autores

La geometría generada en Spaceclaim es la siguiente:



Figura 99 Geometría para el caso 1. Fuente: Autores

#### 6.5.4.2. Información de la malla.

Los parámetros de generación de la malla se configuran como se ve en el siguiente conjunto Figura 100.

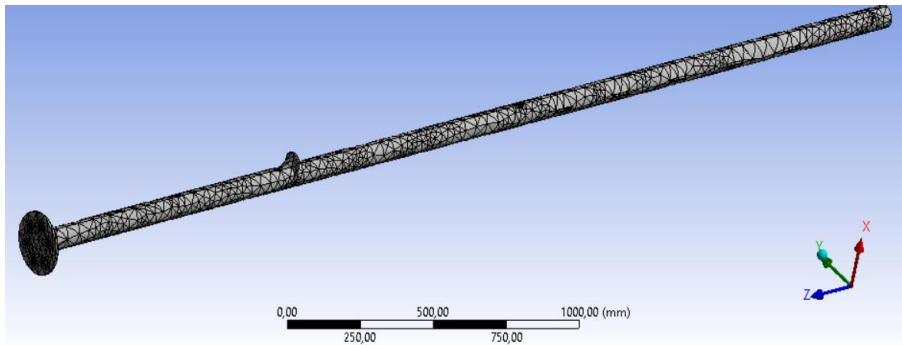


Figura 100 Malla generada para el elemento del caso 1. Fuente: Autores

El ajuste de nodos en las ranuras para anclaje se muestra en la Figura 101.

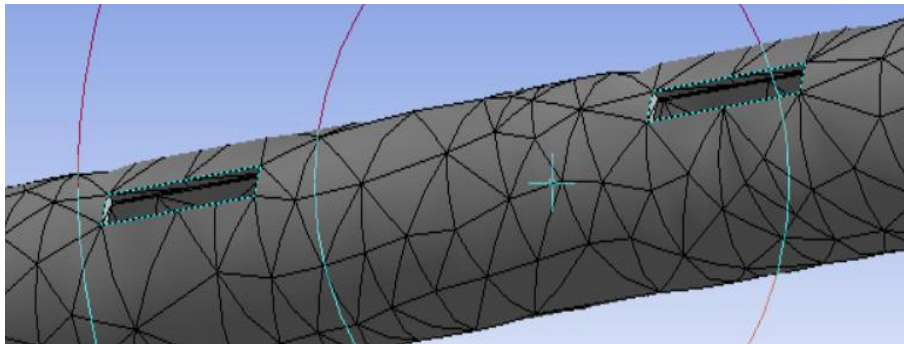


Figura 101 Ajuste de nodos para las ranuras diseñadas para anclaje y elevación. Fuente: Autores

El ajuste de nudos para la base en la guía para soporte de la estructura se muestra en la Figura 102

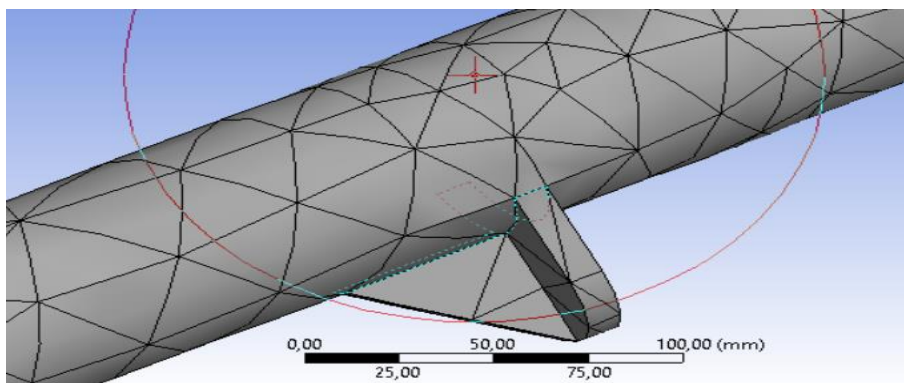


Figura 102 Base en la guía para soporte de la estructura. Fuente: Autores

El ajuste de nudos para la base de la guía se muestra en la Figura 103

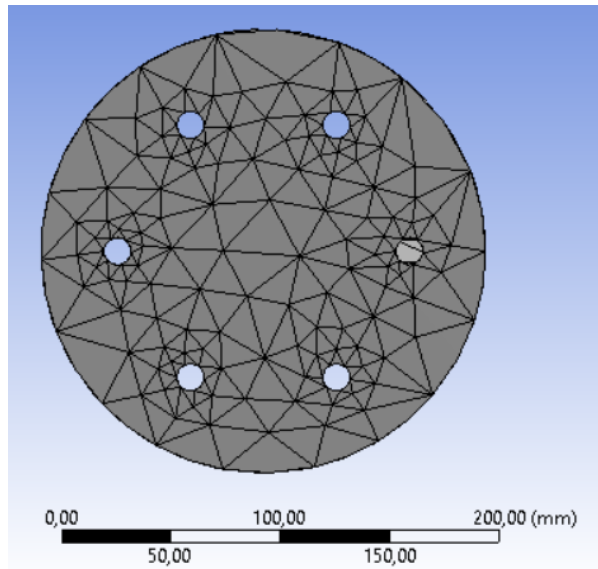


Figura 103 Ajuste de nodos para análisis de agujeros de anclaje. Fuente: Autores

El segundo paso de los parámetros de generación de malla se aplica sobre el panel de control que consiste en el tamaño de elementos de malla en la parte delantera y trasera. Los métodos aplicados permiten una malla que es más fina cerca del panel y más gruesa lejos de ella para obtener resultados reales sin comprometer eficiencia computacional. La calidad de la malla se mide por la relación de aspecto en la Figura 104 y el Skewness (Asimetría) en la Figura 105.

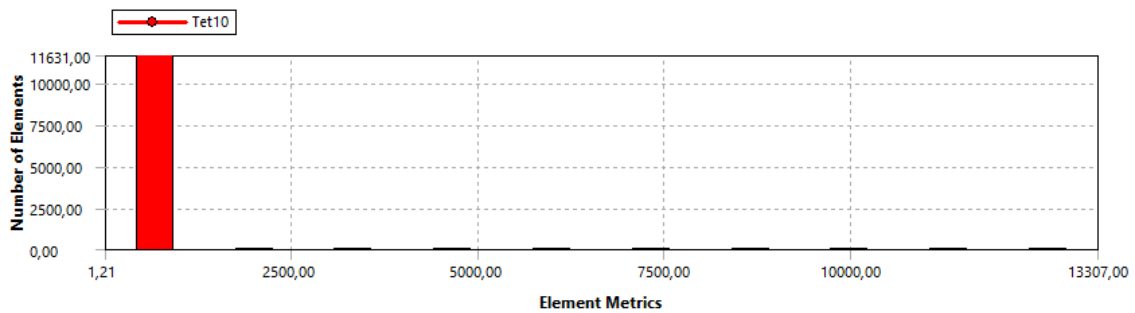


Figura 104 Métrica de malla de relación de aspecto en el caso 1. Fuente: Autores

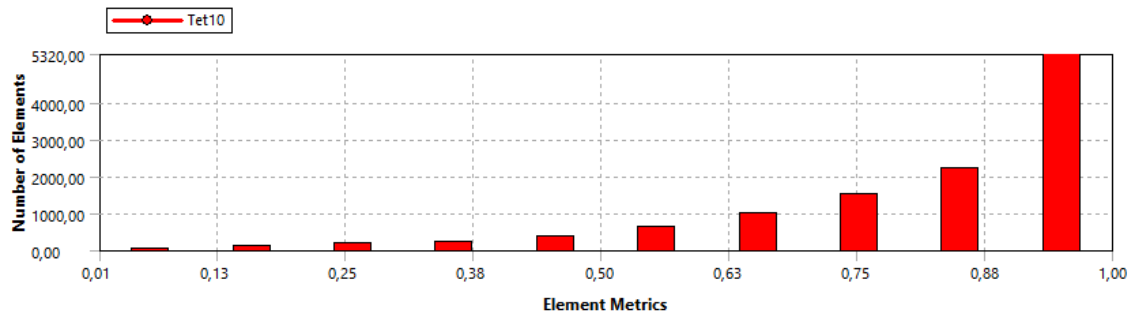


Figura 105 Medida de malla de Skewness (asimetría) en el caso 1. Fuente: Autores

### 6.5.4.3. Condiciones de contorno.

La primera condición es un Soporte Fijo en la base del elemento como se ve en la Figura 106.

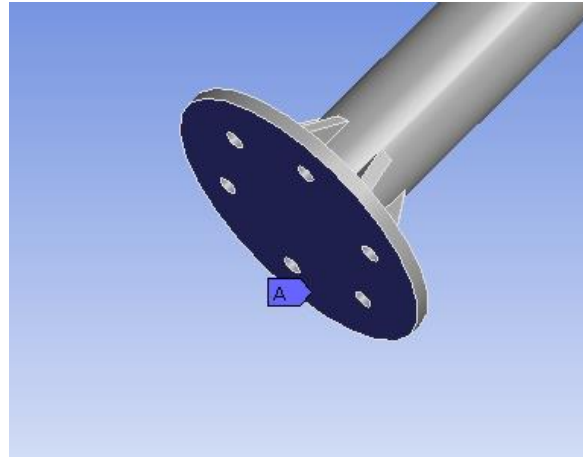


Figura 106 Soporte fijo en la base del elemento. Fuente: Autores

La segunda condición es aplicada una fuerza aplicada en el centro de carga remota a una distancia de 1885 mm, distancia relacionada con la segunda estructura en análisis. Esto se ve en la Figura 107.



Figura 107 Carga remota en la superficie cielo. Fuente: Autores

Configurando para obtener la solución más adecuada al problema en análisis se colocan los detalles como se muestran en la Figura 108.



Details of "Analysis Settings"	
[-] <b>Step Controls</b>	
Number Of Steps	1,
Current Step Number	1,
Step End Time	1, s
Auto Time Stepping	Program Controlled
[-] <b>Solver Controls</b>	
Solver Type	Program Controlled
Weak Springs	Off
Solver Pivot Checking	Program Controlled
Large Deflection	On
Inertia Relief	Off
[-] <b>Rotordynamics Controls</b>	
Coriolis Effect	Off

Figura 108 Configuración del análisis del sistema. Fuente: Autores

#### 6.5.4.4. Información de la solución.

El esfuerzo equivalente muestra valores máximos de 75,6 MPa, esto indica que el esfuerzo que está sometido el elemento cumple con los estándares de resistencia mecánica al no superar los valores de fluencia del material. Esto se puede apreciar en la Figura 109.

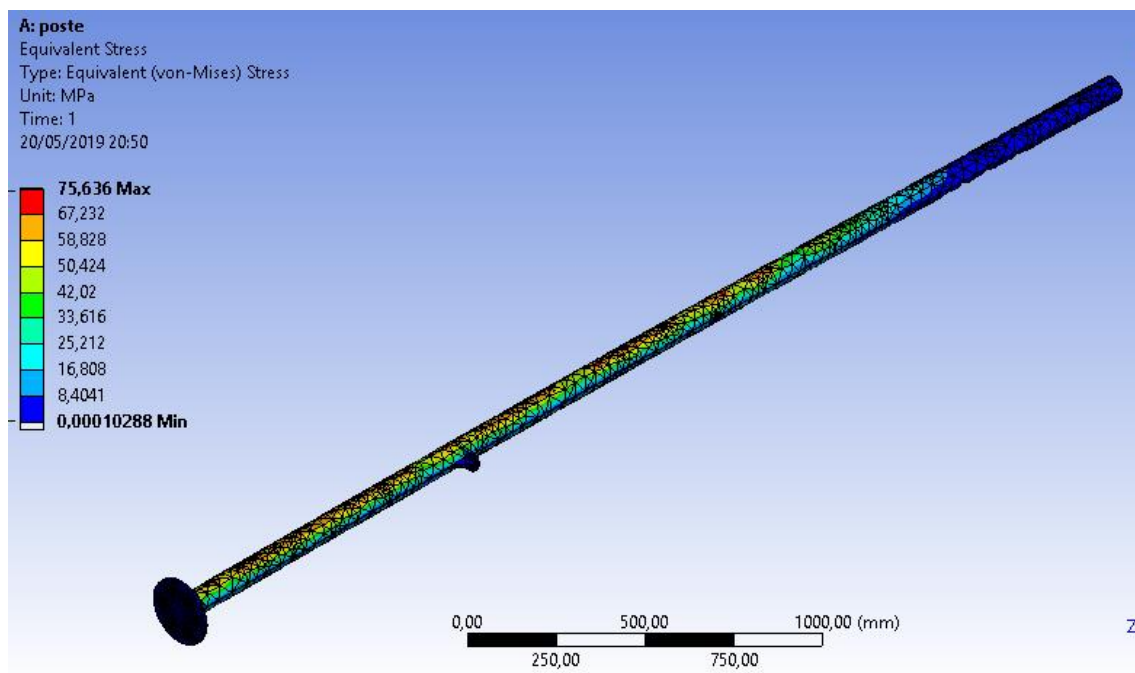


Figura 109 Equivalente de esfuerzo Von Mises en caso 1. Fuente: Autores

Además, se aprecia que existe en la zona más crítica del elemento que se genera por la aplicación de este tipo de carga (remota) con una deformación total de 53mm.

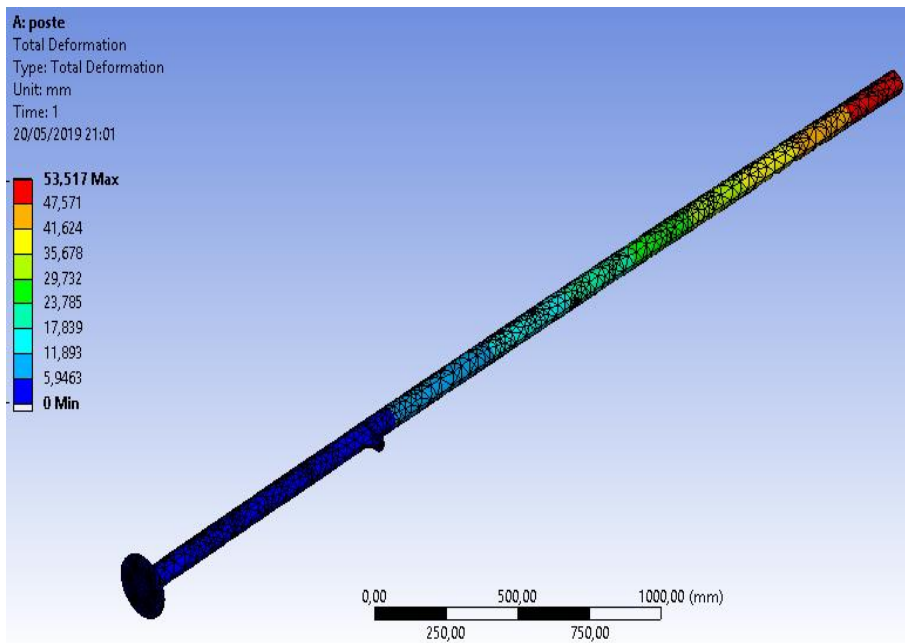


Figura 110 Deformación total de la estructura en caso 1. Fuente: Autores

Este valor es aceptado comparado con el factor de seguridad mostrado en la Figura 111 que llega a valores de 3,3 siendo este un parámetro aceptable en cuanto a análisis de esfuerzo.

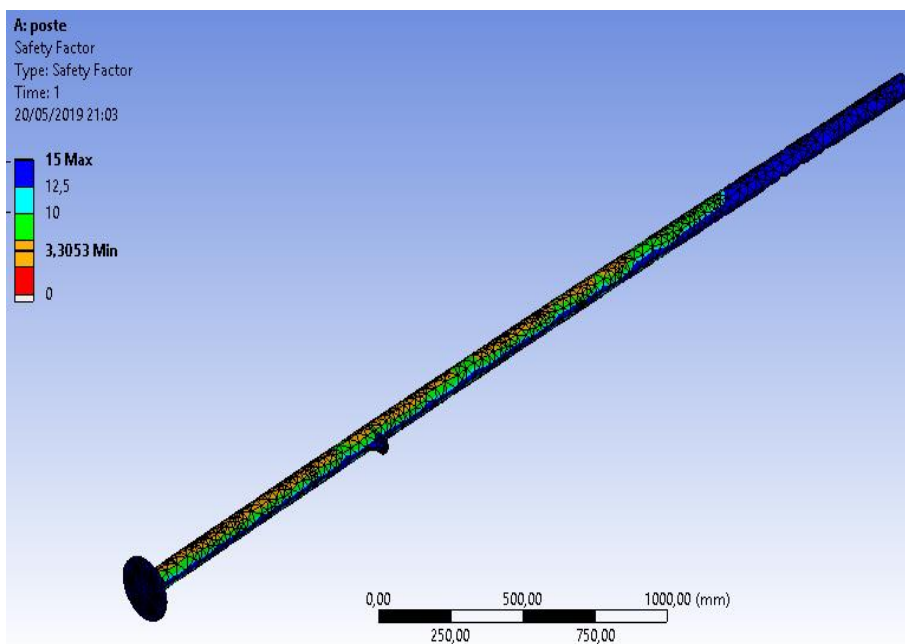


Figura 111 Factor de seguridad en el caso 1. Fuente: Autores

Al ser una carga remota la aplicada en este análisis, es necesario comprobar que los esfuerzos cortantes estén en valores aceptables. En nuestro caso 1 el esfuerzo cortante resultante brinda valores bajos, con un 4,06 MPa. El esfuerzo cortante en el elemento no genera cargas a consideración.

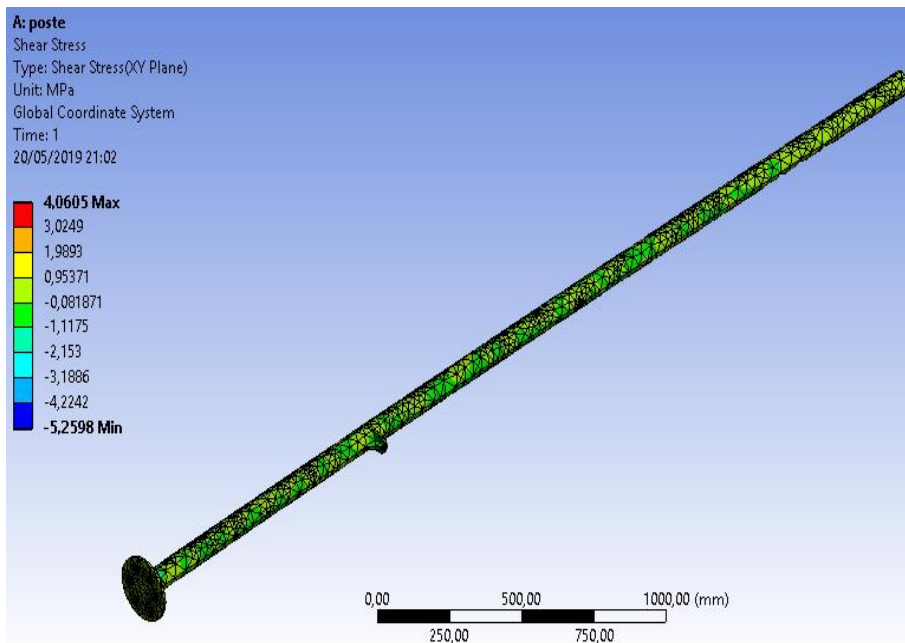


Figura 112 Esfuerzo cortante caso 1. Fuente: Autores

Como método de control, se analiza la fuerza de reacción en el elemento, ya que esta tiene que ser acorde a la dirección y magnitud aplicada en el sistema con un valor de 500 N en la dirección Z Positiva (Carga aplicada).

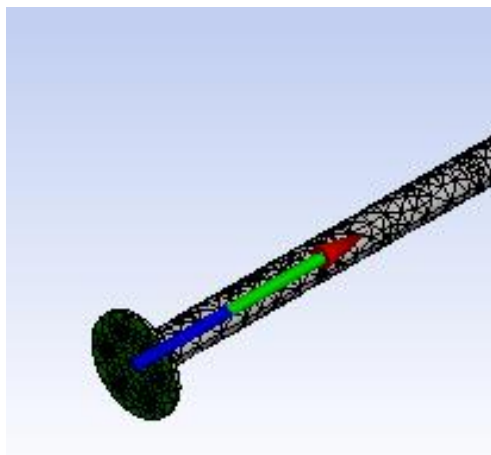


Figura 113 Fuerza de Reacción en caso 1. Fuente: Autores

### 6.5.5. Análisis computacional del sistema de traba y soporte.

Se analiza la recuperación del resorte, así como el comportamiento mecánico de la traba que soportará la carga. Se inserta el peso máximo que se colocará en las vitrinas para obtener la resistencia y factor de seguridad que está soportando cada diseño.

Todos los casos se resolverán utilizando como referencia las reacciones que se genera en la estructura al soportar las cargas de su propio peso y los elementos colocados para la exhibición.

El sistema de muelle es calculado de acuerdo a un  $k$  (constante de elasticidad) proporcional al desplazamiento que tendrá la traba en su movimiento más crítico.

La aplicación de la fuerza de reacción es acorde a la posición donde se genera la transmisión de la fuerza, otras cosas como la generación de malla y las condiciones de contorno serán las más óptimas considerando la exactitud del cálculo sin comprometer costo computacional, excepto donde se indique.

En la Figura 114 se muestra la traba con medidas acorde al diseño y espacio para posicionar el mecanismo.

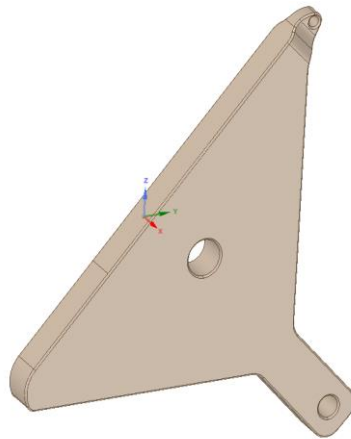


Figura 114 Traba, mecanismo de soporte. Fuente: Autores

#### 6.5.5.1. Información de la malla

Los parámetros de generación de la malla se configuran como se ve en Figura 115. Se optó por un método triangular para poder tener mayor homogeneidad en los elementos con los cambios de sección y radios que presenta el elemento. Este método permite una malla que obtiene resultados muy próximos a los reales sin comprometer eficiencia computacional.

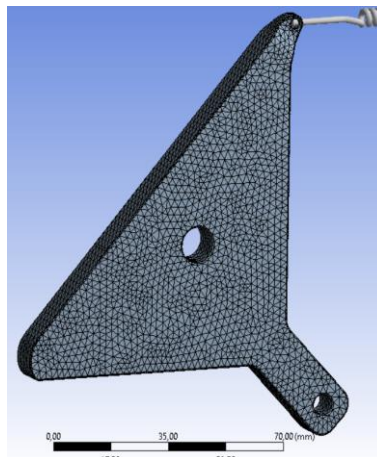


Figura 115 Malla general para el elemento. Fuente: Autores

La calidad de la malla se mide por la relación de aspecto en la Figura 116, La relación de aspecto nos muestra que la mayor cantidad de elementos esta próximos a uno, lo que nos da un primer parámetro de la homogeneidad de los resultados.

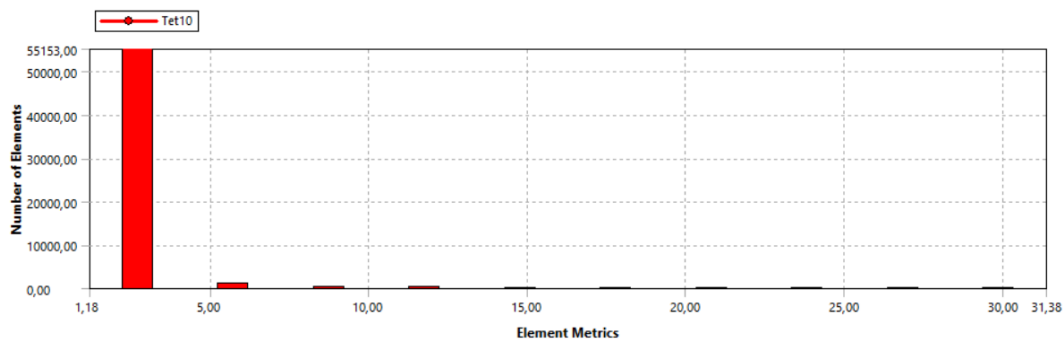


Figura 116 Métrica de malla de relación de aspecto en el caso 1. Fuente: Autores

El Skewness (Asimetría) se muestra en la Figura 117. Si en el parámetro Skewness da un valor de 0.5 como mínimo es para buena calidad y 0 como excelente; nuestro caso está entre 0.13-0.25, lo que nos representa un buen análisis.

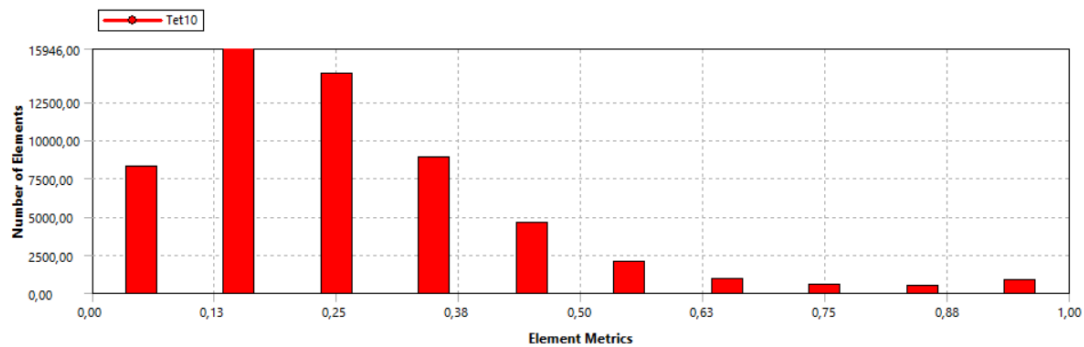


Figura 117 Medida de malla de Skewness (asimetría). Fuente: Autores

La malla Ortogonal se presenta en la Figura 118, a modo de referencia, los criterios de calidad para una malla ortogonal fueron de un valor de 0.2 como mínimo para ser una malla de buena calidad y 1 para calidad excelente. En nuestro caso tenemos un valor de 0.75-0.88.

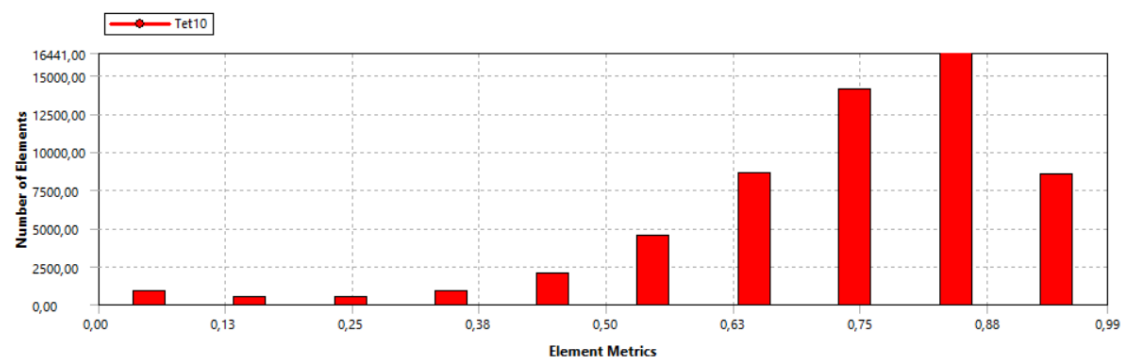


Figura 118 Medida de malla de Ortogonal. Fuente: Autores

### 6.5.5.2. Condiciones de Contorno

La primera condición es un soporte en el eje para la sujeción y estabilidad del elemento como se ve en la Figura 119.

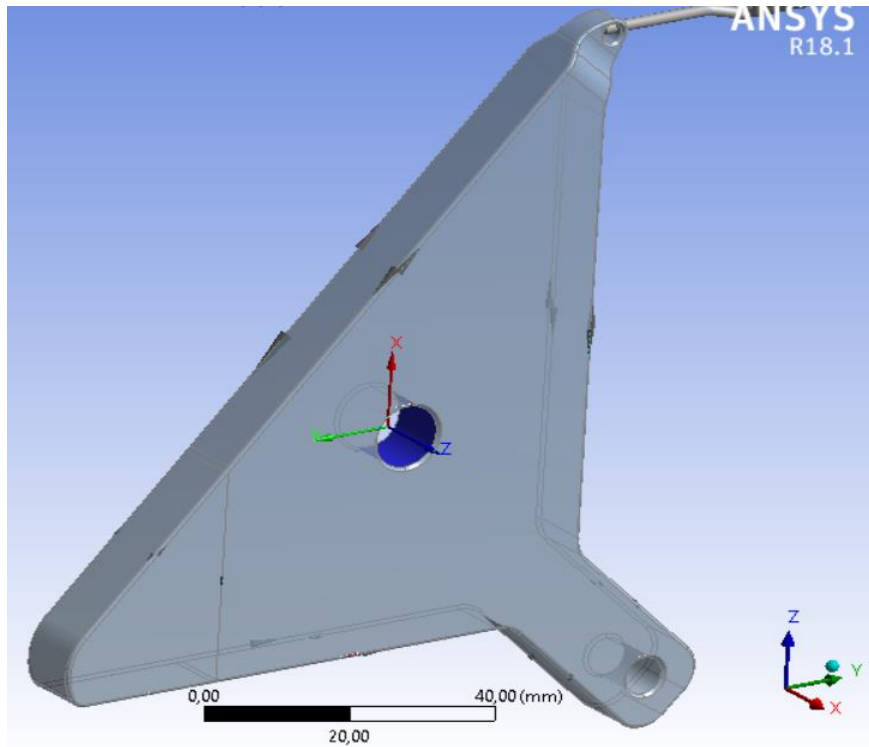


Figura 119 Soporte Revolute-Ground en el giro del Elemento. Fuente: Autores

La segunda condición es aplicada un desplazamiento en la zona de aplicación de la carga por parte de la Viga de soporte distancia relacionada con la segunda estructura en análisis. Esto se ve en la Figura 120

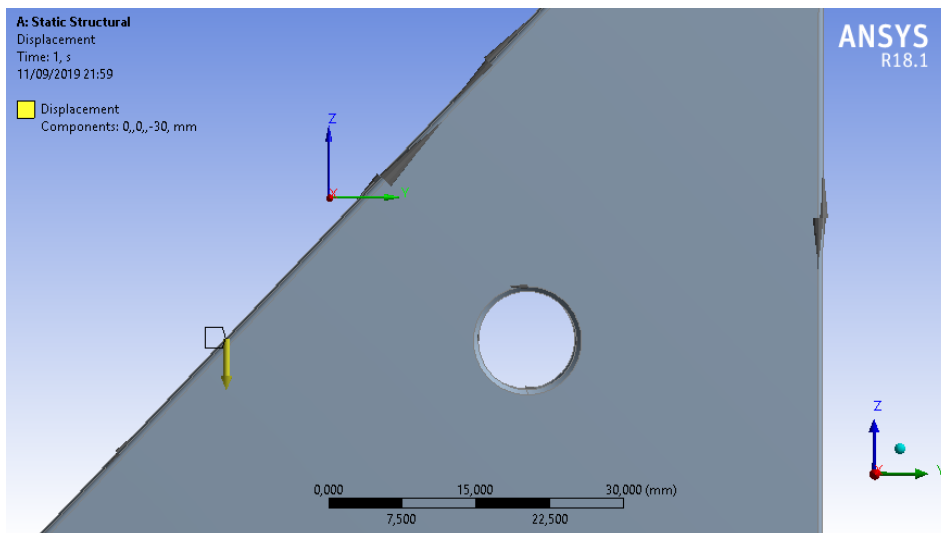


Figura 120 Desplazamiento aplicado. Fuente: Autores

En la Figura 121 se presenta el ingreso del resorte que regresara el sistema a la posición de inicio.

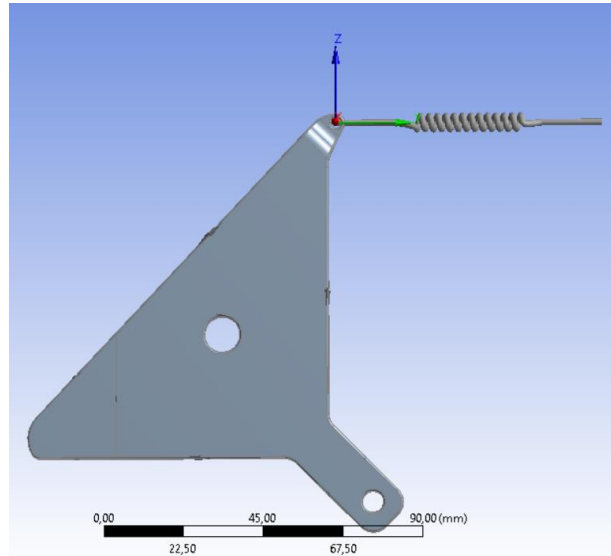


Figura 121 Resorte para recuperación del mecanismo. Fuente: Autores

### 6.5.5.3. Información de la Solución (con resorte)

El esfuerzo equivalente muestra valores máximos de 196 MPa en una zona puntual, esto indica que el esfuerzo que está sometido el elemento no cumple con la resistencia permitida pues sobrepasa el límite elástico, aunque sea una carga puntual la deformación generara falla estructural en el elemento. La reacción en el elemento se debe a las bajas propiedades del material en su dureza y resistencia a tracción mecánica. Con los estándares de resistencia mecánica al no superar los valores de fluencia del material.

Para solucionar este sistema se debe configurar el material de ingreso, por un material con tratamiento térmico y con mayores valores de resistencia mecánica. Los valores obtenidos son de 138 MPa, este valor es aceptable para el modelamiento mecánico y especifica que no habrá sobre esfuerzo en el sistema al presentarse el movimiento de la traba. Esto se aprecia en la Figura 122.

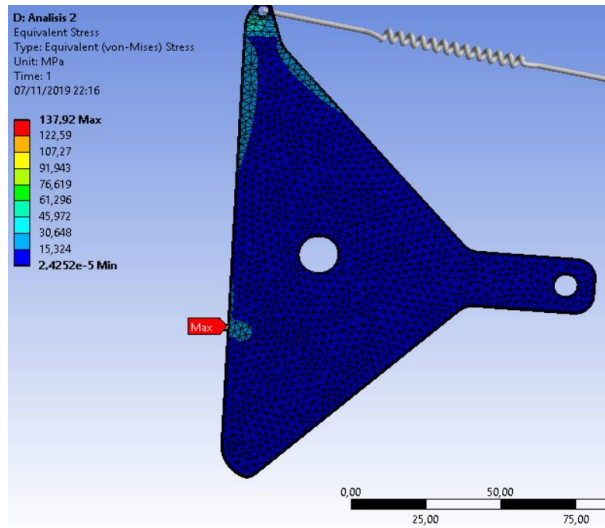


Figura 122 Equivalente de esfuerzo Von Mises en caso (Mejora de material). Fuente: Autores

Se aprecia que existe en la zona más crítica del elemento que se genera por la aplicación de este tipo de carga (remota) una deformación total de 60.3mm (Figura 123).

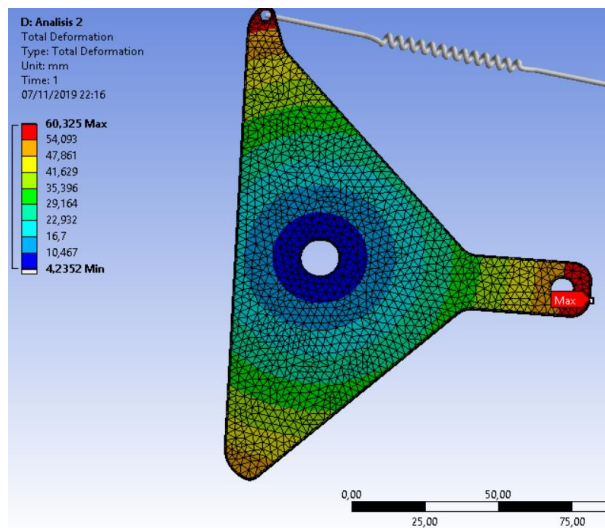


Figura 123 Deformación total de la estructura. Fuente: Autores

Este valor no presenta una interpretación acorde al sistema que se está analizando ya que el elemento debe deformarse esta longitud. El valor es aceptado comparado con el factor de seguridad que llega a valores de 4.7 (Figura 124); siendo este un parámetro aceptable en cuanto a análisis de esfuerzo.



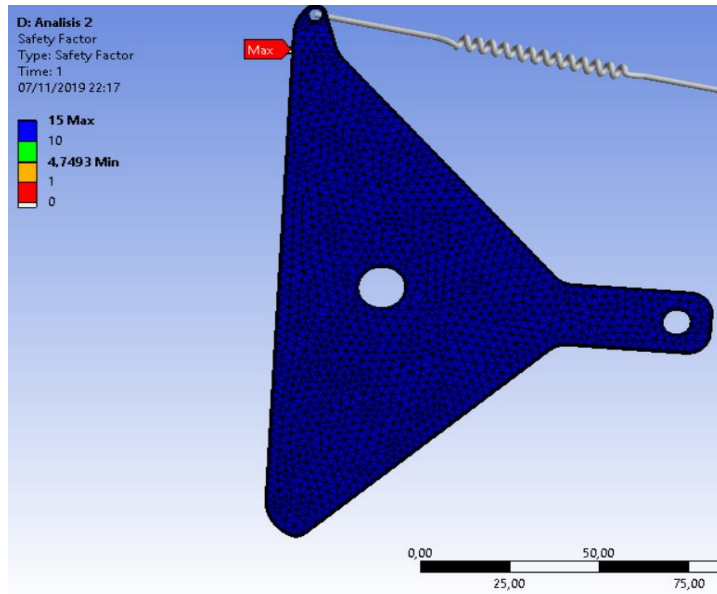


Figura 124 Factor de Seguridad. Fuente: Autores

Al ser una carga remota la aplicada en este análisis, es necesario comprobar que los esfuerzos cortantes estén en valores aceptables. En nuestro caso el esfuerzo cortante resultante mostrado en la Figura 125 brinda valores bajos con un 14.7 MPa. El esfuerzo cortante en el elemento no genera cargas a consideración.

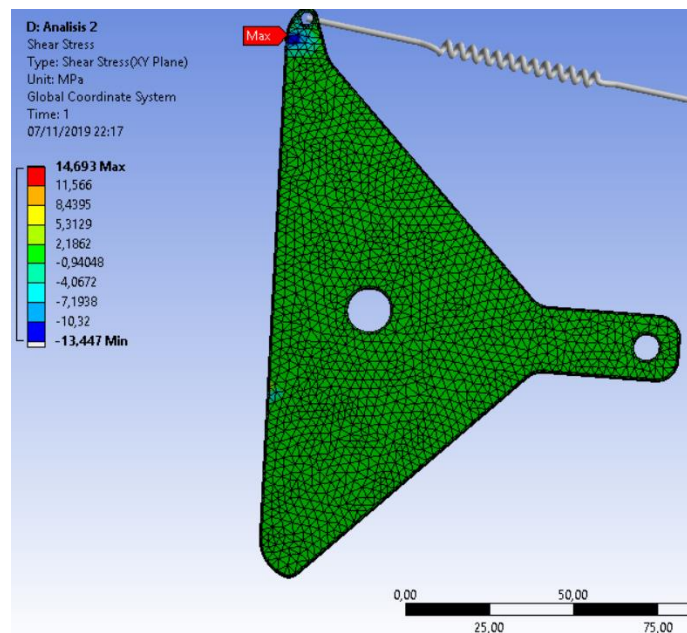


Figura 125 Esfuerzo Cortante. Fuente: Autores

Como método de control, se analiza la deformación unitaria en el elemento, ya que esta tiene que ser acorde a una deformación mínima en el material, en nuestro caso se observa en la Figura 126 que tendremos una deformación del 0.0007% lo cual nos muestra que no se deformará con la aplicación de la carga.

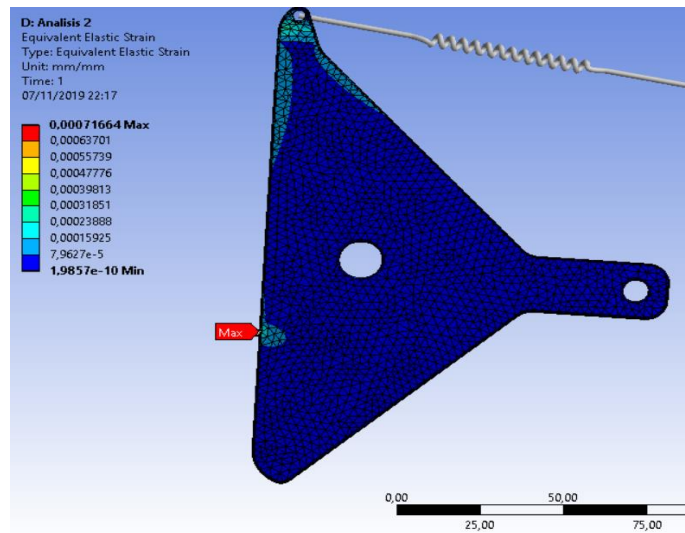


Figura 126 Deformación del elemento. Fuente: Autores

### 6.5.5.3.1 Información de la Solución Caso 2 (Soporte de carga)

El esfuerzo equivalente muestra valores máximos de 78.61 MPa, esto indica que el esfuerzo que está sometido el elemento cumple con los estándares de resistencia mecánica al no superar los valores de fluencia del material. Esto se puede apreciar en la Figura 127

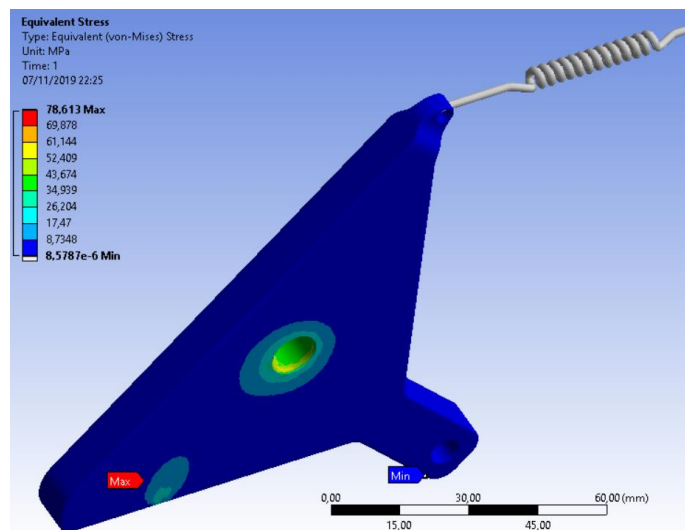


Figura 127 Equivalente de esfuerzo Von Mises. Fuente: Autores

Además, se aprecia en la Figura 128 que existe en la zona más crítica del elemento (esquina inferior izquierda) que se genera por la aplicación de este tipo de carga 0.012 mm de deformación.

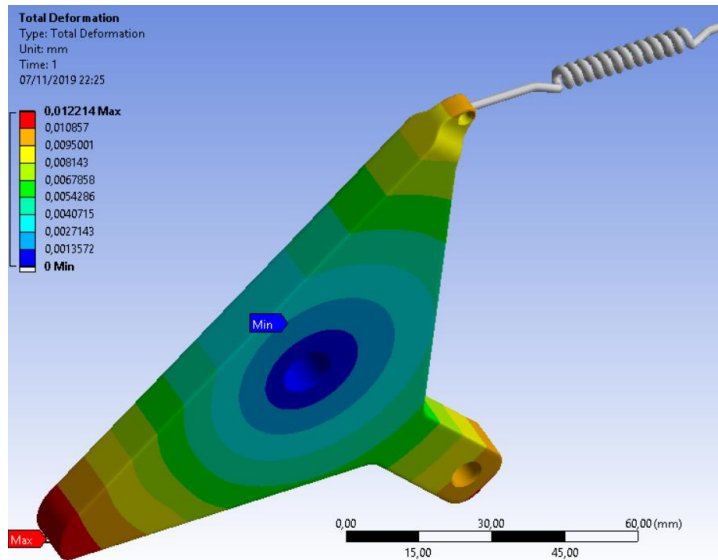


Figura 128 Deformación total de la estructura. Fuente: Autores

Este valor es aceptado comparado con el factor de seguridad como se muestra en la Figura 129 el cual llega a valores de superiores de 8.33; siendo este un parámetro aceptable en cuanto a análisis de esfuerzo.

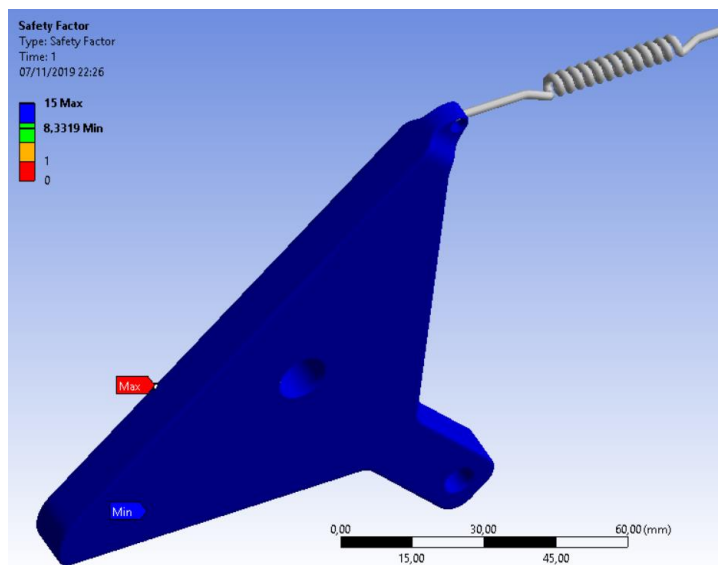


Figura 129 Factor de seguridad. Fuente: Autores

En la Figura 130 se analiza el esfuerzo cortante para conocer el cizallamiento que puede estar teniendo los elementos exteriores de la estructura. Pero los valores son muy bajos para una consideración de esta carga (1.512 MPa).

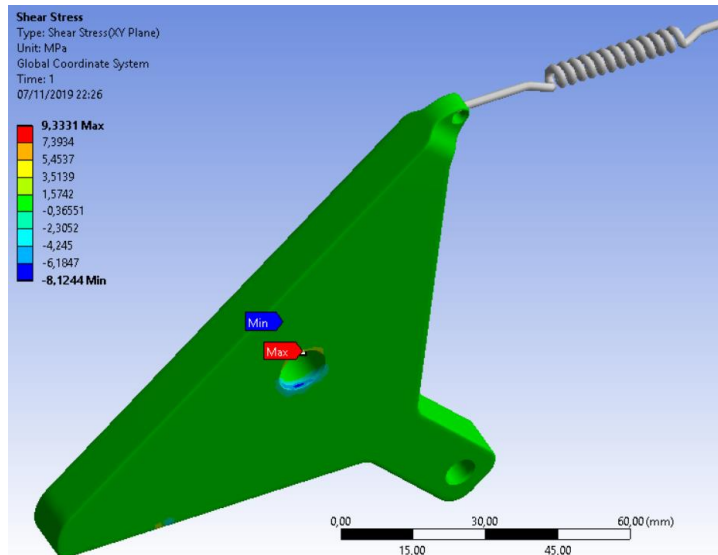


Figura 130 Esfuerzo Cortante. Fuente: Autores

La dirección principal del esfuerzo, muestra que la relación a tensión está presente en los extremos de la estructura (Figura 131). Esto presenta que la condición que predomina en este sistema de cargas, genera esfuerzos a tensión como máximos valores.

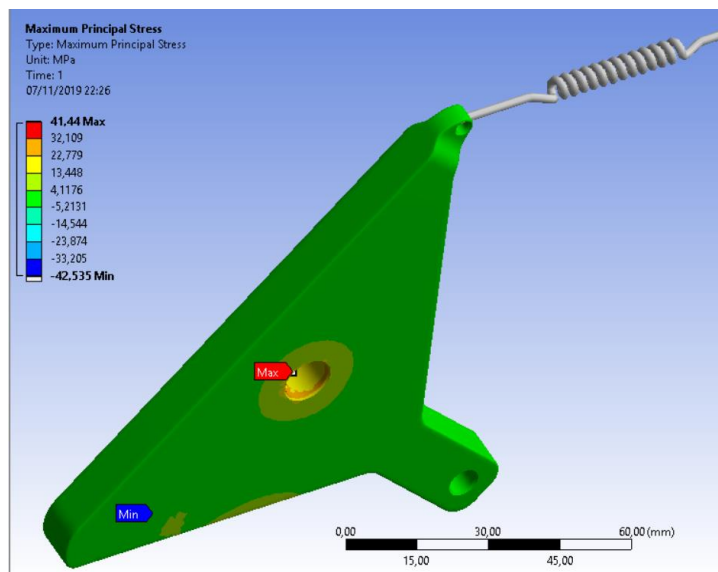


Figura 131 Dirección Principal de esfuerzo. Fuente: Autores

Como método de control, se analiza la fuerza de reacción en el elemento, pues esta tiene que ser acorde a la dirección y magnitud aplicada en el sistema con un valor de 1300 N en la dirección Z Negativa repartido en los puntos de apoyo del sistema.

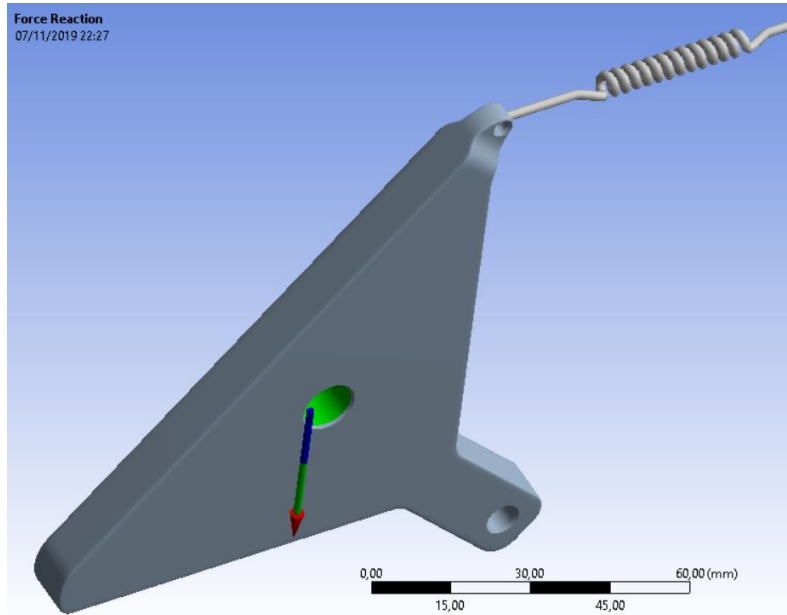


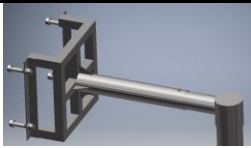

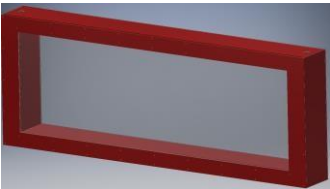
Figura 132 Fuerza de Reacción. Fuente: Autores

### 6.6. Análisis de costos

El presupuesto que se presenta a continuación es obtenido dividiendo todo el producto a entregar en rubros presentando los valores unitarios de cada elemento, no se considera el costo de mano de obra.

En la Tabla 16 se muestra cuatro rubros generados del producto final a entregar a los cuales se analizará el valor monetario de los mismos.

Tabla 16 Rubros del proyecto. Fuente: Autores

Rubro	Elementos	Cantidad
Soporte y guía de la columna		2
Columna guía		2
Vitrina		1

<b>Sistema eléctrico</b>	Iluminación Pistón para accionamiento del sistema de traba Sistema de cierre	1
<b>Accesorio de elevación</b>	Elevador hidráulico.	1

## 6.6.1. Análisis de costos unitarios

### 6.6.1.1. Soporte y guía de la columna

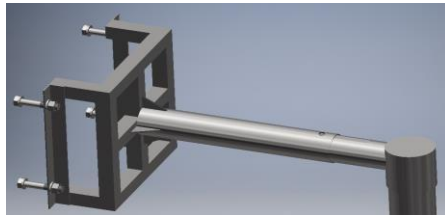


Figura 133 Soporte y guía de la columna. Fuente: Autores.

Tabla 17 Costo de materiales para soporte y guía de la columna. Fuente: Autores.

Ítem	Descripción	Material	Cantidad	Precio unitario*	Precio total*
<b>Tubo cuadrado</b>	1 x 1 pulgada espesor 1.2mm	Acero inoxidable 304	3.4m	\$5.50	\$18,70
<b>Angulo</b>	1 x 1 pulgada espesor 3 mm	Acero inoxidable 304	1m	\$6,16	\$6,16
<b>Tubo redondo</b>	3pulgadas x 2 mm	Acero inoxidable 304	0,64m	\$38,00	\$24,32
<b>Tubo redondo</b>	2 1/2pulgadas x 2mm	Acero inoxidable 304	1,25m	\$33,00	\$41,25
<b>Platina</b>	2 x 3/8 pulgadas	Acero inoxidable 304	0,8m	\$7,50	\$6,00
<b>Pernos</b>	1/2" x 4" pulgadas	Acero inoxidable 304	4	\$2,75	\$11,00
<b>Pernos</b>	1/2" x 1" pulgada	Acero inoxidable 304	2	\$1,75	\$3,50
<b>Total:</b>					\$110.93

\* Los precios no incluyen IVA.

Tabla 18 Costo de fabricación para soporte y guía de la columna. Fuente: Autores.

Ítem	Descripción	Material	Cantidad	Precio unitario	Precio total
------	-------------	----------	----------	-----------------	--------------

<b>Cortes</b>	Cortes a 90° y 45°		16	\$0,50	\$8,00
<b>Perforaciones</b>	agujero media pulgada	broca 1/2	5	\$1,00	\$5,00
<b>Soldadura</b>	soldadura eléctrica	E 318L	0,6m	\$12,00	\$7,20
<b>Pulido</b>			1	\$3,50	\$3,50
<b>Mano de obra</b>	técnicos		8horas	\$2,50	\$20,00
<b>Supervisión</b>	ingeniero		1hora	\$5,00	\$5,00
<b>Energía eléctrica</b>			6kW/h	\$0,14	\$0,84
<b>Uso de herramientas</b>	taladro, sierra, amoladora. etc.		8h	\$2,50	\$20,00
<b>Movilidad</b>			1	\$2,00	\$2,00
				<b>Total:</b>	\$71.54

\* Los precios no incluyen IVA.

Tabla 19 Costo total de fabricación para soporte y guía de la columna. Fuente: Autores.

<b>Ítem</b>	<b>Valor</b>
<b>Costos directos</b>	\$110.93
<b>Costos indirectos</b>	\$71.54
<b>Subtotal</b>	\$182.47
<b>Utilidad 20%</b>	\$36.49
<b>Subtotal</b>	\$218.96
<b>I.V.A 12%</b>	\$26.28
<b>Total</b>	<b>\$245.24</b>

\* Los precios no incluyen IVA.

### 6.6.1.2. Columna guía.



Figura 134 Columna guía. Fuente: Autores.

Tabla 20 Costo de materiales para columna guía. Fuente: Autores.

Ítem	Descripción	Material	Cantidad	Precio unitario	Precio total
<b>Tubo redondo</b>	2 1/2 pulgadas cedula 40	acero inoxidable 304	9m	\$57,00	\$513,00
<b>Platina</b>	2 x 3/8 pulgada	acero inoxidable 305	1,5m	\$4,38	\$6,57
<b>Plancha</b>	3/8 pulgada	acero inoxidable 306	0,04m <sup>2</sup>	\$321,00	\$12,84
				<b>Total:</b>	\$532.41

\* Los precios no incluyen IVA.

Tabla 21 Costo de fabricación para columna guía. Fuente: Autores.

Ítem	Descripción	Material	Cantidad	Precio unitario	Precio total
<b>Cortes</b>	corte a 90°		7	\$0,50	\$3,50
<b>Perforaciones</b>	agujero medio pulgada	broca 1/2 "	6	\$1,00	\$6,00
<b>Soldadura</b>	soldadura eléctrica	E 318L	0,8m	\$10,00	\$8,00
<b>Pulido</b>			1	\$3,50	\$3,50
<b>Mano de obra</b>	técnicos		48h	\$2,50	\$120,00
<b>Supervisión</b>	ingeniero		1h	\$5,00	\$5,00
<b>Energía eléctrica</b>			48kW/h	\$0,14	\$6,72
<b>Uso de herramientas</b>	fresadora		48h	\$5,00	\$240,00
<b>Movilidad</b>			1	\$10,00	\$10,00
				<b>Total:</b>	\$402.72

\* Los precios no incluyen IVA.



### 6.6.1.3. Vitrina.

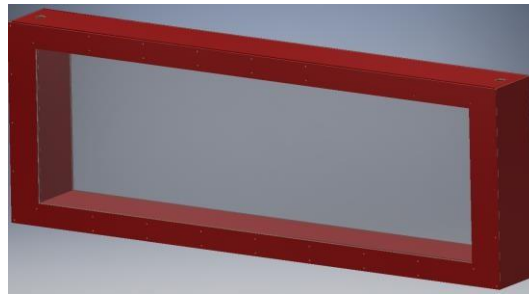


Figura 135 Vitrina. Fuente: Autores.

Tabla 22 Costo de materiales para la vitrina. Fuente: Autores

Ítem	Descripción	Material	Cantidad	Precio unitario*	Precio total*
<b>Tubo cuadrado</b>	1 x 1 pulgada espesor 1.2mm	Acero inoxidable 304	44.2m	\$5.50	\$243.10
<b>Angulo</b>	1 x 1 pulgada espesor 3 mm	Acero inoxidable 304	24m	\$6,16	\$147.84
<b>Cojinete</b>	3 pulgadas	Bronce, acero dulce	0.8m	\$45.00	\$36.00
<b>Platina</b>	1 pulgada 3mm	Acero inoxidable 304	9m	\$4.25	\$38.25
<b>Platina</b>	1 x 3/8 pulgada	Acero inoxidable 304	2m	\$7.50	\$15.00
<b>Grilon</b>	1 x 1 pulgada	Grilon blanco	24m	\$2.50	\$60.00
<b>Pernos</b>	M6 x 1”1/2	Acero inoxidable 304	120	\$0.45	\$54.00
<b>Policarbonato</b>	Espesor 6mm	Compacto	2	\$780.00	\$1560.00
<b>Madera</b>	Espesor 1cm	Pino	3	\$45.00	\$135.00
<b>Pistón de compuerta</b>	40 cm de carrera		2	\$35.00	\$70.00
				<b>Total:</b>	\$2359.19

\* Los precios no incluyen IVA.

Tabla 23 Costos de fabricación para la vitrina. Fuente: Autores

Ítem	Descripción	Material	Cantidad	Precio unitario	Precio total
<b>Cortes</b>	corte a 90° y 45°		168	\$0,50	\$84,00
<b>Perforaciones</b>	agujero para tornillos M6	broca 1/4	522	\$0,75	\$391,50
<b>Soldadura</b>	Soldadura eléctrica	E308L-17	5,9m	\$10,00	\$59,00
<b>Pulido</b>	Discos de grano fino para pulir		84	\$0,50	\$42,00

<b>Pintura</b>	color rojo catedral	1	\$200,00	\$200,00
<b>Mano de obra</b>	técnicos	80h	\$2,50	\$200,00
<b>Supervisión</b>	ingeniero	20h	\$5,00	\$100,00
<b>Energía eléctrica</b>		60kW/h	\$0,14	\$8,40
<b>Uso de herramientas</b>	taladro, sierra, amoladora. etc.	60h	\$3,00	\$180,00
<b>Movilidad</b>		1	\$10,00	\$10,00
			<b>Total:</b>	\$1247.90

\* Los precios no incluyen IVA.

#### 6.6.1.4. Accesorio de elevación.



Figura 136 Elevador hidráulico. Fuente: Autores

Tabla 24 Costo de accesorio de elevación. Fuente: Autores

Ítem	Descripción	Material	Cantidad	Precio unitario	Precio total
<b>Elevador hidráulico</b>	Carrera 0 a 2 metros	Acero	1	\$1420.00	\$1420.00
<b>Adaptación del elevador</b>	Invertir la base del elevador para obtener la altura de 2.2m		1	\$80.00	\$80.00
				<b>Total:</b>	\$1500.00

#### 6.6.1.5. Sistema eléctrico

Tabla 25 Costo de materiales del sistema eléctrico. Fuente: Autores

Ítem	Cantidad	Precio unitario	Precio total
------	----------	-----------------	--------------

<b>Luminarias</b>	14	\$23,95	\$335,3
<b>Controlador universal vía IR y RF</b>	1	\$44,08	\$44,08
<b>Interruptor de luz 1 canal</b>	2	\$27,59	\$55,18
<b>Cerradura Magnética</b>	1	\$56	\$56
<b>Sensor de Vibración</b>	1	\$37	\$37
<b>Interruptor de luz 3 canales</b>	4	\$33	\$132
<b>Mano de Obra</b>	8	\$5	\$40
<b>Perforaciones, Cortes, Acabados, Cable.</b>	1	\$60	\$60
<b>Electroimanes sistema de gatillo</b>	2	\$86	\$172
		<b>Total:</b>	<b>\$931.56</b>

### 6.6.2. Análisis de costo total del proyecto.

Tabla 26 Costo total del proyecto. Fuente: Autores

<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Precio total</b>
<b>Soporte y guía de columna</b>	11	\$245,24	\$2.697,64
<b>Columna guía</b>	11	\$1.050,11	\$11.551,21
<b>Vitrina</b>	11	\$4.793,36	\$52.726,99
<b>Sistema eléctrico</b>	11	\$931,00	\$10.241,00
<b>Accesorio de elevación</b>	1	\$1.500,00	\$1.500,00
		<b>Total:</b>	<b>\$\$78.716,84</b>

## 7. Análisis de resultados

Las variables ambientales tomadas dentro del museo en promedio son 23°C de temperatura, humedad relativa del 48% y la cantidad total de luz visible 600 lúmenes.

Las vitrinas deben tener una distancia de 0.15m entre la vitrina y el pilar y una altura de 2.2m desde el suelo a la base de la misma para permitir la circulación de personas por debajo de la misma.

Todas las vitrinas tendrán 1.4m de alto. El largo para cada una de las 11 vitrinas dependerá de la posición en la que se encuentran (ver Figura 34), pero se puede agrupar a las vitrinas de las posiciones 1, 2, 3, 4, 7 y 8 en un largo en común de 2.9m; el resto de las vitrinas son de diferente largo, así la vitrina de la posición 5 tendrá un largo de 3.12m. La vitrina de la posición 6 tendrá un largo de 3.77m. La vitrina de la posición 9 tendrá un largo de 3.2m. La vitrina de la posición 10 tendrá un largo de 3.04m. La vitrina de la posición 11 tendrá un largo de 3.58m.

Todas las columnas guías excepto la vitrina de la posición 9 tendrán una altura de 3.7m y serán empotradas en la base del suelo mediante pernos de anclaje. Para la vitrina de la posición 9 se deberá reforzar la caja de inspección eléctrica, al fondo de la misma colocar una plancha de acero de 0.01m fijada a la base de concreto por medio de 4 barras de acero con longitud 0.1m sobre la cual se asentará la columna guía; la altura para esta columna guía será de 4m pues 30cm van dentro de la caja de inspección eléctrica. Todas las columnas guías en la cima se sujetarán en forma de zuncho a los pilares.

Las cubiertas o paneles exteriores se utilizará tablonces de madera pino de 1 cm de espesor con un acabado superficial muy cercano a N8

Para la apertura de la puerta en cada vitrina se utilizará un actuador de longitud total extendida en el rango de 900 a 1200mm, con un vástago de 300 a 400mm y una fuerza de 100 a 1200N.

En la estructura el esfuerzo equivalente obtenido es 6.69 MPa, indica a 400 nodos que no se supera los valores de fluencia del material según los estándares de resistencia mecánica.

La zona más crítica de la estructura se presenta en el centro inferior de la celosía pudiendo presentar una deformación total de 0.2mm el cual es despreciable pues el factor de seguridad que este presenta llega a valores de límite superior de 15.

Los valores de cizallamiento en la estructura son de  $1.512 \text{ MPa}$  y además se tiene una relación a tensión en los extremos de la estructura equivalentes a  $5.57 \text{ MPa}$ , valores que prácticamente según el análisis realizado son despreciables.

Con la propuesta de optimización de la estructura se podrían eliminar los elementos diagonales de la celosía y no se afectaría la resistencia de las vitrinas en las condiciones normales de operación.

Para las columnas guía, el esfuerzo equivalente es  $75.6 \text{ MPa}$ , indicando que el esfuerzo a las que están sometidas las guías cumple con los estándares de resistencia mecánica pues no superan los valores de fluencia del material. La deformación total en condiciones extremas, se da en el extremo superior de la columna, esta deformación es de  $53\text{mm}$ , valor aceptado comparado con el factor de seguridad el cual es de  $3.3$ .

El diseño del sistema de traba debe ser de acero A36, este elemento sin tratamiento térmico en una zona puntual sobrepasa el límite plástico, por lo tanto, recomendamos realizar un tratamiento térmico superficial para mejorar los valores de resistencia mecánica.

## 8. Manual de operación

Este manual está diseñado específicamente para el uso del producto vitrinas con dispositivo electromecánico de desplazamiento vertical, en caso de daños en el equipo o pérdida debido al accidente del propio usuario o de un tercero, abuso o mal uso de este equipo, el cambio no autorizado y reparación de este equipo, o que no se ajusten a la operación y mantenimiento del equipo, no se asume ninguna responsabilidad por los gastos generados.

Por daños en el equipo o un problema causado como resultado del uso de otros accesorios opcionales o consumibles en lugar de producto no se asume ninguna responsabilidad.

**Declaración oficial:** El propósito de este manual es describir cómo utilizar este equipo. Este equipo es para el uso de personal técnico capacitado o personal de mantenimiento.

**Por favor, lea y comprenda el manual antes de la operación**



### Advertencia

- Este manual es una parte importante del equipo. Por favor, lea y comprenda este manual.
- Guarde el manual para su futuro uso en la inspección y mantenimiento.
- No utilice el producto para otros fines que no sean para el cual fue diseñado.
- Los diseñadores no se hacen responsables de los daños causados por un uso inadecuado o para otros fines.

### 8.1. Precauciones

- Sólo personal previamente capacitado puede operar las vitrinas con dispositivo electromecánico de desplazamiento vertical. Cualquier cambio en los componentes o el uso para otros fines sin el consentimiento de los diseñadores pueden causar daño directo o indirecto al equipo.

- No exponga el elevador a temperaturas o humedad extremas
- No instale el elevador hidráulico en el exterior ni lo exponga a la lluvia.
- Mantenga el elevador fuera del polvo, amoníaco, alcohol, disolvente, pinturas o sustancias que provoquen combustión
- Manténgase lejos de las vitrinas cuando está en funcionamiento toda persona que sea ajena al/los operarios.
- La inspección del elevador y vitrinas deben ser llevadas a cabo con regularidad. No opere el elevador si presenta elementos dañados o rotos. Las partes móviles son reemplazables sólo con las piezas proporcionadas por los diseñadores.
- No sobrecargue el elevador. El peso de elevación máximo está claramente marcado en la placa de características.
- Mantenga el área de cercana a la elevación lejos de obstáculos, como basura, piezas móviles, etc., que puedan perjudicar el funcionamiento.
- Utilice los instrumentos necesarios y los equipos de seguridad de protección, como calzado adecuado, gafas protectoras y guantes
- Mantenga las manos y otras partes del cuerpo alejados de las partes móviles del elevador en funcionamiento.
- El aceite hidráulico para la elevación es aceite mecánico.

### **8.1.1. Información General**

#### **8.1.1.1. Aplicaciones**

El elevador está diseñado con el propósito de elevar las vitrinas por debajo de 500 kilogramos para la exhibición de reliquias religiosas.

#### **8.1.1.2. Características**

- Cumple con los requisitos de seguridad mediante la adaptación del diseño basado en las normas de calidad y fabricación, además de una apariencia estética y elegante.
- La Instalación es en superficie lisa para trabajo.
- Sistema hidráulico que mantiene ambas plataformas niveladas.
- Recorrido total con dispositivo de seguridad mecánico que permite la operación más fácil y segura.
- El interruptor de altura máxima puede evitar que la máquina genere daños.

- Todas las partes móviles son de libre mantenimiento para garantizar el rendimiento por mucho tiempo.

### 8.1.1.3. Requerimientos Ambientales

Temperatura: 0°C ~ +40°C

Humedad Relativa: ≤80% at 30°C

Temperatura de almacenamiento/transporte: -25°C ~ +55°C

## 8.1.2. Elevador hidráulico

El elevador hidráulico es el componente ideal cuando de mover grandes elementos pesados se trata, se usará dicho sistema para el desplazamiento vertical de las vitrinas (ver Figura 27.)

### 8.1.2.1. Características técnicas

Capacidad	1000 kg
Altura mínima de uña	85 mm
Altura máxima de uña	1600 mm
Altura total mínima	1980 mm
Dimensiones de la uña	150 x 60 mm
Largo de la uña	900/ 1150 mm
Distancia entre uñas	330/740 mm
Radio de giro	1250/1380 mm
Peso	240/220 kg
Dimensiones rued as ulna	74 x70 mm
Dimensiones de las ruegas grandes	180 x 50 mm

### 8.1.2.2. Especificaciones técnicas

Capacidad	1000 kg
Altura	1600 mm



Centro de carga	400 mm
Frenos posteriores	2 unidades
Rejilla de protección	1 unidad
Uñas regulables	2 unidades
Modo de acción	Manual y pedal

### 8.1.3. Instrucciones de Operación

#### 8.1.3.1. Procedimiento de Operación

Para elevar la vitrina, el elevador hidráulico se guiará por la señal que tiene la vitrina en su parte inferior que indica su centro de masa, se tendrá en cuenta esta disposición para evitar un posible enclavamiento por el movimiento.

El posicionamiento se dará de forma manual ya que el elevador cuenta con dos ruedas grandes giratorias.

- Posicionar las cuchillas de agarre debajo de la vitrina.
- Revisar que no exista ningún objeto que pueda obstaculizar la elevación de la vitrina.
- Accionar la palanca con movimientos suaves para elevar la vitrina hasta el punto de referencia superior, el cual estará restringida por la carrera máxima del elevador hidráulico como se muestra en la Figura 137.

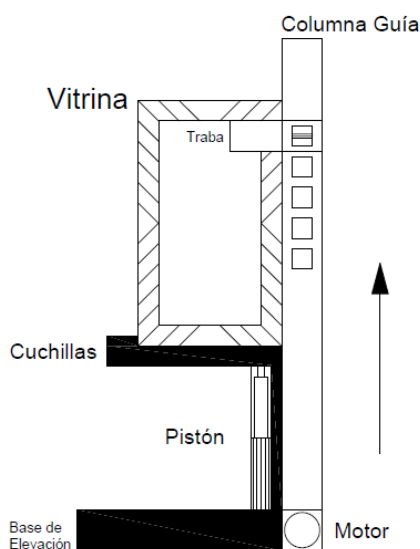


Figura 137 Procedimiento de elevación de vitrina. Fuente: Autores

- Una vez llegado al punto máximo la vitrina, proceder a la descarga del sistema hidráulico del elevador.
- La vitrina automáticamente se posicionará y enclavará en el punto superior, gracias al sistema de traba.
- Finalmente se ha de colocar el pasador de seguridad en la parte superior de la columna de la vitrina.
- Pulse el botón de cierre de seguridad para bajar las plataformas. Los trinquetes de seguridad de ambas partes garantizan la seguridad para el servicio.

Para bajar y enclavar la vitrina se procederá a posicionar el elevador hidráulico en la parte central inferior de la vitrina, guiándose por la señal que tiene la vitrina, luego se procederá como se indica a continuación:

- Posicionar las cuchillas de agarre debajo de la vitrina.
- Revisar que no exista ningún objeto que pueda obstaculizar la bajada de la vitrina.
- Accionar la palanca para subir las cuchillas hasta hacer contacto con la parte inferior de la vitrina.
- Cuando haya hecho contacto, accionar la palanca hasta el punto máximo de carrera del elevador hidráulico como se indica en la Figura 138.

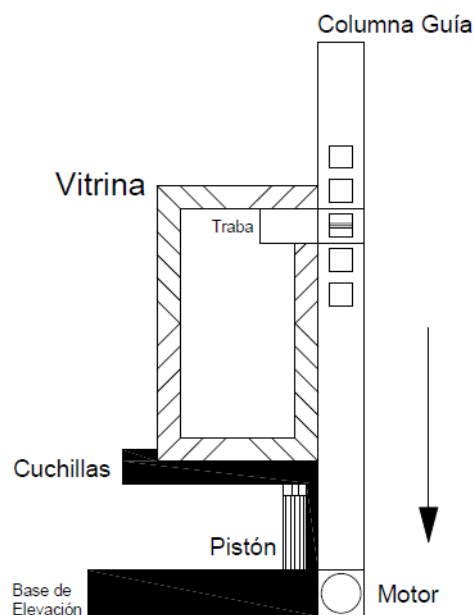


Figura 138 Procedimiento para descenso de la vitrina. Fuente: Autores

- Una vez llegado al punto máximo la vitrina, accionar el botón para desactivar el sistema de traba.
- Luego se procederá a la descarga del sistema hidráulico del elevador.
- Cuando la vitrina este a una distancia visual de 15 cm antes de su posición inferior, accionar el botón para activar el sistema de traba.
- La vitrina automáticamente se posicionará y enclavará en el punto inferior, gracias al tope que tiene la columna.
- Finalmente se retirará el elevador hidráulico.

#### **8.1.3.2. Revise antes de Operar**

- Compruebe que en el piso no estén presentes aceites o sustancias que puedan producir accidentes al momento de elevar las vitrinas.
- Compruebe si las uñas pueden trabajar simultáneamente y sin problemas.
- Compruebe si los dispositivos de seguridad del elevador funcionan correctamente y sin problemas.
- Compruebe si en el elevador se detiene automáticamente cuando las uñas se elevan a la altura de máxima
- Compruebe si no existen fugas de aceite en los cilindros de depósito, mangueras de aceite y accesorios.
- Compruebe si el botón de paro de emergencia funciona con normalidad.
- Compruebe si cada parte del elevador funciona correctamente.

#### **8.1.3.3. Precauciones para la Operación**

- Las válvulas hidráulicas están bien ajustadas. Los diseñadores no serán responsables de los daños causados por el ajuste no autorizado.
- Verifique que los trinquetes de bloqueo de seguridad están anclados antes de elevar la vitrina.
- El espacio entre las almohadillas de apoyo debe ser lo suficientemente anchos al colocarse la vitrina para obtener mayor superficie de apoyo.
- Cuando las mangueras hidráulicas están goteando a causa de los daños, las partes con fugas deben ser reemplazados a tiempo, y agregue el aceite hasta el nivel de aceite requerido.

### 8.1.4. Solución de Problemas

Síntomas	Razones	Soluciones
El elevador es demasiado lento en el descenso	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hay partículas en el vástago del cilindro.</li> <li>- La reducción de la velocidad de la válvula esté demasiado baja.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limpie y lubrique el vástago del cilindro</li> <li>- Gire la válvula de velocidad de descenso hacia arriba</li> </ul>
Los pistones hidráulicos no están sincronizados.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hay aire en la cámara superior del cilindro maestro o el cilindro esclavo.</li> <li>- La alimentación de aceite no se puede cortar a causa de la fuga de la válvula de parada.</li> <li>- Fugas en el sistema hidráulico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se debe drenar el aire. El aire en el cilindro maestro y el esclavo puede ser drenado después de que los pistones suban y bajen varias veces.</li> <li>- Reemplace la válvula de retención.</li> <li>- Vuelva a colocar el sello o el cilindro.</li> </ul>
La vitrina empieza a tambalear al elevarse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Las cuchillas del elevador no están posicionadas en el centro de la vitrina por su parte inferior</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regrese la vitrina a su posición inicial y compruebe que se encuentran las cuchillas en la parte señalada para su elevación.</li> </ul>

### 8.1.5. Mantenimiento

#### 8.1.5.1. Todos los días

- Mantenga limpio el elevador. Asegúrese de desconectar la corriente (en el caso de existir) antes de limpiar el elevar.
- Mantenga el área de trabajo limpia. El exceso de polvo en el área de trabajo acortará la vida útil del equipo.
- Antes de la operación, inspeccione y mantenga todos los dispositivos de seguridad del elevador en orden. Si se encuentra algún problema, ajuste, mantenga o sustituya las piezas afectadas.

#### 8.1.5.2. Mensualmente

- Vuelva a ajustar los pernos de anclaje.
- Revise que todas las mangueras y accesorios no tengan fugas. Si se encuentra líquido, piezas desgastadas, sustituya con partes que cumpla las especificaciones.
- Compruebe si el sistema está bien lubricado con lubricante de alta calidad #2.

### 8.1.5.3. Cada 6 meses

- Compruebe todas las partes móviles para su posible uso, interferencias y daños.
- Inspeccione la lubricación de las pistas. Si las partes guías se arrastra a lo largo de la elevación o descenso, aplique lubricante.
- Al final de los primeros seis meses, limpie el sistema hidráulico y sustituya el aceite hidráulico. Reemplace el aceite hidráulico con aceite de las mismas características.

## 8.1.6. Almacenamiento y Desecho

### 8.1.6.1. Almacenamiento

Cuando el elevador tiene que ser almacenado durante un tiempo largo:

- Lubrique todas las partes, incluyendo toda la superficie de contacto de los rodillos.
- Purga los tanques de aceite.
- Cubra el elevador con plástico.

### 8.1.6.2. Desecho

- Cuando el elevador ha superado su vida útil y no se puede utilizar más, deseche de la manera requerida por las regulaciones locales.

## 8.1.7. Datos de Grasa y Aceite.

### 8.1.7.1. Grasa lubricante

Artículo	Índice de Calidad
Cono de Penetración (1/10mm)	278
Punto de gota °C	185
corrosión (T2 lámina de cobre, 100 °C, 24h)	Ningún cambio en la hoja de cobre
Fuga de aceite en la rejilla de cobre (100°C, 22h) %	4
Capacidad de evaporación (100°C, 22h) %	2
Estabilidad a la oxidación (99°C, 100 h)	0.2
Prevenir la corrosión (52°C, 48)	1

impureza (método microscópico) / (pieza / cm <sup>3</sup> )		
Arriba 10µm	no más que	5000
Arriba 25µm	no más que	3000
Arriba 75µm	no más que	500
Arriba 125µm	no más que	0
Viscosidad		
(-15°C, 10s <sup>-1</sup> )/(Pa.S)		800
no más que		
Pérdida de agua (38°C, 1h) (%)		
no más que		8

## 9. Conclusiones

1. Se lograron establecer las condiciones específicas requeridas del arte a exhibir, fundamentadas en documentos existentes y relacionándolos al estado museográfico actual, conforme las normativas básicas para un museo.
2. Se determinaron los parámetros básicos de diseño requeridos basándose en la armonía de las vitrinas con el entorno del museo de arte religioso de la Iglesia del Sagrario. En donde, se estableció que 6 de las 11 vitrinas tendrán las mismas dimensiones; además, se diseñó elementos y mecanismos para las vitrinas logrando el movimiento deseado.
3. De los elementos y mecanismos que conforman las vitrinas tenemos que, la estructura interna y las columnas guía serán de ACERO INOXIDABLE 304 a los cuales se puede realizar un satinado con abrasivos TZ A45 para mejorar la estética del material. Para las cubiertas o paneles exteriores de la vitrina se utilizará madera de tabloncillos de pino color rojo cardenal. Para los paneles visibles se utilizará planchas transparentes de policarbonato, aunque también pueden escogerse planchas de acrílico, cualquiera de estas dos opciones cumple con las propiedades requeridas para las vitrinas. Para elevar las vitrinas se debe utilizar un “elevador hidráulico manual” al cual se le deberá invertir las paletas, de esta forma las paletas llegarán desde su posición natural hasta la base de la vitrina en menor tiempo a diferencia del modelo inicial.

4. Los elementos mecánicos más críticos dentro del sistema de movilidad de vitrinas es el sistema de traba y soporte. Pues, inicialmente la traba sin un tratamiento térmico presenta un esfuerzo equivalente de 196 MPa, valor que sobrepasa el límite elástico; por esto se sugiere realizar un tratamiento de temple y revenido para obtener valores mayores de esfuerzo equivalente de 138 MPa y un esfuerzo cortante de 14MPa con un factor de seguridad mayor a 4; con estos valores se garantiza la resistencia mecánica de la estructura ante las sollicitaciones de carga determinadas. Los demás elementos que conforman las vitrinas cumplen con los estándares de resistencia mecánica al no superar los valores de fluencia del material.
  
5. Con respecto al análisis de costos, se evidencia que la materia prima es el mayor monto en el que incurre el proyecto, sin embargo, el valor total no sobrepasa el costo máximo indicado por la contraparte proponente del proyecto. En este sentido, el costo total se encuentra 30% por debajo del presupuesto presentado por la Ilustre Municipalidad de Cuenca. Con respecto al manual de usuario, se encuentra en el presente documento y posee una estructura que permite fluidez y compresión para el lector.

## Referencias bibliográficas

- [1] I. Celi, M. Bedoya y P. Cevallos, «SIEM II Parte: Propuesta del Sistema Ecuatoriano de Museos y Política Nacional de Museos,» de *Memorias Política Nacional de Museos*, Quito, 2011, p. 7.
- [2] A. Parra, *Rostros de los Barrios de Cuenca y sus personajes tomo II*, Cuenca, 2001.
- [3] Secretaría general del ICOM, «ICOM,» [En línea]. Available: <https://icom.museum/es/actividades/normas-y-directrices/definicion-del-museo/>. [Último acceso: 03 01 2019].
- [4] Fundación ILAM - Instituto Latinoamericano de Museos y Parques, «ILAM,» [En línea]. Available: <http://www.ilam.org/index.php/es/programas/ilam-patrimonio/184-ilam-patrimonio>. [Último acceso: 12 01 2019].
- [5] J. Guerra y R. Raul, *Las Plazas del Centro Histórico de Cuenca*, Cuenca: Tesis de Arquitectura, 2004.
- [6] F. Barbosa, *Manual de montaje de exposiciones*, Bogota: Museo Nacional de Colombia, 1993.
- [7] M. Ortiz y N. Díaz, «F3 Arquitectura,» [En línea]. Available: [https://www.f3arquitectura.es/mies\\_portfolio/museos/](https://www.f3arquitectura.es/mies_portfolio/museos/). [Último acceso: 6 Enero 2019].
- [8] INEN, «Accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida al medio físico, Vías de circulación peatonal,» *Norma Técnica Ecuatoriana*, vol. II, p. 4, 2016.
- [9] G. H. Elizabeth, «Study of Museum Lighting and Design,» Texas, 2009.
- [10] V. Palacio, «Iluminet,» 07 Marzo 2009. [En línea]. Available: <https://www.iluminet.com/los-secretos-de-la-iluminacion-de-museos/>. [Último acceso: 12 Enero 2019].
- [11] Ministerio Nacional de la Cultura, *Manual de Normativas Técnicas para Museos*, Caracas: FANARTE, 2005.
- [12] A. Alvarez, «Iluminet,» 10 Julio 2008. [En línea]. Available: <https://www.iluminet.com/iluminacion-en-museos-y-galerias-de-arte/>. [Último acceso: 29 Febrero 2019].
- [13] Iniseg, 16 Junio 2016. [En línea]. Available: <https://www.iniseg.es/blog/seguridad/seguridad-en-el-museo/>. [Último acceso: 15 Febrero 2019].
- [14] M. García Morales, «La Conservación Preventiva en los Museos,» Santa Cruz de Tenerife: Cabildo de Tenerife, Organismo Autónomo de Museos y Centros, 2000, p. 137.
- [15] M. Lituma, «Cuenca, con poca seguridad en sus museos». *Diario El Comercio*.
- [16] TecniHispania, S.L., «TecniHispania, S.L.,» [En línea]. Available: <http://www.metpresa.com/pdf/vitrinas.pdf>. [Último acceso: 22 Marzo 2019].
- [17] [En línea]. Available: <http://museumdisplaycase.com/>. [Último acceso: 03 Marzo 2019].
- [18] P. Dever y A. Carrizosa, «Manual básico de montaje museografico,» Museo Nacional de Colombia-División de museografía, p. 17.
- [19] Europa Press, «Europa Press,» 21 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://www.europapress.es/aragon/noticia-museo-zaragoza-instala-nueva->



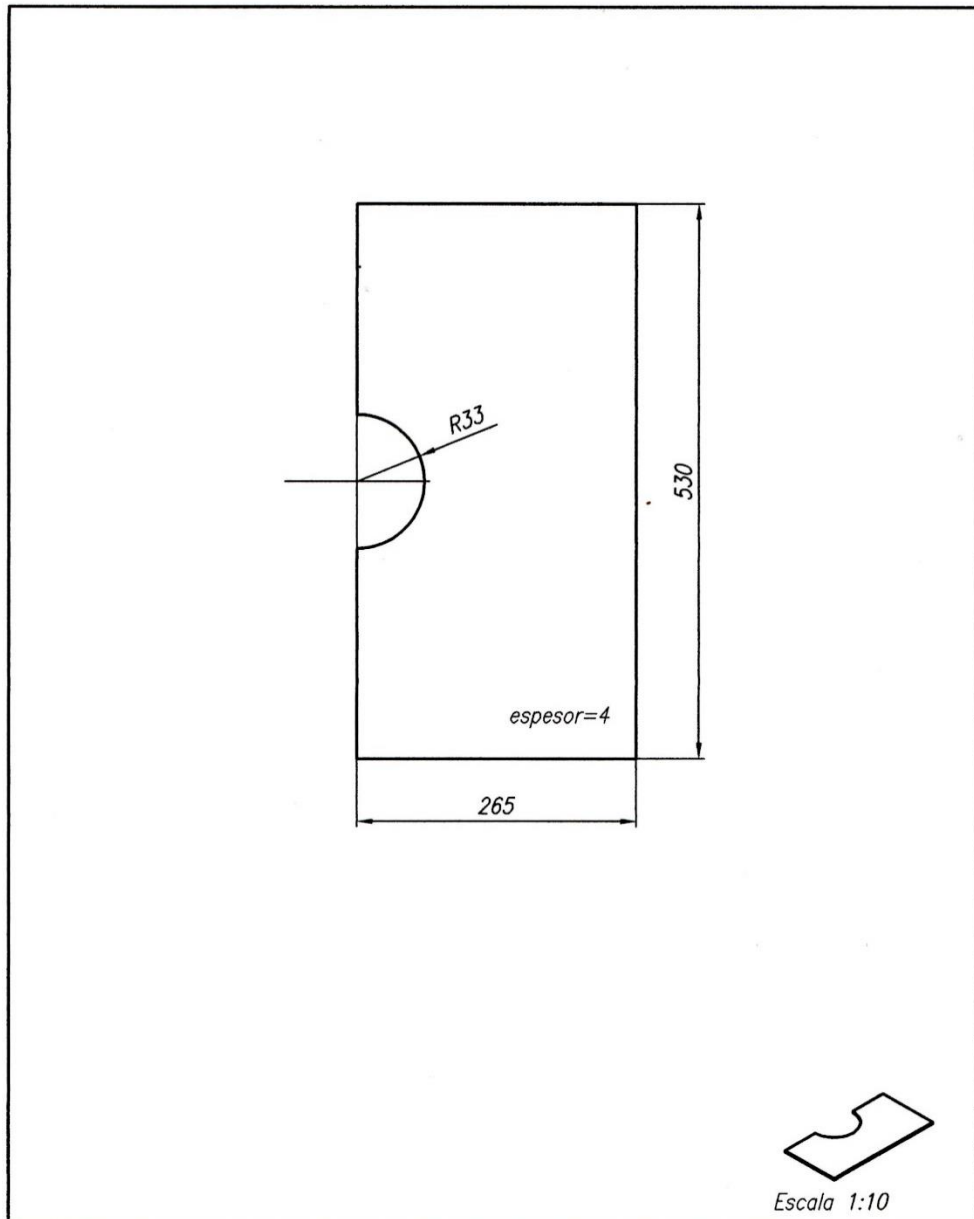
- vitrina-dedicada-arqueologia-medieval-aragonesa-20180621144829.html.  
[Último acceso: 2019 11 Abril].
- [20] A. Alvarado, «Ayacucho Info,» 2009. [En línea]. Available: <http://www.ayacucho.info/ayacucho-fotos/museo-inc-ayacucho.php>. [Último acceso: 04 Marzo 2019].
- [21] «Luminati,» [En línea]. Available: <https://www.luminati.co.uk/fully-installed-room-divider-display-cabinet-with-lighting>.
- [22] M. Morales, de *La Conservación preventiva en los museos : teoría y práctica.*, Santa Cruz de Tenerife: Cabildo de Tenerife , Organismo Autónomo de Museos y Centros, 2000, p. 123.
- [23] J. Hernández, «Condiciones ambientales en exposiciones,» [En línea]. Available: [https://ge-iic.com/files/Exposiciones/Condiciones\\_ambientales.pdf](https://ge-iic.com/files/Exposiciones/Condiciones_ambientales.pdf). [Último acceso: 5 Mayo 2019].
- [24] D. R. Askeland y W. J. The science and engineering of materials., Boston, MA: Cengage Learning, 2016.
- [25] P. P. P. Donald R. Askeland, Ciencia e ingeniería de los materiales, México: Cengage Learning Editores S.A. de C.V..
- [26] C. Harper y E. Petrie, *Plastics materials and processes: a concise encyclopedia*, Hoboken, N.J: Wiley-Interscience, 2003.
- [27] A. Miravete, «Matrices termoplásticas,» de *Materiales compuestos*, Barcelona, Reverte, 2012, p. 89.
- [28] R. J. Crawford, «Amorphous plastics,» de *Plastics engineering*, Oxford Boston, Butterworth-Heinemann, 1998, p. 15.
- [29] Hydrosight, «www.hydrosight.com,» [En línea]. Available: <https://www.hydrosight.com/es/acrilico-vs-policarbonato>. [Último acceso: 20 Junio 2019].
- [30] F. R. Ravell, *Olehidráulica básica: Diseño de circuitos*, UPC, 1997.
- [31] N. W. C. A. y. L. A. V. Gallegos, «Repotenciación de un elevador electrohidráulico tipo dos columnas , para la implementación en el taller de la escuela de ingeniería atuomotriz,» Riobamba, 2014.
- [32] «Bartoli,» [En línea]. Available: <https://www.bartolisrl.com/herramientas/index.html>. [Último acceso: 06 09 2019].
- [33] «Mecalux,» [En línea]. Available: <https://www.logismarket.com.ar/escaleras-mil/elevadores-hidraulicos-electricos/5198281621-p.html#details>. [Último acceso: 06 09 2019].
- [34] Mario Cabrera, «Venta de Máquinas Herramientas,» [En línea]. Available: [WWW.MAQUINARIAS-PERU.COM](http://WWW.MAQUINARIAS-PERU.COM). [Último acceso: 06 09 2019].
- [35] «Ellsen,» [En línea]. Available: <https://polipastoelectrico.com.mx/polipastos-electricos-de-cable/>. [Último acceso: 06 09 2019].
- [36] Iluminet, «Iluminet,» 16 enero 2018. [En línea]. Available: <https://www.iluminet.com/iluminacion-museos-led-lumiance/>. [Último acceso: 6 marzo 2019].
- [37] N. C. P. M. Miguel Paul Castro Guaman, *Diseño de iluminación con luminarias tipo LED basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructuras para pruebas*, Guayaquil, 2015.
- [38] «circuloelectricidad,» [En línea]. Available:

<http://circuloelectricidad.blogspot.com/2014/12/conceptos-de-iluminacion-curvas-y.html>.

- [39] E. & S. J. Miguel, *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*, México, D.F: McGraw-Gill Interamericana., 2008.
- [40] Justor. [En línea]. Available: <https://www.ferreteriafurriols.com/construccion/wp-content/uploads/2016/04/Justor-cat%C3%A0leg-2016.pdf>. [Último acceso: 06 09 2019].
- [41] *Museo Remigio Crespo, Municipalidad de Cuenca*, 2018.
- [42] s. Castella, «sergicastella.» Sergicastella., [En línea]. Available: <https://www.sergicastella.com/es/content/cristales-armados>. [Último acceso: 3 06 2019].
- [43] «vidrioweb,» [En línea]. Available: <https://vidrioweb.me/templado/>.
- [44] R. C. Hibbeler, *Estática*, México: Pearson, 2010.

**ANEXOS**

**ANEXO I. Tapa de pozo de revisión. Fuente: Autores**



**	2	Plancha para pozo de revisión	540x540	acero inoxidable
Pos.	Cant.	Denominación	M. Bruto	Material
	Fecha	Nombre	PROYECCION	
Dibujado	21/11/18	Pinguil - Roblez		
Comprobado	21/11/18	Ing. Nelson Jara Ph.D.		
Escala: 1:5	<b>TAPA DE POZO DE REVISIÓN</b>			Ingeniería Mecánica
CUENCA				Lamina ANEX01

**ANEXO II. Condiciones de extremos utilizados en columnas. [39]**

<b>Condiciones de extremos de columnas</b>	<b>Constante C de condición de extremos</b>		
	<b>Valor teórico</b>	<b>Valor conservador</b>	<b>Valor recomendado*</b>
Empotrado-libre	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$
Articulado-articulado	1	1	1
Empotrado-articulado	2	1	1.2
Empotrado-empotrado	4	1	1.2

\*Para usarse sólo con factores de seguridad amplios cuando la carga de la columna se conozca con exactitud.

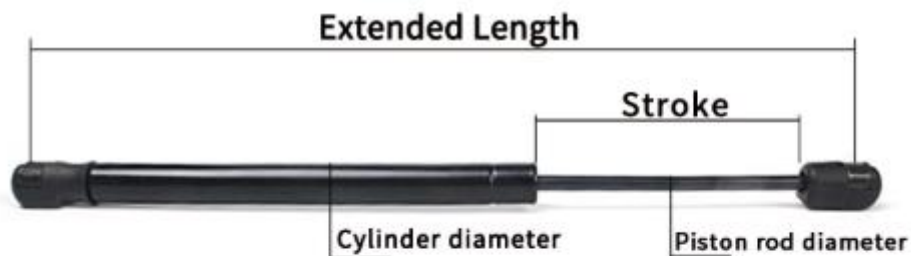
### ANEXO III. Módulo de elasticidad del acero inoxidable [39]

Material	Densidad, kg/m <sup>3</sup>	Resistencia última			Cedencia <sup>2</sup>		Módulo de elasticidad, GPa	Módulo de rigidez, GPa	Coeficiente de expansión térmica, 10 <sup>-6</sup> /°C	Ductilidad, porcentaje de elongación en 50 mm
		Tensión, MPa	Compresión, <sup>3</sup> MPa	Corriente, MPa	Tensión, MPa	Corriente, MPa				
<b>Acero</b>										
Estructural (ASTM-A36)	7 860	400			250	145	200	77.2	11.7	21
Alta resistencia-aleación baja										
ASTM-A709 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7	21
ASTM-A913 Grado 450	7 860	550			450		200	77.2	11.7	17
ASTM-A992 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7	21
Templado										
ASTM-A709 Grado 690	7 860	760			690		200	77.2	11.7	18
<b>Inoxidable, AISI 302</b>										
Laminado en frío	7 920	860			520		190	75	17.3	12
Recocido	7 920	655			260	150	190	75	17.3	50
<b>Acero de refuerzo</b>										
Resistencia media	7 860	480			275		200	77	11.7	
Alta resistencia	7 860	620			415		200	77	11.7	
<b>Fundición</b>										
Fundición gris										
4.5% C, ASTM A-48	7 200	170	655	240			69	28	12.1	0.5
Hierro fundido										
2% C, 1% Si, ASTM A-47	7 300	345	620	330	230		165	65	12.1	10
<b>Aluminio</b>										
Aleación 1100-H14 (99% Al)										
	2 710	110		70	95	55	70	26	23.6	9
Aleación 2014-T6										
	2 800	455		275	400	230	75	27	23.0	13
Aleación 2024-T4										
	2 800	470		280	325		73		23.2	19
Aleación 5456-H116										
	2 630	315		185	230	130	72		23.9	16
Aleación 6061-T6										
	2 710	260		165	240	140	70	26	23.6	17
Aleación 7075-T6										
	2 800	570		330	500		72	28	23.6	11
<b>Cobre</b>										
Libre de oxígeno (99.9% Cu)										
Recocido	8 910	220		150	70		120	44	16.9	45
Endurecido	8 910	390		200	265		120	44	16.9	4
<b>Latón amarillo (65% Cu, 35% Zn)</b>										
Laminado en frío	8 470	510		300	410	250	105	39	20.9	8
Recocido	8 470	320		220	100	60	105	39	20.9	65
<b>Latón rojo (85% Cu, 15% Zn)</b>										
Laminado en frío	8 740	585		320	435		120	44	18.7	3
Recocido	8 740	270		210	70		120	44	18.7	48
<b>Estaño bronce (88 Cu, 8 Sn, 4 Zn)</b>										
	8 800	310			145		95		18.0	30
<b>Manganeso bronce (63 Cu, 25 Zn, 6 Al, 3 Mn, 3 Fe)</b>										
	8 360	655			330		105		21.6	20
<b>Aluminio bronce (81 Cu, 4 Ni, 4 Fe, 11 Al)</b>										
	8 330	620	900		275		110	42	16.2	6

**ANEXO IV. Tipo de pistón a utilizar, se presenta un ejemplo. Fuente: Pistones Longxiang®**

Descripción del producto	
<b>Nombre</b>	Puntal de gas de pistón skylight neumático con fuerza 300N
<b>Calidad</b>	Prueba de fatiga TUV 1.180, 000 veces aprobada 2. ROHS certificado por SGS 3 pasó ISO9001 y ISO/TS 16949 internacional de certificación del Sistema de Calidad
<b>Uso</b>	Automóviles; Auto coche de muebles; máquinas mecánicas; barco contenedor etc
<b>Material</b>	Acero/ss304/ss316
<b>Color</b>	Plata/Negro/otros
<b>Conector</b>	Conector de bola/ojo de metal/clevis, etc.
<b>Ventaja</b>	1. pasa 180.000 veces las veces de fatiga 2. Podemos suministrar muestras gratis 3. precio competitivo 4. tiempo de entrega rápido: 1000 unidades 3 días El tamaño se puede hacer según los requisitos del cliente.

**Product specification** *PROFESSIONAL SUPPLIER OF GAS SPRING!*



Product No.	Extended Length (mm)	Stroke(mm)	DIA(mm)	Force(N)
YQL	100-300	30-100	12*4	5-100
YQL	300-600	100-200	15*6	10-300
YQL	600-900	200-300	18*8	50-600
YQL	900-1200	300-400	22*10	100-1200
YQL	1200-1600	400-500	25*12	100-1800
YQL	1600-2000	500-600	28*14	100-3000
YQL	2000-2500	600-700	28*16	100-3000
YQL	2500-3000	700-900	40*20	300-4000

We can do customized just according to your requests

## ANEXO V. Tipo de bisagra a utilizar

HIERRO

INOX

PG  
pernios muelle

### Pernio Gota con arandela

PG PG PG  
120 180 240

Pernios con arandela y perfil de gota, para instalar en puertas mediante soldadura. Fabricados en hierro o en acero inoxidable. Alta resistencia a la deformación.



#### Usos

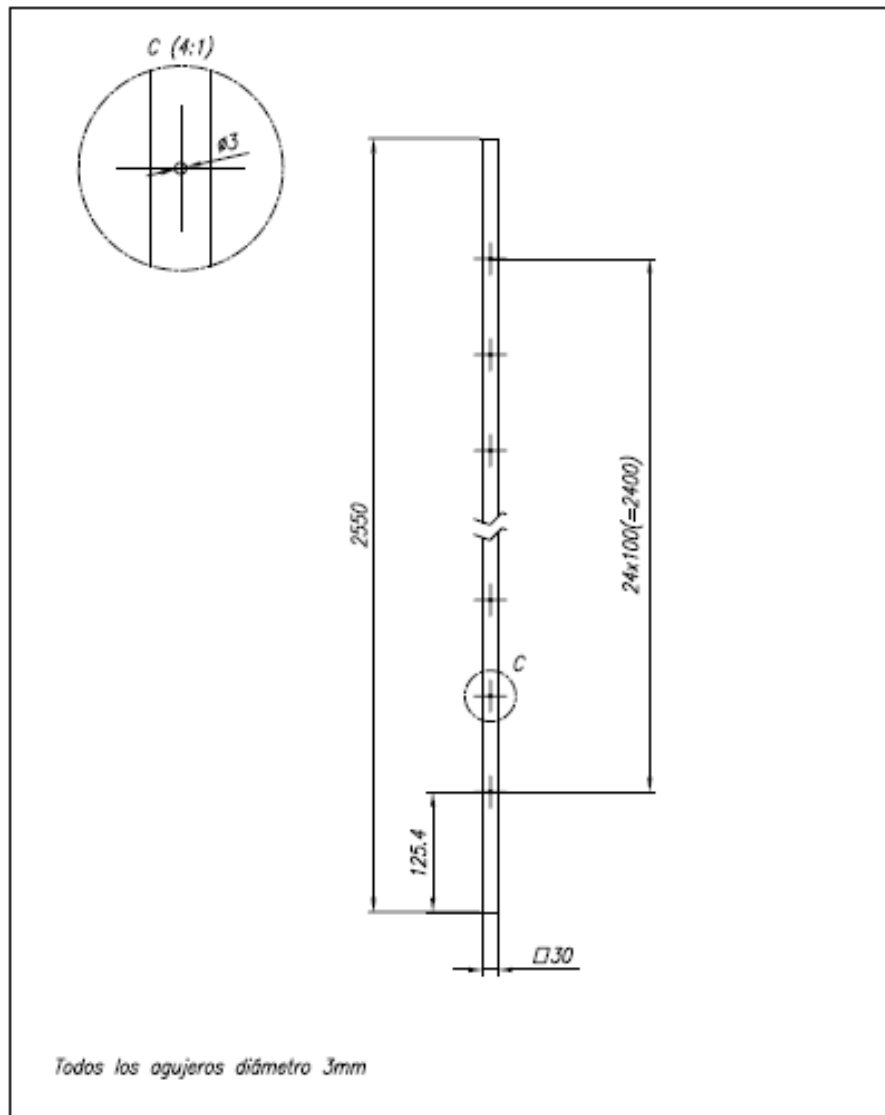
Puertas de acceso auxiliar de puertas de garaje, puertas de pre-acceso a comunidades o puertas de maquinaria pesada

#### Características

Perfil de gota de 12mm. Se presenta en 120mm, 180mm y 240mm de longitud. Suministrado con arandela. Capacidad de carga de una instalación básica con dos pernios oscila desde los 20kg hasta los 60kg. En la versión inox, la calidad del acero es AISI 304. Pasadores y arandela en AISI 316.



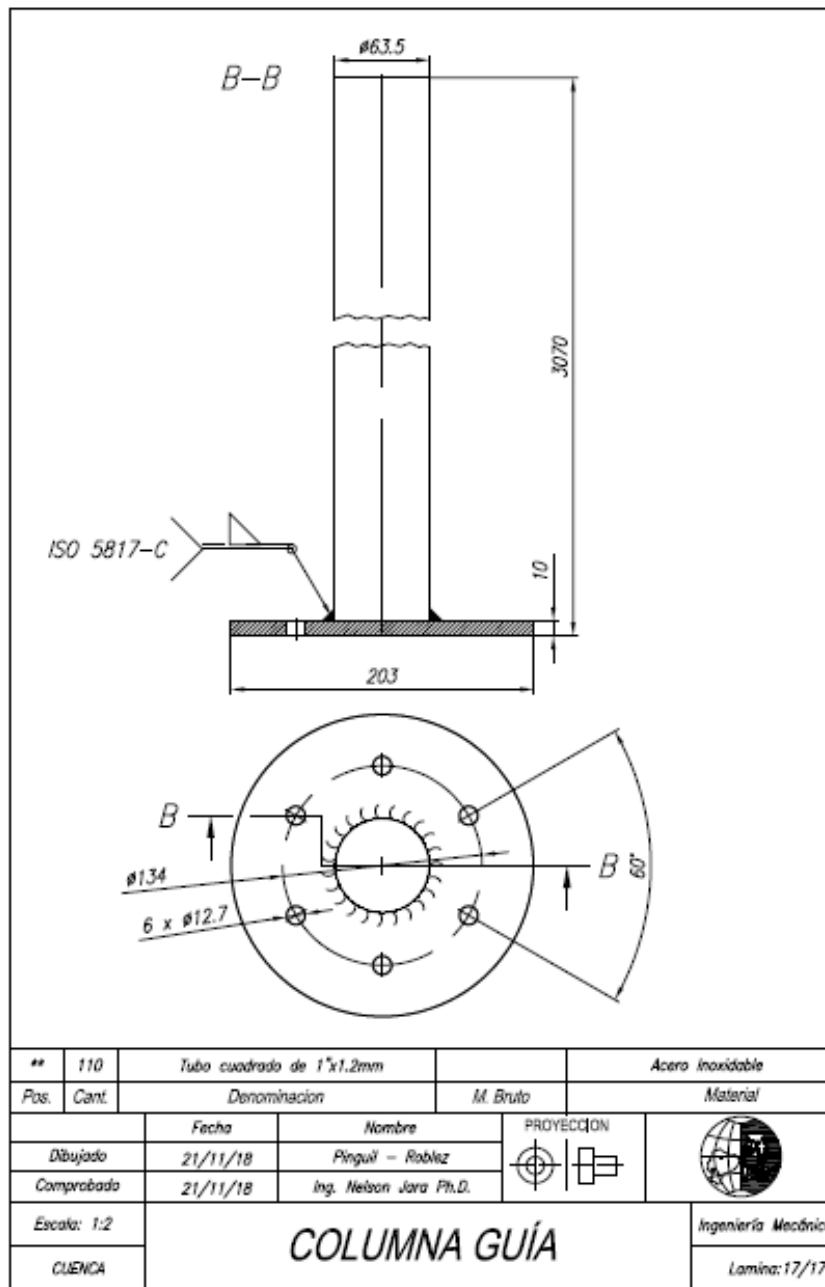
## ANEXO VI. Algunos particulares de las vitrinas con dispositivo electromecánico de desplazamiento vertical

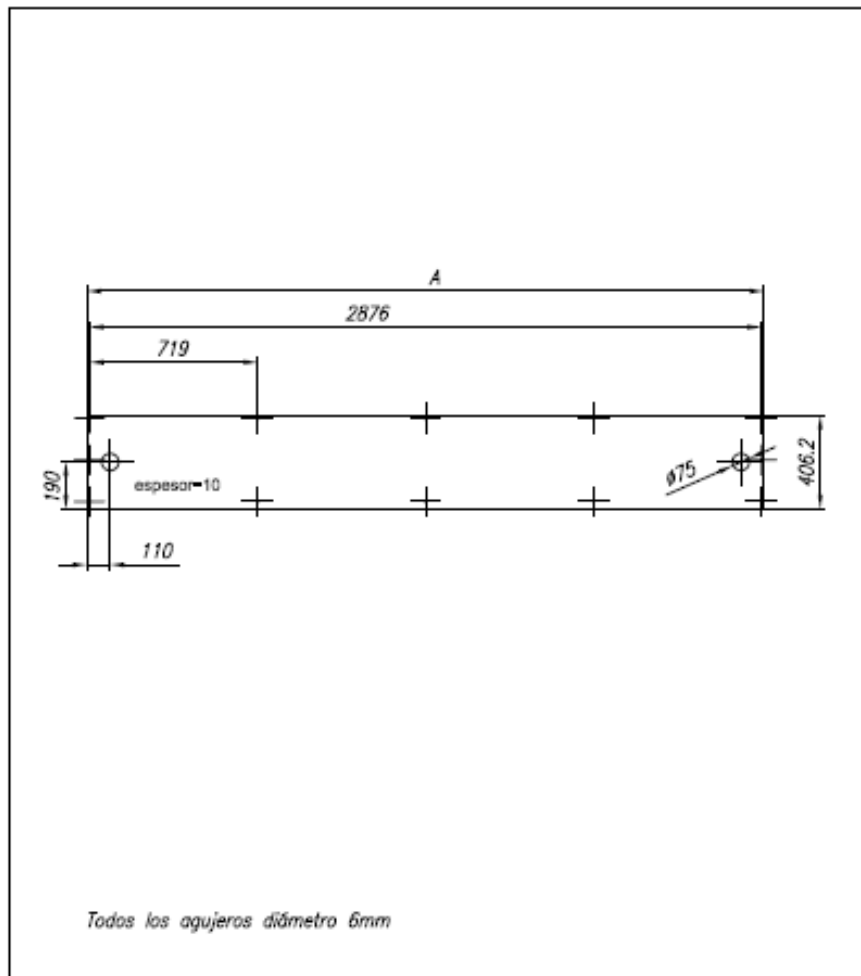


Todos los agujeros diámetro 3mm

**	22	Ángulo tensor	2600	acero inoxidable
Pos.	Cant.	Denominación	M. Bruto	Material
		Fecha	Nombre	PROYECCION 
Dibujado		21/11/18	Pingüil - Robles	
Comprobado		21/11/18	Ing. Nelson Jara Ph.D.	
Escala: 1:10	<b>ALZA PARA POLICARBONATO DE PUERTA</b>			
CUENCA				Lamina: 13/17







Todos los agujeros diámetro 6mm

VALORES ACOTADOS PARA VITRINAS (en milímetros)

REFERENCIA	VITRINA 2.9m	VITRINA 3.04m	VITRINA 3.12m	VITRINA 3.2m	VITRINA 3.58m	VITRINA 3.77m	
A	2900	3040	3120	3200	3580	3770	
**	1	Cubierta externa inferior		3900x390	Madera		
Pos.	Cant.	Denominacion		M. Bruto	Material		
		Fecha	Nombre	PROYECCION			
Dibujado		21/11/18	Pingul - Roblez				
Comprobado		21/11/18	Ing. Nelson Jara Ph.D.				
Escala: 1:20		<b>CUBIERTA EXTERNA INFERIOR</b>				Ingeniería Mecánica	
CUENCA						Lamina: 9/17	