

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción

"Diseño de un túnel giratorio atravesado por un puente en el que se muestra el efecto del momento angular en las personas, Para el

Proyecto Ajá Parque de la Ciencia, Espol"

TRABAJO FINAL DE GRADUACION

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Andrés Eduardo Cruz Chulca

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año 2015

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Jehová por darme la vida y las fuerzas necesarias durante todos estos años, a mis Padres por su apoyo constante, al Ing. Ernesto Martínez por su apoyo durante la culminación de este trabajo, y a la Ing. Carola Sánchez por su acertada guía durante este período.

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

Andrés Eduardo Cruz Chulca

Ernesto Martínez Lozano

Y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

Estamos también de acuerdo que el vídeo de la presentación oral es de plena propiedad de la FIMCP.



Andrés Eduardo Cruz C.



Ing. Ernesto Martínez L.

RESUMEN

Este proyecto de grado consiste en el diseño de un cilindro rotatorio, este simulará un túnel, que será atravesado por una plataforma a través de la cual las personas podrán cruzar y sentirán el efecto de rotación y experimentarán en sus cuerpos lo que en física se conoce como momento angular, esta combinación causará un conflicto con la percepción visual y debido a esta rotación el cerebro se verá engañado y las personas sentirán un leve mareo. El diseño de este prototipo interactivo de ciencias será para el proyecto ¡ajá! Parque de la Ciencia Espol.

Este trabajo se hará partiendo desde el diseño de forma, diseño mecánico, selección de componentes, dimensionamiento de los mismos, además de la respectiva selección de los materiales a utilizarse, para ello se utilizarán todos los conocimientos adquiridos en los diferentes cursos de Ingeniería Mecánica y un software de diseño en el que se presentará un modelado en 3D del prototipo y los planos necesarios para la construcción de este.

En este centro interactivo, ¡ajá! Parque de la Ciencia, el objetivo es inculcar en las personas de cualquier edad el amor por las ciencias básicas mediante la interacción y el juego usando exhibiciones, debido a esto es que surge una necesidad muy grande de crear una nueva exhibición tal como se detalló anteriormente.

El objetivo además de realizar este diseño es a futuro construir dicha exhibición y esta sirva para que el proyecto ¡ajá! Parque de la Ciencia siga inculcando en las personas el deseo de aprender las ciencias básicas de un modo totalmente atractivo.

Al finalizar el presente trabajo se dará a las autoridades del proyecto los planos de construcción, el modelado en 3D, un presupuesto, y un listado de materiales para realizar la respectiva compra de los mismos.

Palabras Clave: ¡ajá! Parque de la Ciencia, Cilindro Rotatorio, Momento Angular, prototipo interactivo de ciencias.

ABSTRACT

This graduation project consists of the design of a rotating cylinder that will simulate a tunnel which is crossed by a platform through which people can cross and feel the effect of rotation and will experience in their bodies what physics is known as angular momentum, this combination will cause a conflict with our visual perception and this rotation because the brain is tricked people will experience a slight dizziness. The design of this interactive science prototype will be for the project ¡ajá! Parque de la Ciencia Espol

This work will be done starting from the design of the form, mechanical design, component selection, sizing them, along with the respective selection of the materials used for it all the knowledge acquired in the different courses will be used and Mechanical Engineering software design in a 3D modeling presented in prototype and drawings needed to build this.

In this interactive center, ¡ajá! Parque de la Ciencia, the goal is to instill in people of any age love for basic science through interaction and play using exhibitions, because this is a very large need to create a new exhibit emerges as detailed above.

The objective in addition to this design is looking to build this exhibition and this serves to make the project aha! Science Park continues to instill in people the desire to learn basic science in a totally engaging way.

This work will be the end to the project authorities building plans, 3D modeling budget, and a list of materials for the respective buying them.

Keywords: ¡ajá! Parque de la Ciencia, Revolving cylinder, Angular Momentum, interactive prototype sciences.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	II
DECLARACIÓN EXPRESA	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE GENERAL	VI
ABREVIATURAS.....	VIII
SIMBOLOGÍA.....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE PLANOS.....	XII
CAPITULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Definición del problema.	3
1.1.1 Definición de los parámetros para el diseño del prototipo interactivo de ciencias..	4
1.2 OBJETIVOS.	7
1.2.1 Objetivos Generales.....	7
1.2.2 Objetivos Específicos.....	7
1.3 Descripción del Proyecto ¡Ajá! Parque de la Ciencia.	8
CAPITULO 2.....	11
2 METODOLOGÍA DE DISEÑO	11
2.1 Selección del Equipo	11
2.1.1 Factores considerados a evaluar en la matriz de decisión.	12
2.2 Diseño del prototipo.....	16
2.2.1 Diseño de Forma	16
□ ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DE FORMA.	18

Normativas Usadas:	18
2.2.2 Dimensionamiento de Cilindro y Plataforma.....	18
2.2.3 Selección del sistema de transmisión	20
2.2.4 Sistema motriz	25
2.2.5 Diseño estructural de la plataforma y el cilindro.	29
2.2.6 Análisis de Fuerza usando un software de diseño.....	30
2.3 Análisis de Costos	32
CAPITULO 3.....	34
3 RESULTADOS.....	34
CAPÍTULO 4.....	45
4. Discusión y Conclusiones	45
4.1 Conclusiones.....	46
4.2 Recomendaciones.....	47
BIBLIOGRAFÍA.....	48
APÉNDICES.....	49

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
cm	Centímetro
cm ²	Centímetro cuadrado
HP	Caballo de fuerza
ISO	Organización Internacional de Normalización
Kg	Kilogramo
KN	Kilo newton
m	Metro
Mpa	Mega pascal
N	Newton
RPM	Revoluciones por minutos
Seg	Segundos
rad	radianes
UPN	European standard channels

SIMBOLOGÍA

C	Distancia entre centros
d	diámetro
E	Módulo de elasticidad
f_s	Factor de servicio
I	Momento de inercia de masa
K	Factores de modificación
L	Longitud
Mu	Máximo momento
n	Factor de seguridad
t	Tiempo
T	Torque
V	Velocidad
ω	Velocidad angular
α	Aceleración angular
ρ	Radio de giro
σ	Esfuerzo normal
Δ	Máxima deflexión vertical

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- 1 Varios niños interactuando con las exhibiciones del Parque ¡ajá!	2
Figura 1- 2 Gráfico del proceso de Diseño.....	5
Figura 1- 3 Interior de Sala Interactiva de ¡ajá! Parque de la Ciencia	9
Figura 1- 4 Layout General de ¡ajá! Parque de la Ciencia.....	10
Figura 2- 1 Diseño de forma de túnel giratorio.....	17
Figura 2- 2 Dimensionamiento de túnel giratorio, y plataforma.....	19
Figura 2- 3 Sistema de transmisión de Movimiento; Banda y Poleas.....	20
Figura 2- 4 Sistema de transmisión de Movimiento; Banda y Poleas.....	21
Figura 2- 5 Diseño estructural de la plataforma.....	29
Figura 2- 6 Modelo utilizado para el cálculo de esfuerzos de la viga principal de la plataforma.	30
Figura 3- 1 Diseño de forma del Cilindro.	35
Figura 3- 2 Dimensionamiento de Cilindro y Plataforma.....	36
Figura 3- 3 Diseño estructural de la plataforma.....	40
Figura 3- 4 Análisis de esfuerzos usando un software de Diseño	41
Figura 3- 5 Análisis de esfuerzos de la plataforma usando un software de Diseño.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Factores considerados a evaluar en la matriz de decisión	12
Tabla 2 Matriz de decisión para prototipo denominado “El Boyo”	13
Tabla 3 Matriz de decisión para prototipo denominado “Ojo Loco”	14
Tabla 4 Matriz de decisión para prototipo denominado “La Palanca”	15
Tabla 5 Factores considerados a evaluar en la matriz de decisión	22
Tabla 6 Matriz de decisión para Sistema: Banda y poleas	22
Tabla 7 Matriz de decisión para Sistema: Catalina y Cadena	23
Tabla 8 Coeficientes para el cálculo del factor de servicio.	28
Tabla 9 Análisis de Costos.	32

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1. Vista General del sistema, plataforma cilindro giratorio	51
Plano 2. Cilindro rotatorio	52
Plano 3. Pasarela	53
Plano 4. Soporte de Cilindro Rotatorio.....	54
Plano 5 Cilindro; detalles	55

CAPITULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal del proyecto ¡ajá! Parque de la Ciencia es ayudar a que sus visitantes despierten en ellos el deseo de aprender ciencias y puedan visualizar y entender mediante la experimentación que estos temas tienen mucha importancia en la vida diaria. Es por eso que además se desea influir en las decisiones que los jóvenes visitantes tomen con respecto a la elección a futuro de su carrera universitaria.

Exhibiciones del Proyecto ¡Ajá! Parque de la Ciencia.

El proyecto cuenta con alrededor de 50 exhibiciones interactivas que están diseñadas para que se demuestre algún principio de ciencias y generan en el usuario, como resultado de la interacción, el aprendizaje de este principio científico.

Estas exhibiciones son construidas por los ayudantes y voluntarios que allí laboran, siguiendo normas de construcción y considerando algunos factores entre ellos los ergonómicos y de seguridad. Estas exhibiciones se construyen de diferentes materiales dependiendo del tamaño y la aplicación de estos. Los materiales seleccionados por lo general son madera, aluminio y vidrio, acero, y acrílico, tal como se puede ver en la figura 1-1.

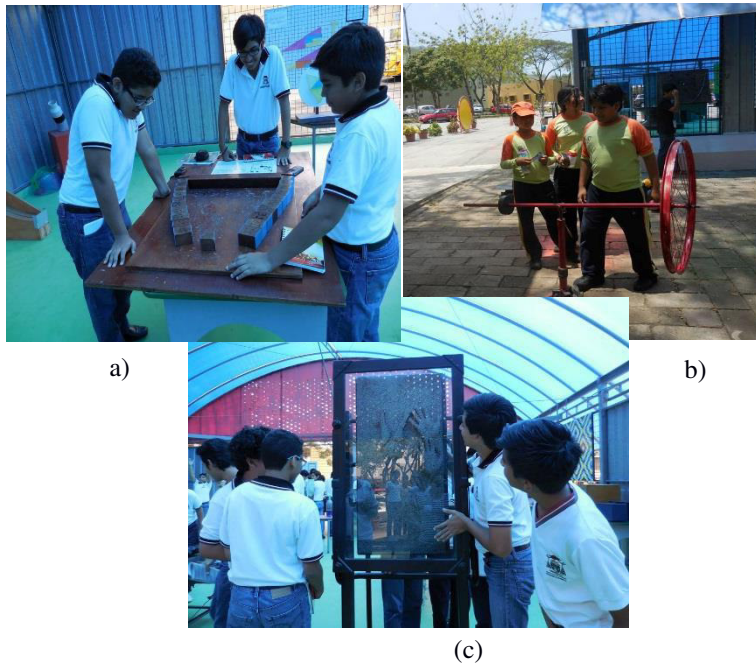


Figura 1- 1 Varios niños interactuando con las exhibiciones del Parque

- a) Gráfica que muestra niños interactuando con una exhibición conocida como catenaria, construida de madera. b) Fotografía en la que niños experimentan un principio físico con una exhibición llamada giroscopio de precisión construida de acero. c) Fotografía en la que algunos visitantes del parque ¡ajá! Juegan con un prototipo conocido como puntillismo, construido de aluminio y vidrio.

1.1 Definición del problema.

El Proyecto ¡ajá! Parque de la Ciencia situado en el campus Gustavo Galindo de la Espol, en su afán de promover y despertar el interés por la Ciencia y la educación, se ha proyectado, en el presente año, adecuar sus instalaciones y con ello es necesario una mejora de las exhibiciones existentes, además de un diseño adecuado de nuevos exhibits de ciencia que cumplan con normas de seguridad y calidad adecuadas para la interacción con el público en general.

El trabajo en sí es seleccionar una de las exhibiciones que el ¡ajá! Parque de la Ciencia desea diseñar las cuales se detallan a continuación:

1. “El Boyo”

El Boyo consta de un impresionante, y divertido columpio vertical, este está diseñado a manera de un Yo-Yo gigante a la inversa y se acciona cuando se tira de él hacia abajo, accionando un efecto resorte por medio del cual las personas son elevadas alrededor de un metro del suelo.

Los beneficios de esta exhibición, cuando es accionado, es que la oscilación del Boyo ayuda a las personas a mejorar su coordinación física y los motiva a experimentar lo que ocurre cuando accionan la palanca con mayor o menor intensidad.

2. La Palanca.

Esta Exhibición ilustra de manera clara lo que en física se conoce como torque. Esta es una fuerza que tiene la capacidad de producir un giro o rotación y depende de la distancia a la que se aplique dicha fuerza.

Esta exhibición consiste en una palanca apoyada en el centro con un punto móvil, que le permite oscilar hacia arriba y hacia abajo, en un extremo tiene un peso y en el otro extremo varios puntos en los que las personas deben levantar la palanca así experimentarán que a mayor distancia mayor torque.

3. ¡Ojo Loco!

Esta exhibición describe de manera interesante el efecto del momento angular en las personas, en especial que al girar se siente un leve mareo.

Esta exhibición consta de un túnel giratorio y una plataforma que lo atraviesa a manera de puente, por la cual los visitantes cruzarán por un tramo considerable, alrededor de seis metros, en el que mientras el túnel gire a su alrededor las personas verán afectada su percepción visual.

1.1.1 Definición de los parámetros para el diseño del prototipo interactivo de ciencias

La fase de diseño del prototipo es una de las más importantes, incluso se podría decir crítica, es por eso que es importante realizar una correcta definición de los parámetros involucrados en este diseño, ya que según estudios se estima que el 70% u 80% del costo de desarrollo del producto y su posterior manufactura están determinados por las decisiones que se toman al inicio de la etapa de diseño. Es por eso que en esta etapa el diseño debe ser algo innovador ya que así el producto final pueda ser exitoso y se obtengan grandes beneficios en costos de materiales y producción. En la figura 1.2 Se detalla el proceso involucrado en el diseño de un producto.

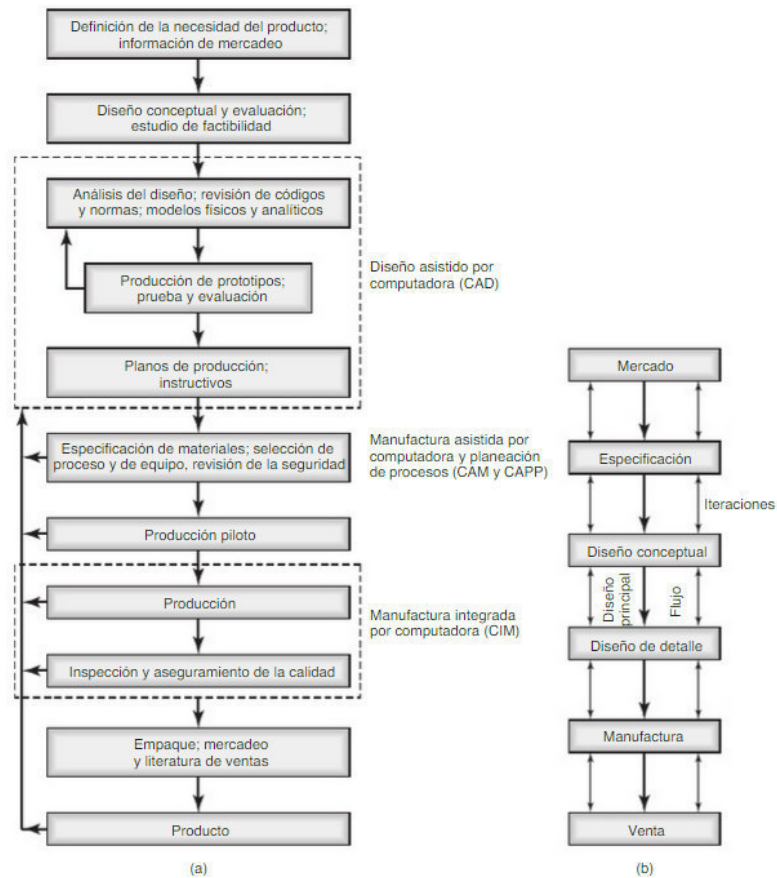


Figura 1- 2 Gráfico del proceso de Diseño

(a) Gráfica que muestra los diversos pasos comprendidos en el diseño y la, manufactura de un producto. Según la complejidad del artículo y el tipo de materiales utilizados, el tiempo que media entre el concepto original y el mercado de un producto puede variar desde unos cuantos meses hasta muchos años. (b) Gráfica que muestra el flujo general de un producto en la ingeniería concurrente, desde el análisis de mercado hasta la venta del producto.

Para que el diseño sea el mejor, este debe de cumplir los siguientes factores:

- Funcionabilidad (diseño)
- Durable (funcione efectivamente para que cumpla el propósito destinado)
- Conservable (tiene componentes que se pueden reemplazar o reparar, o a los que se puede dar un mantenimiento con facilidad)
- Un recurso eficiente (se puede desensamblar para reciclar los componentes)

Por lo que se puede resumir que entre los parámetros más importantes para el diseño de un prototipo de ciencias, o cualquier prototipo en general se deben considerar los siguientes:

–Factores de desempeño;

a) Instalación de los equipos.

Los equipos a utilizarse deben estar correctamente instalados, tener unas buenas bases que se dimensionan de acuerdo al tamaño y peso del prototipo.

b) Equipos Eléctricos.

En el caso de haber equipos eléctricos como motores estos deben de estar correctamente aislados en sus conexiones, y conectados a tierra para evitar descargas eléctricas.

c) Seguridad

Debido a que este tipo de prototipos interactivos de ciencias serán utilizados en especial por niños, debe considerarse como factor primordial el aspecto de seguridad, entre ellos seguir las normas adecuadas para la construcción y usos del prototipo, dentro de los que se pueden considerar usos de colchonetas para protección de caídas, uso de pasamanos, etc.

d) Ergonomía

Definida como la disciplina que busca optimizar los procesos para que en un diseño se tomen en cuenta tanto los factores humanos-maquina-ambiente, de tal manera que el resultado de un diseño sea algo cómodo y amigable para el uso.

e) Costo

El costo es otro factor fundamental, ya que del costo tanto de materiales como de producción depende una parte importante para la toma de decisión si el proyecto es factible o no, así que este es un factor que se debe considerar y para ello se evaluará la mejor opción en materiales, siempre considerando los factores de seguridad y de calidad de los materiales y construcción.

1.2 OBJETIVOS.

1.2.1 Objetivos Generales.

- a) Realizar el diseño de un cilindro rotatorio que simulará un túnel el cual es atravesado por una plataforma a través de la cual las personas podrán cruzar y sentirán el efecto de rotación y podrán experimentar en sus cuerpos lo que en física se conoce como momento angular.
- b) Generar planos de construcción, y un listado de materiales
- c) Utilizar todos los conocimientos adquiridos en los diferentes cursos de Ingeniería Mecánica, para la realización de este diseño, además de usar normas específicas para la seguridad de los usuarios de esta exhibición.

1.2.2 Objetivos Específicos.

- a) Demostrar que este tipo de trabajos pueden ser usados como proyectos de graduación, y más aún cuando colaboran al desarrollo institucional, y la vinculación con la comunidad.
- b) Mejorar la calidad de las exhibiciones construidas en el ¡ajá! Parque de la Ciencia, a partir de este trabajo.

1.3 **Descripción del Proyecto ¡Ajá! Parque de la Ciencia.**

El proyecto ¡Ajá! Parque de la Ciencia es un proyecto de la Escuela Superior Politécnica del Litoral que fue fundado el 28 de octubre del 2005 y como tal, nació debido a la necesidad imperativa de mejorar la educación que reciben los niños y niñas ecuatorianos, es así que la creación de un museo interactivo de ciencias se dio para incentivar la educación de una manera no formal en todos los sectores sociales del país en especial en los más pequeños.

Los objetivos que tiene ¡Ajá! Son detallados a continuación:

- Impartir una mejor calidad de educación a través de múltiples estrategias en la educación no formal y permanente en Ciencias
- Proveer Exhibiciones o prototipos interactivos de Ciencia para la activación de los procesos cognitivos.
- Promover la apropiación social del conocimiento,
- Brindar un entorno adecuado para la exploración y el descubrimiento.

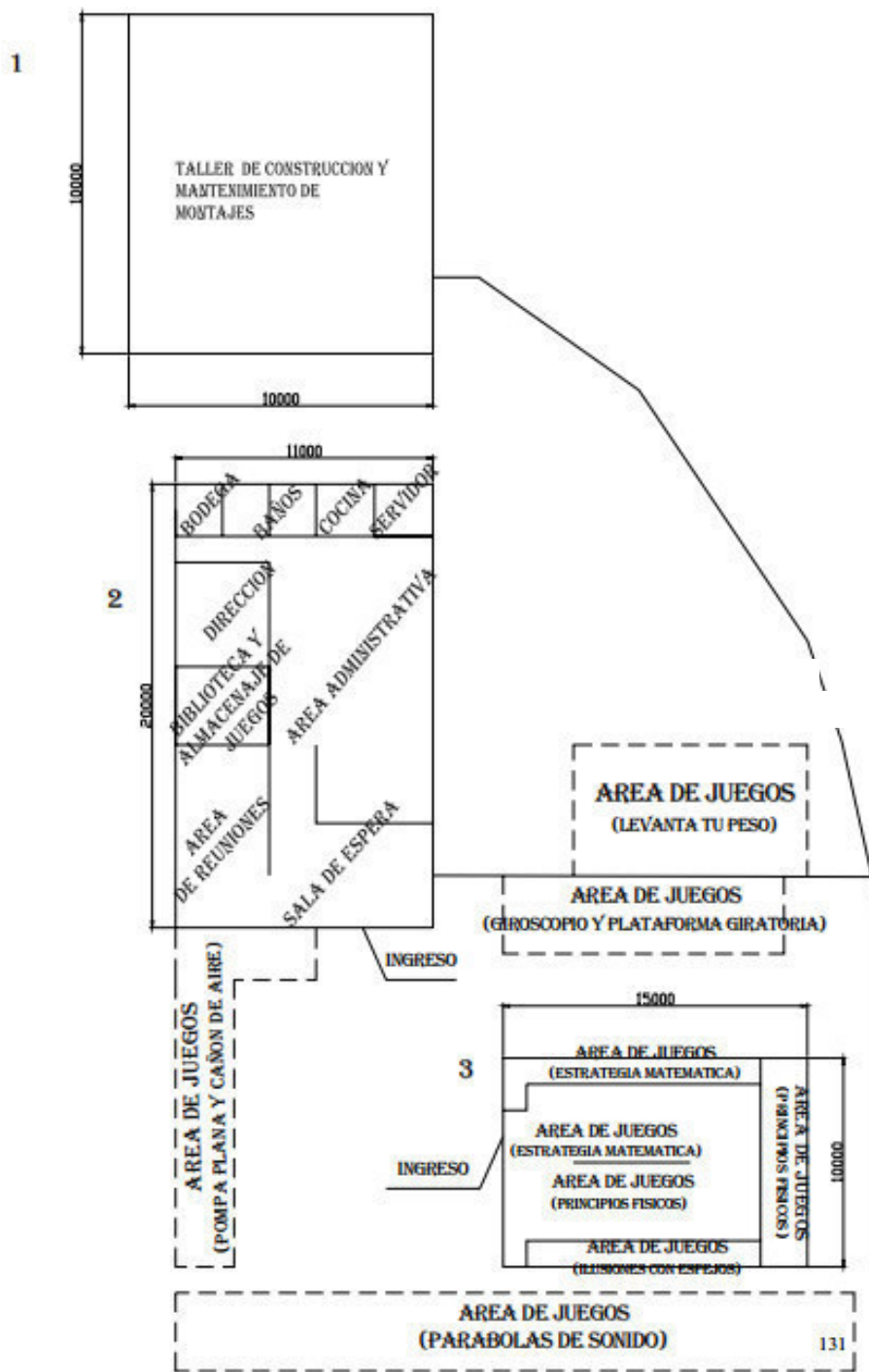
El proyecto cuenta con un espacio físico designado para desarrollar las actividades antes mencionadas, estas áreas de trabajo se detallan a continuación:

- Área administrativa; son alrededor de 100 m² donde se ubica al personal administrativo, es un área designada al almacenaje de juegos, un departamento de redes y un lugar donde se realizan reuniones de trabajo.
- Área de Mantenimiento; este es un taller que tiene un área de 100 m² donde se realizan las labores de mantenimiento y construcción de las exhibiciones con las cuales cuenta el proyecto.

– Área de juegos; consta de una sala interactiva de aproximadamente 180 m² donde los visitantes realizan la interacción con las exhibiciones o juegos con los que consta el parque ¡ajá!, los montajes al aire libre están distribuidos en el exterior de esta sala interactiva en un área de alrededor de 120 m² donde se exhiben 10 juegos que son los más grandes con los que cuenta el parque de la ciencia. En las figuras 1.3 y 1.4 se puede observar en detalle específico parte de las instalaciones del ¡ajá!, Parque de la Ciencia.



Figura 1- 3 Interior de Sala Interactiva de ¡ajá! Parque de la Ciencia



- (1) Área de Taller.
- (2) Área Administrativa
- (3) Sala Interactiva.
- Área libre no cerrada

Figura 1- 4 Layout General de ¡ajá! Parque de la Ciencia

CAPITULO 2

2 METODOLOGÍA DE DISEÑO

En esta etapa se detalla con mucho cuidado la metodología a seguir para conseguir la mejor selección al problema planteado en el capítulo 1, además de la definición de las herramientas a utilizar, las normativas escogidas y la aplicación de los conocimientos adquiridos en diversos cursos de Ingeniería Mecánica.

2.1 Selección del Equipo

La selección de la maquinaria o equipo para desarrollar un trabajo específico o cumplir con una obra determinada suele llegar a ser un paso crucial dentro de la planeación y ejecución de un proyecto, ya que para escoger la mejor opción se deben tomar en cuenta diversos factores entre ellos el coste de operación del equipo, la movilidad del equipo, el trabajo específico que realizará, la disponibilidad de espacio.

Para poder realizar esta selección se utilizará una herramienta muy poderosa conocida como matriz de decisión y en base a los resultados obtenidos de la matriz se seleccionará la mejor alternativa para el diseño respectivo.

2.1.1 Factores considerados a evaluar en la matriz de decisión.

Estos factores anteriormente definidos se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 1 Factores considerados a evaluar en la matriz de decisión

FACTORES	PUNTUACIÓN
Instalación de los equipos	10
Seguridad	20
Ergonomía	25
Costo	20
Mantenimiento	25
TOTAL	100

Una vez definida la ponderación para los factores de selección se procede a evaluar entre las opciones y se seleccionará la mejor.

Tabla 2 Matriz de decisión para prototipo denominado “El Boyo”

Prototipo Evaluado: “El Boyo”					
	A	B	C	D	E
#	%	Factor Evaluado	Calificación	C/5	D*A
			0: No Aplica 1:Suficiente 3: Bueno 5: Óptimo		
1	10	Instalación de los equipos	3	0.6	6
2	20	Seguridad	3	0.6	12
3	25	Ergonomía	5	1	25
4	20	Costo	5	1	10
5	25	Mantenimiento	1	0.2	5
TOTAL	100				58

Tabla 3 Matriz de decisión para prototipo denominado “Ojo Loco”

Prototipo Evaluado: “Ojo Loco”					
	A	B	C	D	E
#	%	Factor Evaluado	Calificación	C/5	D*A
			0: No Aplica 1: Suficiente 3: Bueno 5: Óptimo		
1	10	Instalación de los equipos	5	1	10
2	20	Seguridad	3	0.6	12
3	25	Ergonomía	5	1	25
4	20	Costo	5	1	20
5	25	Mantenimiento	3	0.6	15
TOTAL	100				82

Tabla 4 Matriz de decisión para prototipo denominado “La Palanca”

Prototipo Evaluado: “La Palanca”					
	A	B	C	D	E
#	%	Factor Evaluado	Calificación	C/5	D*A
			0: No Aplica 1:Suficiente 3: Bueno 5: Óptimo		
1	10	Instalación de los equipos	1	0.2	2
2	20	Seguridad	3	0.6	12
3	25	Ergonomía	3	0.5	13
4	20	Costo	5	1	20
5	25	Mantenimiento	5	1	25
TOTAL	100				72

Mediante este criterio de selección se puede decidir que la mejor opción de diseño es la exhibición denominada: “túnel giratorio” (“Ojo Loco”), que se muestra en la figura 2-1, allí se puede apreciar que este prototipo consiste en una estructura cilíndrica la cuál es atravesada por una plataforma que simula de puente. El efecto que produce es una sensación de mareo mientras las personas cruzan por este túnel rotando, esto se da gracias al efecto que produce la fuerza del momento angular.

2.2 Diseño del prototipo

En esta sección se detallará el diseño específico de la exhibición interactiva de ciencias para el Parque ¡ajá!, incluido el diseño de forma del túnel y de la plataforma, la selección del sistema de transmisión, y se especificará el diseño estructural de la Plataforma.

2.2.1 Diseño de Forma

El diseño de forma está basado en varias exhibiciones interactivas de Ciencia observadas en diversos museos alrededor del mundo, este diseño además incluye algunas especificaciones brindadas por parte de los directivos de ¡ajá! Parque de la Ciencia.

Esta exhibición está compuesta por:

- El túnel giratorio; que se basa en tres anillos circulares conectados por correas así se forma un “esqueleto” compacto cilíndrico, el cuál girará y provocará en las personas la sensación de mareo.
- Una plataforma a manera de puente; que permitirá a las personas atravesar el cilindro mencionado anteriormente.
- Un sistema de transmisión; que permitirá que el cilindro rote a cierta velocidad.
- Una estructura que soportará este sistema de transmisión.

A continuación se muestra en la figura 2.1 el diseño de forma del cilindro.

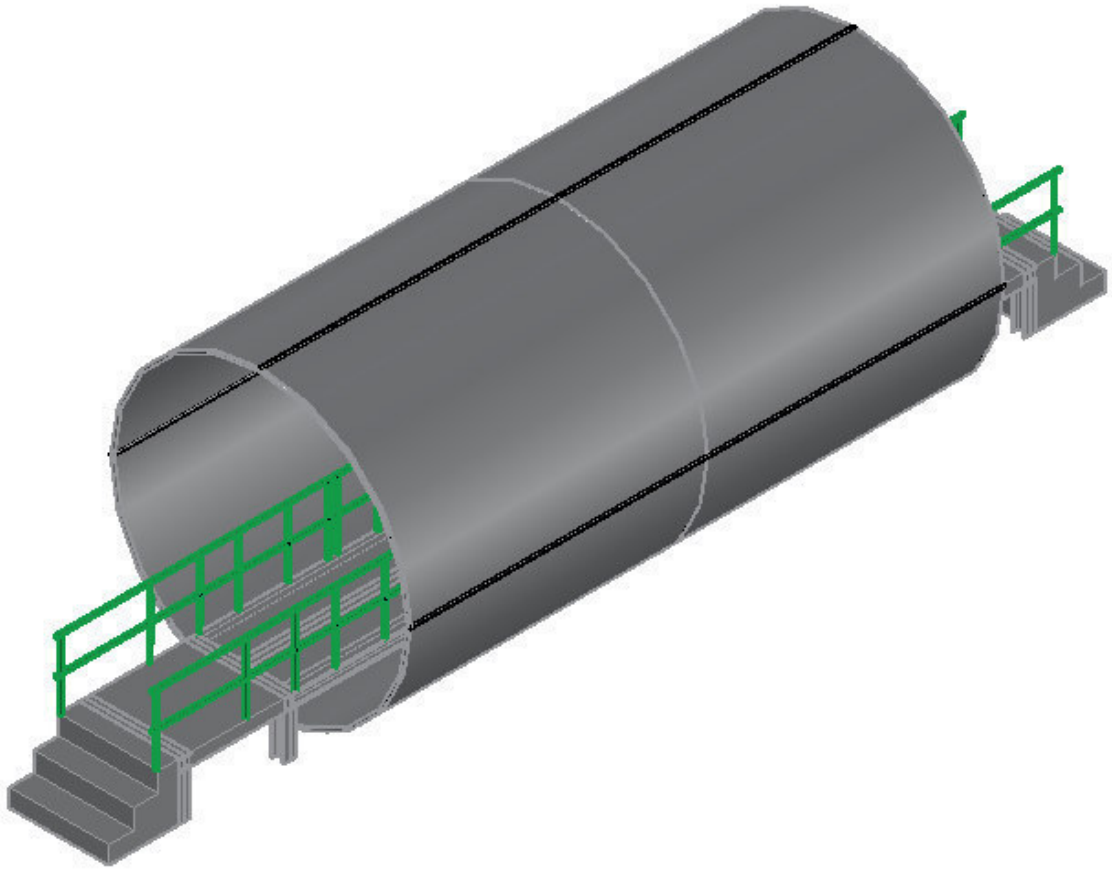


Figura 2- 1 Diseño de forma de túnel giratorio.

- **ESPECIFICACIONES PARA EL DISEÑO DE FORMA.**

Normativas Usadas:

Las normativas usadas son:

- Norma CONVENIN 245-90 (Norma Venezolana); muestra los detalles específicos en cuanto a los accesos, la seguridad en rampas, escaleras y pasarelas.
- Norma NTE INEN 2 244:2000 (Norma Ecuatoriana); Esta normativa presenta todo lo relacionado en cuanto a los parámetros necesarios para determinar una adecuada accesibilidad de personas en cuanto a pasamanos, escaleras, etc.
- Norma INEN 320 (Norma Ecuatoriana); Nos Especifica dimensiones modulares de acceso a edificios u otros lugares.
- Ordenanza Municipal 3457, de la municipalidad de Quito.

2.2.2 Dimensionamiento de Cilindro y Plataforma

Uno de los objetivos del Proyecto es construir el prototipo si existe la factibilidad de hacerlo, tanto económica, constructiva y que sea de uso fácil para los visitantes.

Es por eso que los requerimientos o consideraciones para el diseño del cilindro, estipulados por ¡ajá! Parque de la Ciencia, se definen a continuación:

En cuanto al tamaño, el equipo debe manejar un tamaño accesible tanto del espacio disponible como para las personas que interactuarán con este prototipo. Por lo tanto dicho túnel, debe ser de al menos 2.05 metros de diámetro (o altura), dimensiones

sugeridas para la construcción de accesos según el art. 235 de la ordenanza 3457 de la municipalidad de Quito. La longitud deseada establecida por los representantes de proyecto es de 6 metros al menos.

Otro de los requerimientos es que esta exhibición pueda permitir un fácil montaje y desmontaje para el respectivo mantenimiento y además de una limpieza periódica. Y además se requiere que se diseñe con elementos de fácil reposición, que se puedan obtener en el mercado nacional y a un bajo costo.

En cuanto al diseño de la plataforma, siguiendo las normativas adecuadas entre ellas la Norma CONVENIN 245-90 y la Norma NTE INEN 2 244:2000, se pueden definir las dimensiones adecuadas para el fácil acceso y uso seguro de los visitantes. En cuanto a la seguridad de la pasarela se deben instalar pasamanos en ambos lados de esta, a una altura de 90 cm. Medidos desde la base del puente, con una barra intermedia de 0.45 cm. Y rodapié de 0.15 cm.

A continuación se detalla un gráfico con las dimensiones definidas para la exhibición:

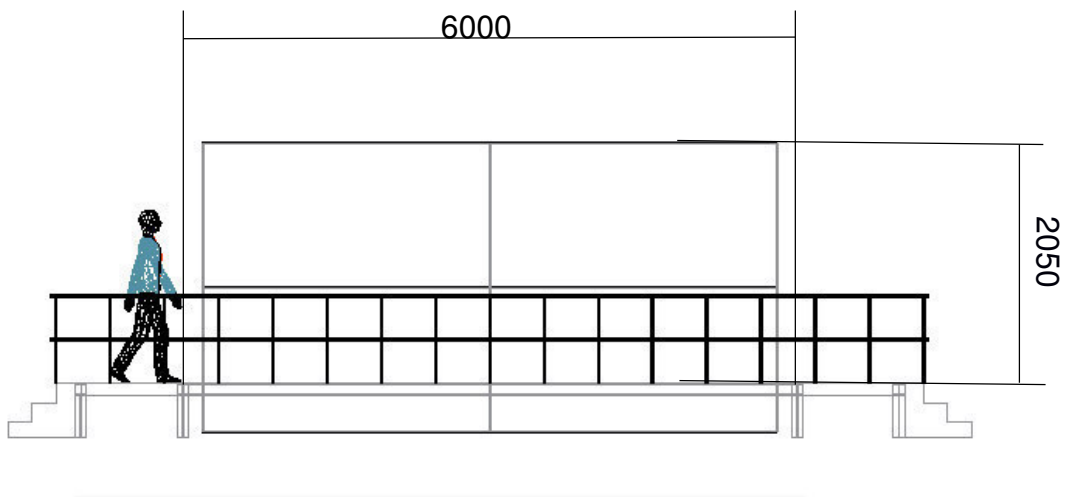


Figura 2- 2 Dimensionamiento de túnel giratorio, y plataforma.

2.2.3 Selección del sistema de transmisión

Para la selección del sistema de transmisión se escogerá entre dos opciones, estas son:

- banda y poleas y
- catalinas y cadena.

A continuación se procederá a presentar estos sistemas y posteriormente se elegirá el mejor en base a una matriz de decisión.

Banda y poleas.

Se trata de dos ruedas situadas a cierta distancia, que giran a la vez por efecto de una correa. Las correas suelen ser cintas de cuero flexibles y resistentes. Este sistema es mostrado en la figura 2-3.

Según el tamaño de las poleas se definen dos tipos que son:

1. Sistema reductor de velocidad: En este caso, la velocidad de la polea conducida es menor que la velocidad de la polea motriz. Esto se debe a que la polea conducida es de mayor diámetro que la motriz.
2. Sistema multiplicador de velocidad: En este caso, la velocidad de la polea conducida es mayor que la velocidad de la motriz. Esto se debe a que la polea conducida es de menor diámetro que la motriz.

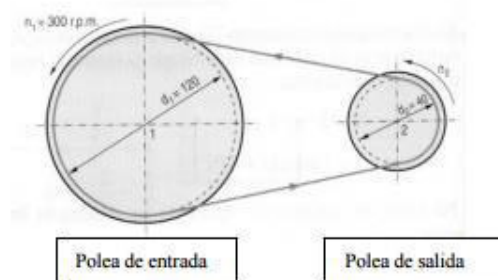


Figura 2- 3 Sistema de transmisión de Movimiento; Banda y Poleas

Catalina y cadena.

Este sistema de transmisión consiste en dos ruedas dentadas de ejes paralelos, situadas a cierta distancia la una de la otra, y que giran a la vez por efecto de una cadena que engrana a ambas. Es el mecanismo que emplean las bicicletas. Este sistema es mostrado en la Figura 2-4.

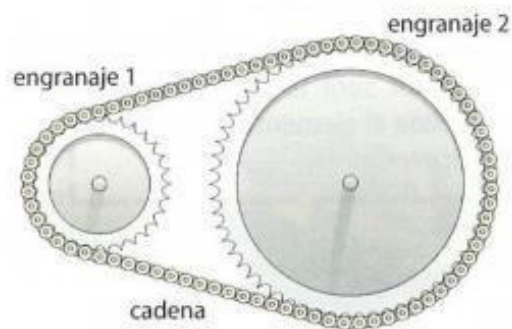


Figura 2- 4 Sistema de transmisión de Movimiento; Banda y Poleas

La selección del sistema de transmisión se realizará usando una matriz de decisión, y se seleccionará de entre los dos sistemas de transmisión de movimiento presentados anteriormente, estos son; Sistema de banda y poleas y sistema de catalinas y cadena.

A continuación se presentarán los criterios de selección para elaborar la matriz de decisión.

Criterios de Selección.

Seguridad.- La seguridad que implica la operación de este sistema de transmisión al usuario.

Construcción.- Nos referimos al tiempo que llevará implantar este sistema.

Espacio.- Disponibilidad, o cantidad de espacio que requerirá dicho sistema.

Costo.- Cuanto dinero se necesitará para adquirir dicho sistema de transmisión.

Tabla 5 Factores considerados a evaluar en la matriz de decisión

FACTORES	PUNTUACIÓN
Seguridad	30
Construcción	20
Espacio	20
Costo	30
TOTAL	100

Una vez definidos los criterios se presentan las respectivas matrices de decisión:

Tabla 6 Matriz de decisión para Sistema: Banda y poleas

Sistema Evaluado: Banda y Poleas.					
	A	B	C	D	E
#	%	Factor Evaluado	Calificación	C/5	D*A
			0: No Aplica 1: Suficiente 3: Bueno 5: Óptimo		
1	30	Seguridad	5	1	30
2	20	Construcción	3	0.6	12
3	20	Espacio	3	0.6	12
4	30	Costo	3	0.6	18
TOTAL	100				72

Tabla 7 Matriz de decisión para Sistema: Catalina y Cadena

Sistema Evaluado: Catalina y Cadena.					
	A	B	C	D	E
#	%	Factor Evaluado	Calificación	C/5	D*A
			0: No Aplica 1: Suficiente 3: Bueno 5: Óptimo		
1	30	Seguridad	5	1	30
2	20	Construcción	1	0.2	4
3	20	Espacio	3	0.6	12
4	30	Costo	1	0.2	6
TOTAL	100				52

Por lo tanto el sistema seleccionado para la transmisión de Movimiento es el de Banda y poleas.

Selección de Poleas

En primer lugar se determina la relación de velocidad, que se la obtiene al dividir las R.P.M. del eje más rápido entre las R.P.M. del eje más lento de la siguiente manera:

$$R = n_2/n_r$$

ecuación 1

Donde:

R= Relación de velocidades

n₂: Velocidad de rotación a la salida del reductor

n_r: Velocidad de rotación que se requiere

Luego, se procede a seleccionar el tamaño de las poleas en la tabla de selección de poleas de martin-v-belt-sheaves.

Determinación de la distancia entre centros y el largo de la banda

Debido a que no se especifica la distancia entre centros se procede a calcular de la siguiente manera:

$$C = (D + 3d)/2 \quad \text{ecuación 2}$$

Donde:

C: distancia entre centros

D: Diámetro exterior de la polea mayor

d: Diámetro exterior de la polea menor

Así mismo el largo de la banda L_b se lo calcula con la siguiente fórmula:

$$L_b = 2C + 1.57 (D+d) + (D-d)^2 / 4C \quad \text{ecuación 3}$$

.2.2.4 Sistema motriz

La Parte principal del sistema motriz es el motor ya que la función de este es proveer el movimiento a todo el cilindro, y es este giro el que producirá en las personas la leve sensación de mareo.

Para poder seleccionar el motor es necesario calcular la Inercia que este debe vencer para que el sistema pueda entrar en movimiento.

Por lo que la inercia que se debe vencer es la del cilindro, que se calcula de la siguiente manera:

$$I = m_{cil} * r_i \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

I: Es el Momento de Inercia del Cilindro.

m_{cil} : es la masa del cilindro.

r_i : Radio interno del cilindro.

Para obtener esta inercia primero se debe calcular la masa del cilindro que se puede obtener con la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{m_{cil}}{V} \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

ρ : es la densidad del acero

m_{cil} : es la masa del cilindro.

V: es el volumen.

Así despejando la ecuación 5 se obtiene la masa el cilindro:

$$\rho * V = m_{cil} \quad \text{Ecuación 6}$$

Luego se calcula el volumen del cilindro con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{\pi}{4} * L(D_e^2 - D_i^2) \quad \text{Ecuación 7}$$

D_e = Diámetro exterior

D_i = Diámetro interior

L = longitud

De allí obtenemos el volumen

Ahora se calcula la masa reemplazando los datos en la ecuación 3, sabiendo que la densidad del acero es 7850 kg/m³, y con esto se obtiene la masa del cilindro que nos servirá para el cálculo de la Inercia.

Posteriormente se calcula la Inercia del sistema. Se asume un cilindro de pared delgada ya que el espesor es de 3 mm, y la inercia se calcula con:

$$I = m_{cil} * r_i^2$$

El siguiente paso es calcular el par motor, este nos dará la fuerza que necesita el motor para vencer la Inercia. Se necesita además calcular la aceleración angular con la que girará el cilindro.

Estudios previos realizados por ¡ajá! Parque de la Ciencia indicaron que este cilindro debe girar a razón de 25 RPM que son equivalentes a 2.6 rad/seg. Entonces la aceleración mínima angular para esto se calcula de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{\Delta W}{\Delta t} \quad \text{Ecuación 8}$$

El tiempo se lo obtiene con la siguiente ecuación:

$$t = \frac{2\pi}{\omega} \quad \text{Ecuación 9}$$

Reemplazando en la ecuación 5 se calcula, la aceleración angular.

Una vez obtenidos estos resultados se procede a calcular el par motor para vencer la inercia con la siguiente ecuación:

$$T = I * \alpha \quad \text{Ecuación 10}$$

Donde:

T: es el par motor

α : Es la aceleración angular.

Reemplazando los datos obtenidos en la ecuación 7 se consigue el par motor necesario para vencer la inercia del sistema.

De aquí se obtiene la potencia necesaria, que es:

$$P = T * \omega \quad \text{Ecuación 11}$$

Calculo del factor de servicio.

Una vez obtenida la potencia del motor se debe calcular el factor de servicio, esto se lo realiza usando la tabla 8.

Tabla 8 Coeficientes para el cálculo del factor de servicio.

DETERMINACION DE LOS COEFICIENTES C1, C2, C3
C₁ Para tipo de carga

Máquina motriz	Tiempo de funcionamiento diario (horas)	Tipo de carga		
		U	M	P
- Motores eléctricos - Motores hidráulicos - Turbinas	Hasta 2	0.90	1.00	1.25
	de 2 hasta 10	1.00	1.25	1.50
	de 10 hasta 24	1.25	1.50	1.75
- Motores de combustión de 4 ó 6 cilindros	Hasta 2	1.00	1.25	1.50
	de 2 hasta 10	1.25	1.50	1.75
	de 10 hasta 24	1.50	1.75	2.00
- Motores de combustión de 1 ó 3 cilindros	Hasta 2	1.25	1.50	1.75
	de 2 hasta 10	1.50	1.75	2.00
	de 10 hasta 24	1.75	2.00	2.25

C₂ Para número de arranques por hora

Hasta 10	De 10 hasta 50	más de 50
1	1.1	Consultar

C₃ Según la temperatura ambiente° C

10	20	30	40	50
0.9	1	1.15	1.3	1.65

De la tabla 8 se concluye que nuestros factores para el cálculo del factor de servicio serán:

C1: 1.25 debido a que el motor trabajará a carga media por no más de dos horas diarias

C2: 1 Porque el número de arranques será de hasta 10 en una hora

C3: 1.15 porque la temperatura en la ciudad puede bordear a veces los 30°C

Así el factor de servicio es determinado mediante:

$$FS = C1 * C2 * C3 \quad \text{Ecuación 12}$$

Y la potencia total del motor está dada por:

$$Pt = P * FS \quad \text{Ecuación 13}$$

2.2.5 Diseño estructural de la plataforma y el cilindro.

El diseño de forma de la plataforma se basa en un diseño sencillo pero a su vez muy seguro y sobre todo soportará el peso de las personas cuando crucen a través de él. Este diseño queda como se muestra a continuación:

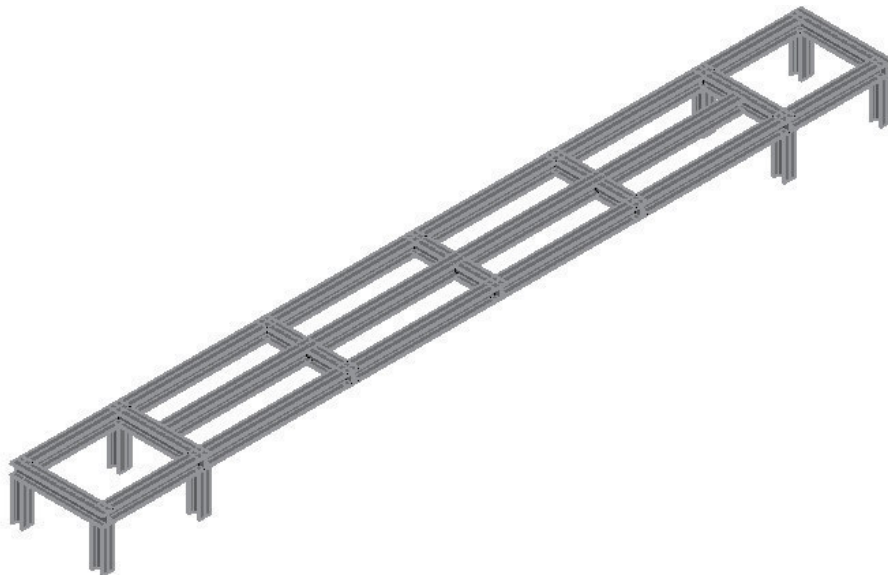


Figura 2- 5 Diseño estructural de la plataforma.

El diseño está compuesto por tres vigas principales por donde las personas circularan y atravesarán el cilindro rotatorio, y dos plataformas pequeñas que servirán de ingreso y salida del túnel.

El diseño se basa en perfiles comerciales. El perfil seleccionado es el perfil estructural IPE-120.

A continuación se evaluará con la ayuda de un software de diseño si estos perfiles pueden soportar una carga máxima de 150 Kg, que sería el peso máximo de una persona que cruzaría por este túnel.

2.2.6 Análisis de Fuerza usando un software de diseño.

Para realizar el análisis de fuerzas de la plataforma, se utilizará el software de diseño llamado Autodesk Inventor, mediante este software se analizarán las cargas que soportará la plataforma y se comprobará si el diseño cumple o no con los estándares requeridos.

Para esto se ha tomado el siguiente modelo para el cálculo de esfuerzos en las vigas principales de la plataforma como se muestra en la figura 2-6

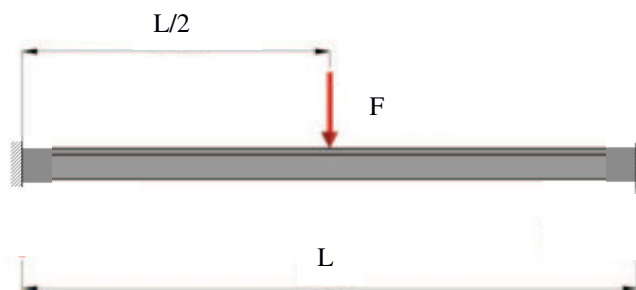


Figura 2- 6 Modelo utilizado para el cálculo de esfuerzos de la viga principal de la plataforma.

Una vez definido este modelo se utilizará la simulación de Inventor y se obtendrá el resultado del cálculo de esfuerzos, y si los perfiles seleccionados resistirán o no la carga aplicada.

Los resultados más significativos de esta simulación son presentados en el capítulo 3 del presente trabajo.

Esfuerzos sobre el cilindro.

Con el cálculo de estos esfuerzos se determinará el momento de flexión al que se verá sometido el cilindro, y las reacciones que se producirán en sus apoyos. Se asume el cilindro como una viga con una carga distribuida.

$$w = \frac{W_T}{L} \quad \text{Ecuación 14}$$

Donde:

W_T : Carga total de Diseño.

Esta carga de diseño es igual a:

$$W_T = m_{cil.} * 9.8 \text{ m/s}^2 \quad \text{Ecuación 15}$$

Una vez obtenido este resultado, con la ayuda del programa MD solid, se calcula el momento máximo y las reacciones en los apoyos.

Resistencia del cilindro.

Debido a que existe flexión pura la fuerza cortante es nula y no hay cargas axiales o de torsión, por eso el máximo esfuerzo al que se ve sometido el cilindro es:

$$\sigma_{max} = \frac{M}{Z} \quad \text{Ecuación 16}$$

$$Z = \frac{\pi}{32} \left(\frac{D_e^4 - D_i^4}{D_e} \right) \quad \text{Ecuación 17}$$

Donde:

Z= Módulo de sección

M= Momento Máximo.

2.3 Análisis de Costos

A continuación se presentará un análisis de costos del proyecto y se determinará el valor total de la Inversión. Para esto se presentará un cuadro en el que se detallan; los materiales necesarios, los equipos que se deben adquirir y la mano de obra requerida para la ejecución y puesta en marcha de esta exhibición. Por último se hará una comparación económica entre un equipo que se puede comprar mediante importación y la construcción de nuestro diseño, así se verá el beneficio de llevar a cabo este proyecto.

Tabla 9 Análisis de Costos.

Costo de material

Cantidad	Unidad	Descripción	Costo unitario	Total
10	unidad	Ángulo L(50x50x3)mm x6m	12,50	125
10	unidad	Perfil IPE140	94,50	945
100	unidad	Perno M8x1.25x30	0,25	25
100	unidad	Tuerca M8 x 1.25	0,15	15
25	Kg	Soldadura Φ 1/8 E-6011L	5	425
30	m	Tubo estructural redondo 1/2"x 0.95 mm de espesor	13,43	402.09
1	unidad	Polea 2.2"	13,17	13,17
1	unidad	Polea 33.5"	69,28	69,28
1	unidad	Banda	3,10	3,10
10	Kg	Soldadura Φ 3/16 pulgadas, E7018	2,37	23,70
		Subtotal		\$2046.34

Costos de equipos

Cantidad	descripción	Costo unitario	Total
1	Motor (7.5hp)	989,27	989.27
	Subtotal		\$989.27

Costo de mano de obra directa

Parte o pieza	Cantidad	Trabajo realizado	Costo
Estructura y perfil de la plataforma	1	Corte esmerilado soldadura montaje	1500
Estructura principal del cilindro	1	Doblado de ángulos Instalación de estructura	1000
Sistema eléctrico	1	Instalación del sistema eléctrico y panel para motor.	500
		Subtotal	\$ 3000

El costo de materiales, equipos y mano de obra es \$6035.31, además de esta cantidad hay que agregar \$ 2500 el costo de dirección técnica. El costo total del diseño es \$8535.61.

Realizando la respectiva comparación con un equipo similar que puede ser importado y que podría costar \$15000 existe una gran ventaja en cuanto a la cantidad de dinero que se ahorraría en la Inversión.

CAPITULO 3

3 RESULTADOS.

A continuación se presentarán los resultados obtenidos del presente trabajo y se describirán en el orden que fueron encontrados.

En primer lugar se seleccionó la mejor opción de diseño para empezar a trabajar, había tres exhibiciones de las cuales se podía escoger una para diseñar.

Utilizando la herramienta de la matriz de decisión se seleccionó la mejor opción en base a ciertos criterios definidos para las exhibiciones interactivas de ciencia; así se determinó que la exhibición a diseñar sería la denominada como “ojo loco”, que consiste en un túnel giratorio que es atravesado por una plataforma.

Luego de esto se determinaron las dimensiones que deberían tener tanto el cilindro rotatorio como la plataforma por la cual las personas atravesarían el cilindro, esto se pudo realizar consultando varias normas de diseño para accesos de personas, (norma CONVENIN 245-90; Norma IENN 2 244:2000; Norma INEN 320; Ordenanza Municipal 3457 de la municipalidad de Quito.), y los resultados fueron:

Cilindro.

Diámetro: 3 metros

Longitud: 6 metros

Diseño de forma: el diseño de forma se escogió en base a varias exhibiciones observadas en otros museos de ciencia alrededor del mundo, y consiste en una estructura metálica cilíndrica en forma de esqueleto conformada principalmente por perfil estructural L 50X3. Tal como se puede apreciar en la figura 3-1

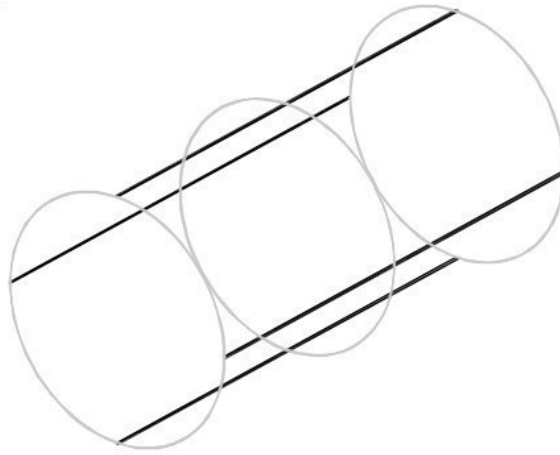


Figura 3- 1 Diseño de forma del Cilindro.

Plataforma.

La plataforma fue diseñada tomando en cuenta las normas de diseño en cuanto a accesos y pasarelas adecuados para el tránsito de personas (norma CONVENIN 245-90; Norma IENN 2 244:2000; Norma INEN 320; Ordenanza Municipal 3457 de la municipalidad de Quito.), y los resultados fueron los siguientes:

Longitud: 8.56 metros, tomando en cuenta, dos plataformas para el acceso y salida de las personas del túnel.

Ancho: según las normas y para un correcto desempeño la anchura recomendada es de 1 metro.

Además en este tipo de pasarelas es importante considerar la implementación de normas de seguridad, es por eso que la norma recomienda usar pasamanos con las siguientes especificaciones:

Altura de 90 cm. Con un travesaño ubicado a 45 cm. Además de un rodapié de 15 cm.

El dimensionamiento queda definido como se muestra en la figura 3-2.



Figura 3- 2 Dimensionamiento de Cilindro y Plataforma.

Sistema de transmisión

Obtenidos estos parámetros el siguiente paso fue seleccionar el sistema de transmisión más idóneo para darle movimiento al túnel, para esto se utilizó como herramienta de selección la matriz de decisión, definiendo varios parámetros para la selección entre ellos la seguridad, el tiempo de construcción, el espacio disponible para la instalación, y el costo del mismo.

Así se determinó que el sistema de transmisión que cumplía y satisfacía de mejor manera estos parámetros era el de banda y poleas.

Selección de Poleas

Se obtuvo la Relación de velocidad esta fue:

$$R = 450/25$$

$$R = 18$$

Luego según esta relación de transmisión se seleccionaron los diámetros recomendados y estos fueron:

D1: diámetro del eje motriz.

D2: Diámetro del eje conducido.

D1: 2.2 in

D2: 33.5 in

Determinación de la distancia entre centros y el largo de la banda

Se lo obtuvo de la siguiente manera:

$$C = (D + 3d)/2$$

$$C = [33 + 3(2.2)]/2$$

$$C = 19.8 \text{ pulgadas}$$

Así mismo el largo de la banda L_b se lo calculó con la siguiente fórmula:

$$L_b = 2C + 1.57(D+d) + (D-d)^2 / 4C$$

$$L_b = 2(19.8) + 1.57(33.5 + 2.2) + (33.5 - 2.2)^2 / 4(19.8)$$

$$L_b = 40.57 \text{ pulgadas}$$

Sistema motriz.

En esta sección primero se calculó el volumen usando la Ecuación 4, donde:

$$D_e = 3 \text{ metros}$$

$$D_i = 2.987 \text{ metros}$$

$$L = 6 \text{ metros}$$

Por lo que obtenemos que:

$$V = 0.36709 \text{ m}^3$$

Luego se calculó la masa reemplazando los datos en la ecuación 3, sabiendo que la densidad del acero es 7850 kg/m^3 :

$$7850 \text{ kg/m}^3 * 0.36709 \text{ m}^3 = m_{cil}$$

$$m_{cil} = 1681 \text{ kg}$$

Una vez calculada la masa del cilindro se obtuvo la Inercia del sistema, y se asumió un cilindro de pared delgada ya que el espesor es de 3 mm, y la inercia fue de:

$$I = m_{cil} * r_i^2$$

$$I = 3782 \text{ kg} - \text{m}^2$$

Para calcular el par motor, que nos dará la fuerza necesaria del motor para vencer la Inercia, se necesitó además calcular la aceleración angular con la que girará nuestro cilindro. Como se sabe este a razón de 25 RPM que son equivalentes a 2.6 rad/seg. Entonces la aceleración mínima angular para esto se calculó de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{w}{t}$$

El tiempo se lo obtuvo como sigue:

$$t = \frac{2\pi}{w}$$

$$t = \frac{2\pi}{2.6 \text{ rad/seg}}$$

$$t = 3.5 \text{ seg}$$

Reemplazando en la ecuación 5 obtuvimos:

$$\alpha = \frac{2.6 \text{ rad/seg}}{3.5 \text{ seg}}$$

$$\alpha = 0.514 \text{ rad/seg}^2$$

Una vez obtenidos estos resultados se procedió a calcular el par motor para vencer la inercia con la siguiente ecuación:

$$T = I * \alpha$$

Donde.

T: es el par motor

α : Es la aceleración angular.

Reemplazando los datos obtenidos en la ecuación anterior se obtuvo:

$$T = 3782.25 \text{ kg} - \text{m}^2 * 0.514 \text{ rad/seg}^2$$

$$T = 1944.1 \text{ N} - \text{m}$$

De aquí se calculó la potencia necesaria que es.

$$P = T * \omega$$

$$P = 1944.1 \text{ N} - \text{m} * 1.8 \text{ rad/seg}$$

$$P = 3499.3 \text{ w}$$

$$P = 4.69 \text{ HP}$$

Una vez obtenida la potencia del motor se calculó el factor de servicio, cuya fórmula es:

$$FS = C1 * C2 * C3$$

Basándonos en la Tabla 8. Se obtuvieron los coeficientes para el cálculo estos fueron:

C1: 1 debido a que el motor trabajará a carga media por no más de dos horas diarias

C2: 1 Porque el número de arranques será de hasta 10 en una hora

C3: 1.15 porque la temperatura en la ciudad puede bordear a veces los

Así el factor de servicio está dado por:

$$FS = 1 * 1 * 1.15$$

$$FS = 1.15$$

Y la potencia total del motor está dada por:

$$Pt = 4.69 * 1.15$$

$$Pt = 5.3 \text{ HP}$$

Se definió que el sistema motriz era una de las partes más importantes ya que este es el que le daría el giro al cilindro, así se estableció la velocidad de giro del cilindro que es de 2.6 rad/seg. Luego con esta velocidad y definiendo los valores de inercia para el sistema se calculó la potencia necesaria del motor para dar movimiento al cilindro, obteniendo un motor de 6 HP.

Pero por catálogo de motores WEG se seleccionó un motor de 7.5 HP con 450 RPM

Diseño estructural de la plataforma.

El diseño estructural de la plataforma está basado en un bosquejo sencillo pero muy seguro, los perfiles elegidos para este trabajo son IPE 120, cuyas propiedades se detallan en el apéndice B, además es un perfil muy comercial. El diseño estructural de la plataforma quedó definido de la siguiente manera:

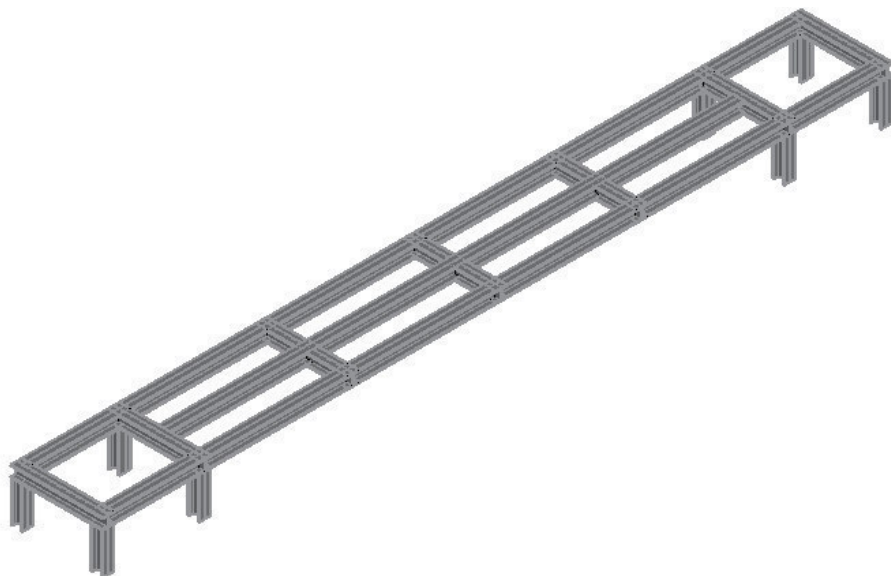


Figura 3- 3 Diseño estructural de la plataforma.

Para analizar si este diseño cumple con los requisitos deseados y puede soportar el tránsito de las personas, se utilizó la ayuda de Inventor y mediante un análisis de esfuerzos se obtuvo que la máxima deflexión que soporta la plataforma es de 2.87 mm por lo que asumimos que estos perfiles son los indicados para el trabajo y la plataforma cumplirá su función.

A continuación se muestran los resultados más significativos.

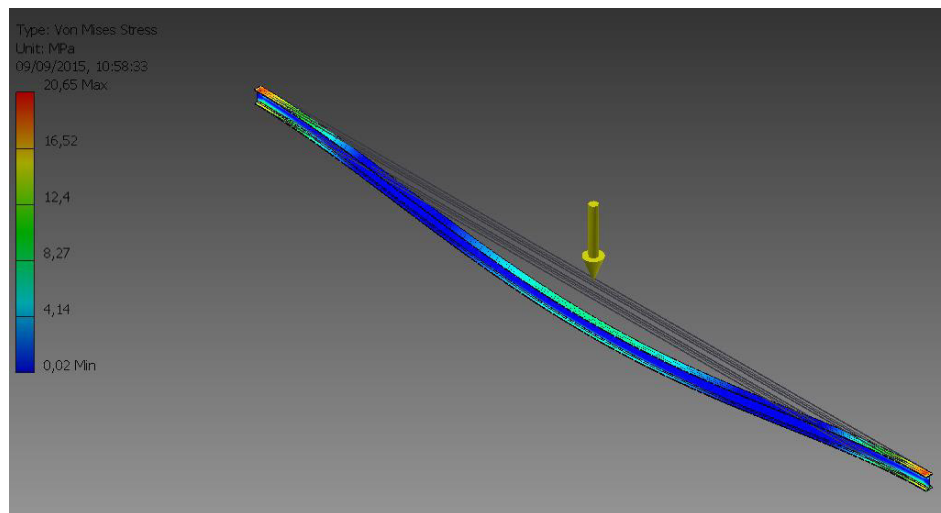


Figura 3- 4 Análisis de esfuerzos usando un software de Diseño

En la figura 3-4, se puede observar claramente el análisis de esfuerzos para la viga principal, donde además se nota por los colores que los máximos esfuerzos están ubicados en los extremos. También el análisis nos permite determinar que al usar este perfil la deflexión máxima es de 2.87 mm para la carga máxima equivalente al peso de una persona igual a 150 Kg.

También se realiza el análisis de esfuerzo de la plataforma en conjunto
Que se muestra a continuación en la figura 3-5

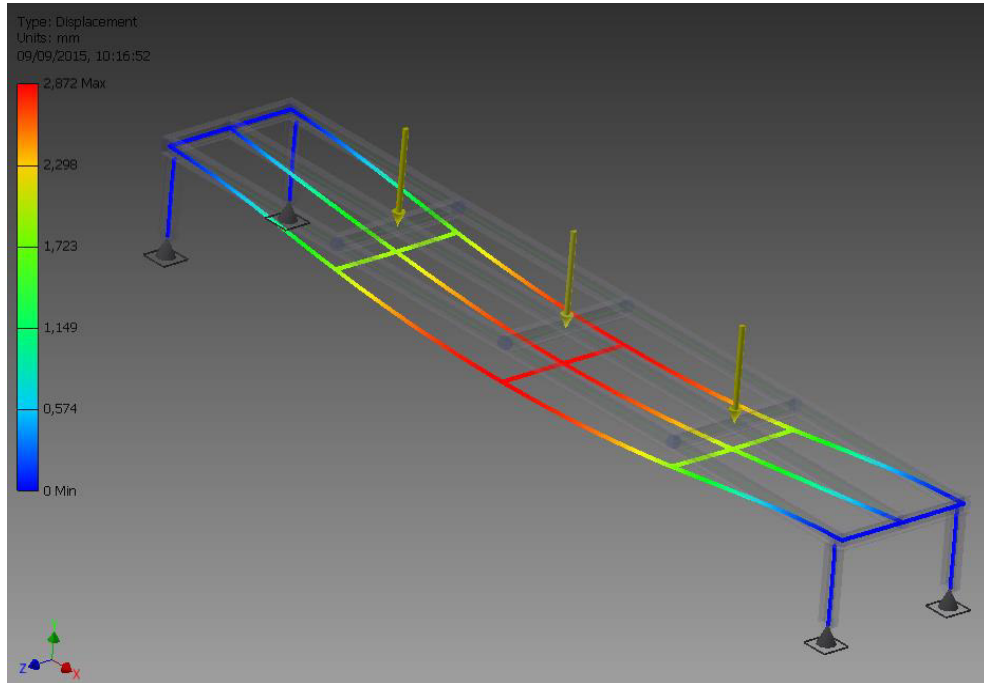


Figura 3- 5 Análisis de esfuerzos de la plataforma usando un software de Diseño

En la figura 3-5 se puede notar el análisis de esfuerzos de la plataforma en conjunto, y uno de los resultados más interesantes es que se obtiene una deflexión máxima de 2.8 mm, por lo que se concluye que soportará el tránsito de las personas mientras crucen a través de esta.

Además en el apéndice C se detallan los demás resultados obtenidos por el software de diseño.

Esfuerzos sobre el cilindro.

Se calculó la carga total de diseño y esta fue:

$$W_T = 1681 \text{ Kg} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

$$W_T = 1681 \text{ Kg} * 9.8 \text{ m/s}^2$$

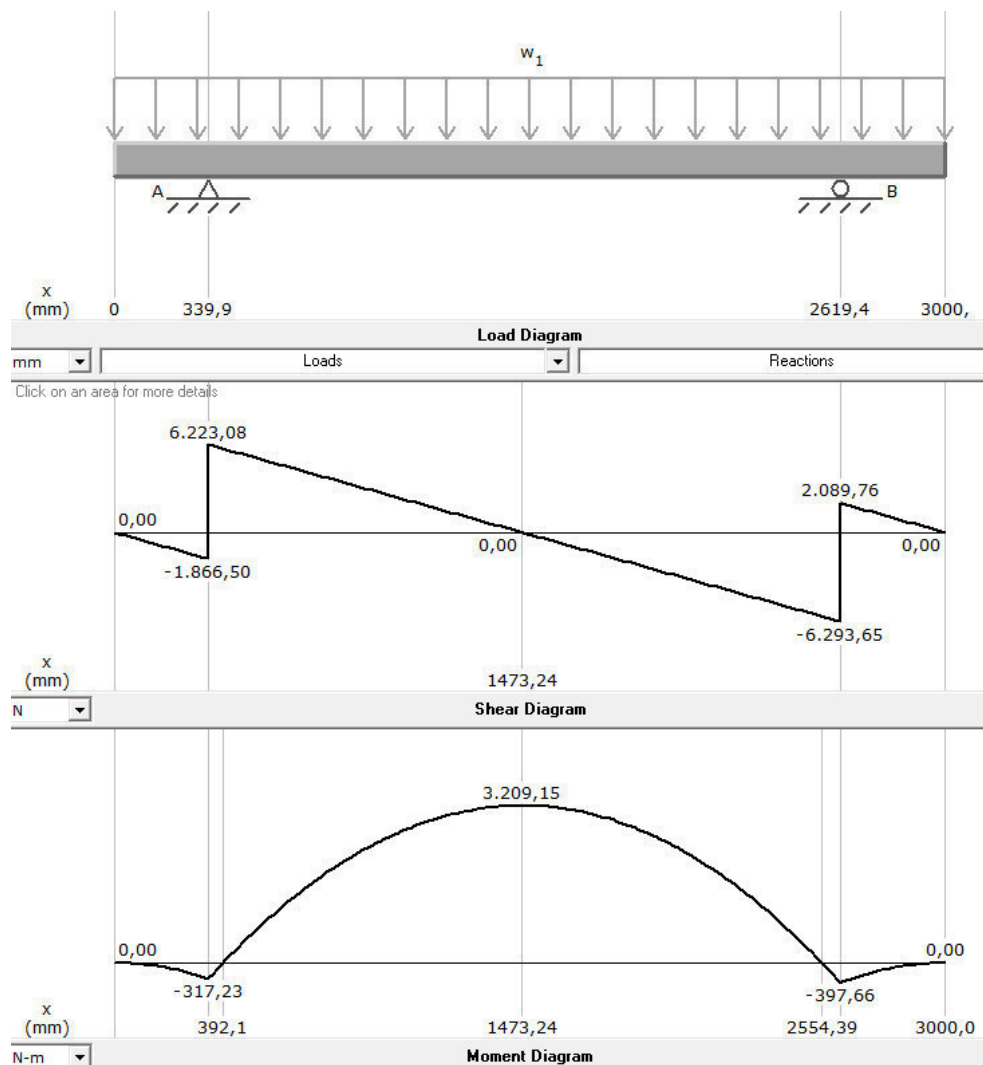
$$W_T = 16473.8 \text{ N}$$

Así se obtuvo w:

$$w = \frac{16473.8}{3}$$

$$w = 5491 \text{ N/m}$$

Usando el programa Md Solid se obtuvo:



Se obtuvieron las reacciones en los apoyos y el momento máximo, y estos fueron:

$$R_a = 8089.58 \text{ N}$$

$$R_b = 8383.41 \text{ N}$$

$$M_{\max} = 3209.15 \text{ N m}$$

Resistencia del cilindro.

El módulo de la sección resultó ser de:

$$Z = \frac{\pi}{32} \left(\frac{3^4 - 2.987^4}{3} \right)$$

Donde:

$$Z = 0.45 \text{ m}^3$$

Luego se calculó el esfuerzo máximo:

$$\sigma_{\max} = \frac{3209.15}{0.45}$$

$$\sigma_{\max} = 0.71 \times 10^6$$

Comparando este esfuerzo con el límite permisible para acero ASTM A-36 se puede concluir que no fallará por flexión y el cilindro resistirá.

Análisis económico.

En esta sección se listó los materiales necesarios para la construcción de la exhibición, así como de equipos y los trabajos necesarios para la consecución del proyecto.

Como resultado sobresaliente se pudo obtener que el costo total de la construcción y diseño del equipo bordea los \$ 8000 dólares y que si se importara un equipo desde el extranjero el costo sería de \$15000 dólares, por lo que se reporta un gran beneficio económico al diseñar y construir el equipo en nuestro país con materiales disponibles en el mercado y de fácil adquisición.

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En esta sección se presentarán las conclusiones obtenidas luego de realizar el diseño del túnel giratorio y la plataforma. También es importante mencionar que el presente trabajo es de gran importancia porque satisface la necesidad de ¡ajá! Parque de la Ciencia de diseñar una exhibición acorde a normativas específicas, y que sobre todo brinden seguridad y confianza tanto a los operarios de la exhibición como a las personas que la utilizarán.

Los resultados muestran claramente que en cuanto al factor económico y a los factores de seguridad y ergonómico, este proyecto es viable, sobre todo puede ser construido con materiales locales y sus partes son de fácil reposición.

Es importante destacar que este tipo de trabajos contribuye a una mejora en la manera en como ¡ajá! parque de la Ciencia viene desarrollando sus exhibiciones, este es el punto inicial de un nuevo sistema para la construcción el diseño y puesta en marcha de nuevos prototipos interactivos de ciencia para este proyecto.

4.1 **Conclusiones**

1. Se alcanzó el objetivo de diseñar el túnel giratorio y además de la plataforma que atravesará dicho túnel basados en normas disponibles, en cuanto al acceso de personas y el tránsito de las mismas, y de requerimientos establecidos por ¡ajá! parque de la ciencia
2. Se elaboró planos de construcción del cilindro y la plataforma, además de un listado de materiales necesarios para la construcción de esta exhibición.
3. Se puede determinar mediante el análisis económico que es factible y más conveniente diseñar y construir este equipo en nuestro país, con materiales comerciales y de fácil reposición, en caso de requerir un mantenimiento.
4. Con este trabajo se mejora totalmente la calidad de exhibiciones construidas en el proyecto ¡ajá! parque de la ciencia.

4.2 **Recomendaciones**

1. Se recomienda la construcción de la máquina y durante el proceso consultar con el diseñador por cambios o algunas modificaciones del diseño inicial.
2. Se recomienda realizar una lista de partes que requieran mantenimiento periódico, así como un análisis de costos del mantenimiento mensual que tendrá esta exhibición.
3. Se recomienda inspeccionar de manera periódica los elementos de seguridad del proyecto así se evitarían accidentes por falta de mantenimiento o descuido de estos elementos.
4. Por tratarse de un diseño podrán realizarse cambios al momento de la ejecución de este proyecto, siempre y cuando no se alteren los parámetros básicos previamente establecidos.

BIBLIOGRAFÍA

Espinoza, J. (2011). “ Diseño de un Túnel para Lavado Exterior de los Cilindros GLP 15 KG”. Guayaquil, Ecuador.

<http://acer.forestales.upm.es/basicas/udfisica/asignaturas/fisica/solido/minercia.html>.

(s.f.).

<http://www.infoplcn.net/documentacion/21-motion-control-motores/1823-5-pasos-para-elegir-el-mejor-motor-para-su-aplicacion>. (s.f.).

<https://prezi.com/fxbd10bo9lfm/mecanismos-de-transmision-y-transformacion-del-movimiento/>. (s.f.).

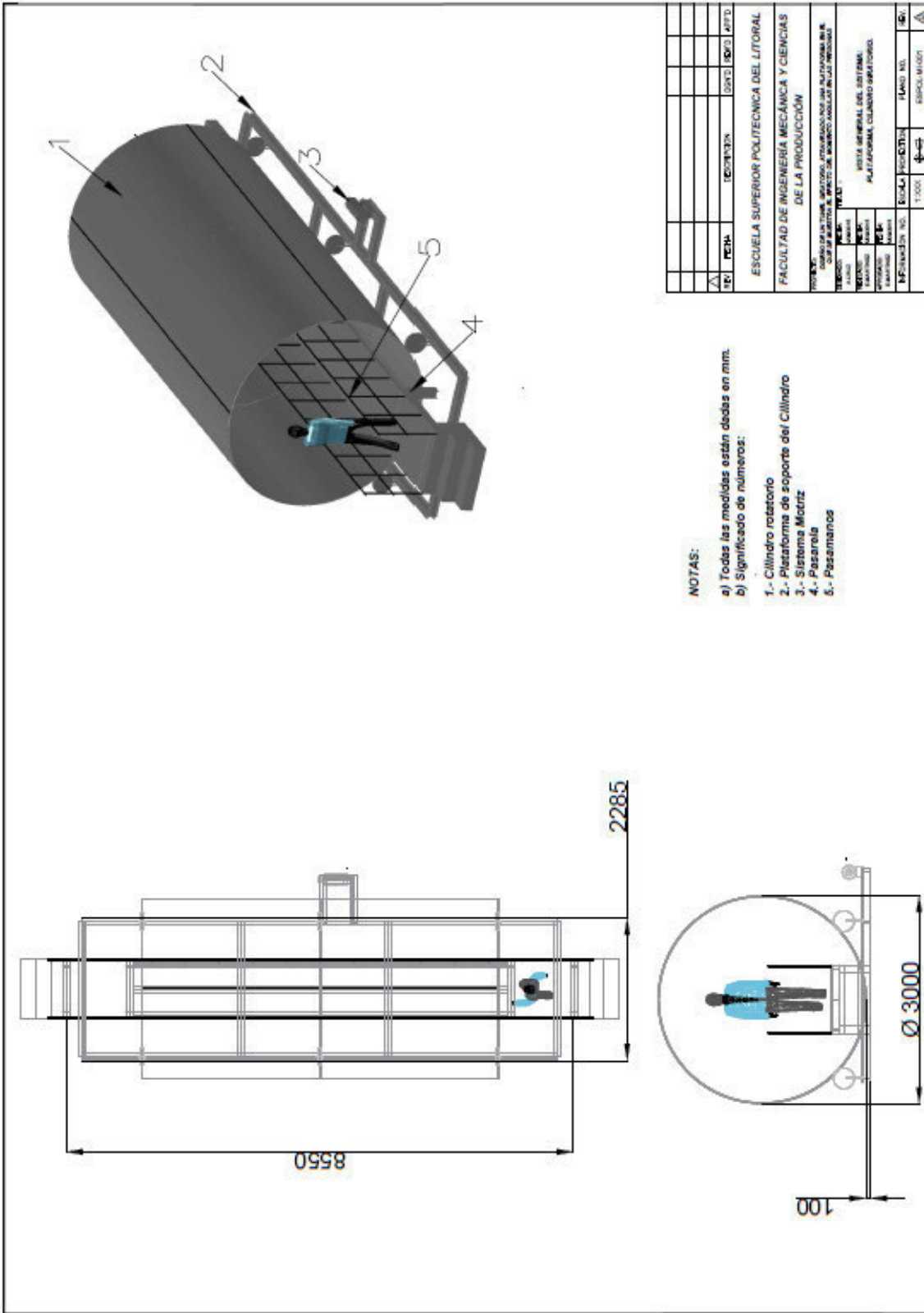
Nisbett, j. k.-B. (2008). *Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley*. México: McGraw-Hill Interamericana.

Norton, R. L. (2008). *Diseño de Maquinarias*. México: Pearson, Educación.

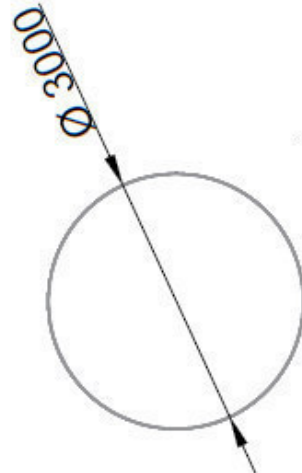
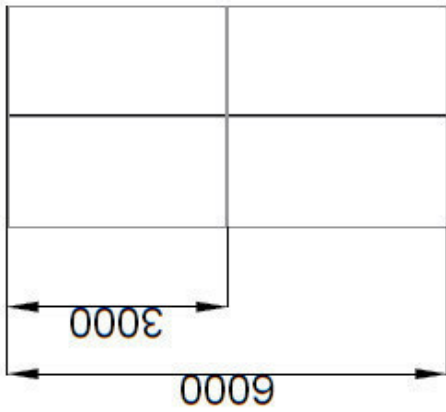
Norton, R. L. (2011). *Diseño de máquinas un enfoque a la ingeniería*. México: Pearson Educación.

APÉNDICES

APÉNDICE A
Planos Esquemáticos



Plano 1. Vista General del sistema, plataforma cilindro giratorio

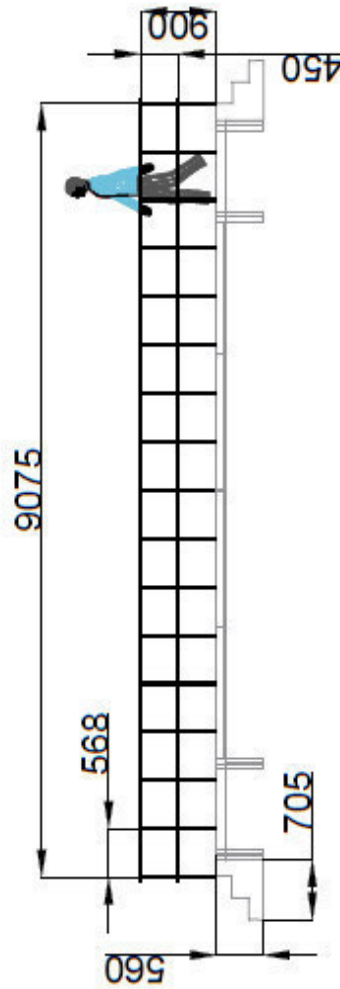
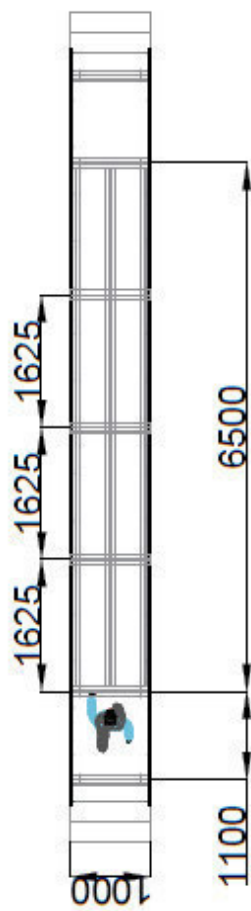
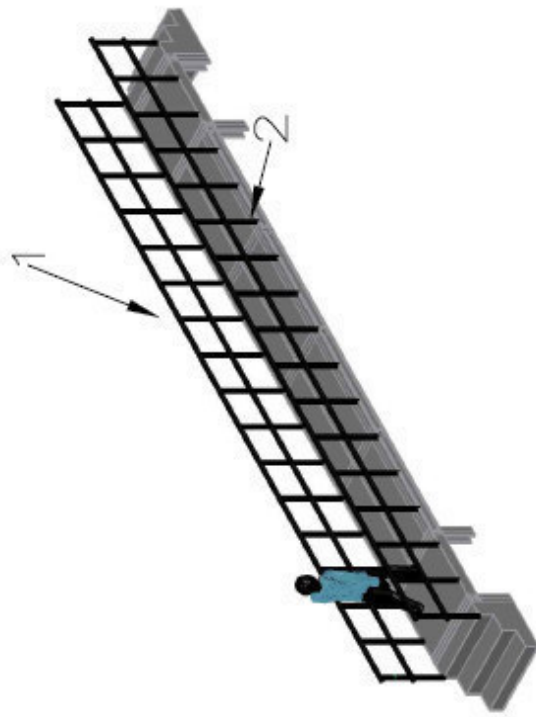


NOTAS:

- a) Todas las medidas están dadas en mm.

FECHA	DESCRIPCIÓN	DIBO	REV	APRO
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN				
NOMBRE: _____ CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA TÍTULO: TÍTULO I ASIGNATURA: MECÁNICA DE MÁQUINAS LABORATORIO: MECÁNICA DE MÁQUINAS PRÁCTICA: MECÁNICA DE MÁQUINAS TEMA: MECÁNICA DE MÁQUINAS				
CILINDRO ROTATORIO				
ESCALA	PROYECCIÓN	PLANO NO.	REV.	
1:000	1		1	

Plano 2. Cilindro rotatorio



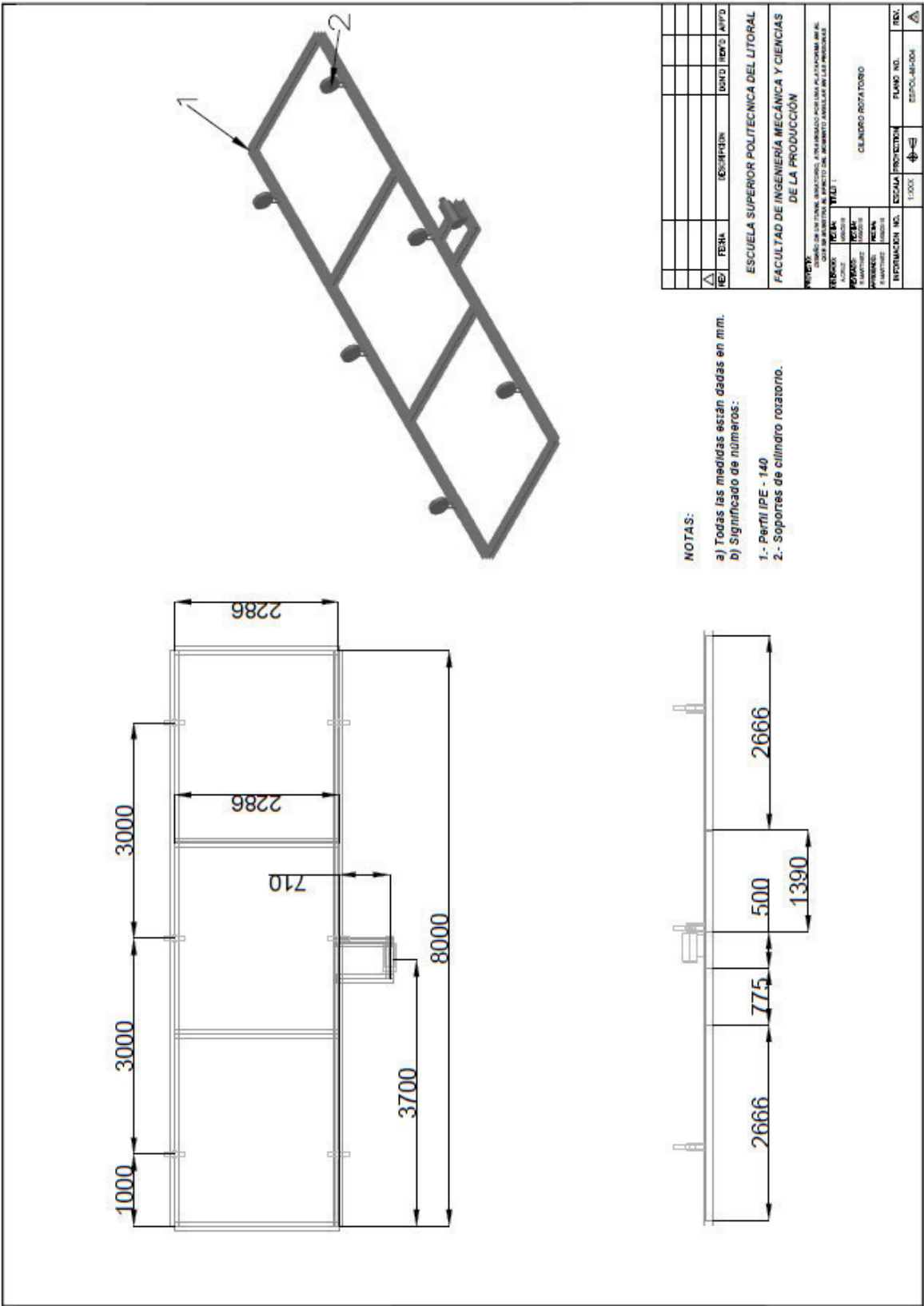
NOTAS:

- a) Todas las medidas están dadas en mm.
- b) Significado de números:

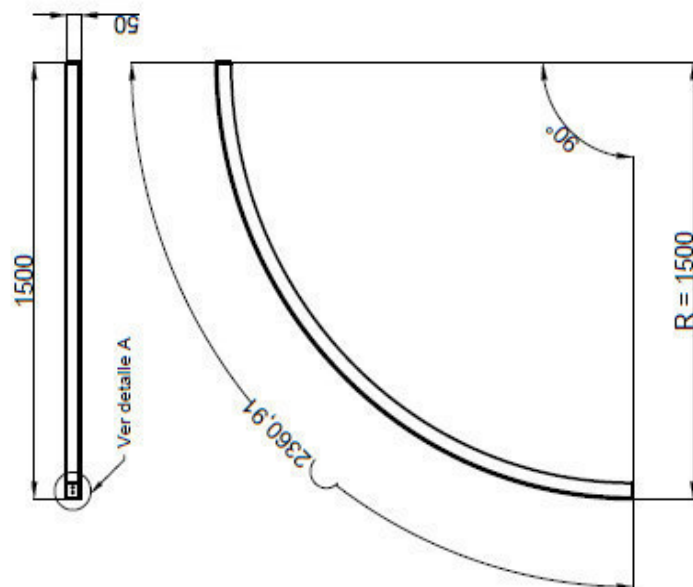
- 1.- pasamanos diseñado según norma COVENIN 2255-40
- 2.- Viga IPE - 120

NO.	FECHA	DESIGNACIÓN	CONVO	REVISIÓN	APROB
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL					
FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN					
PRESENTA: FRANCISCO ESTEBAN GARCÍA C.I. 13.118.310 TITULO: INGENIERO EN INGENIERIA MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN OBJETIVO: ELABORAR EL PROYECTO DEL SISTEMA DE PASARELA PARA PASARELA					
TEMÁTICA:	TEMÁTICA:	TEMÁTICA:	TEMÁTICA:	TEMÁTICA:	TEMÁTICA:
ALCANTARILLADO:	ALCANTARILLADO:	ALCANTARILLADO:	ALCANTARILLADO:	ALCANTARILLADO:	ALCANTARILLADO:
PROYECTO:	PROYECTO:	PROYECTO:	PROYECTO:	PROYECTO:	PROYECTO:
ALCANTARILLADO:	ALCANTARILLADO:	ALCANTARILLADO:	ALCANTARILLADO:	ALCANTARILLADO:	ALCANTARILLADO:
PROYECTO:	PROYECTO:	PROYECTO:	PROYECTO:	PROYECTO:	PROYECTO:
ALCANTARILLADO:	ALCANTARILLADO:	ALCANTARILLADO:	ALCANTARILLADO:	ALCANTARILLADO:	ALCANTARILLADO:
UNIVERSIDAD POLITECNICA DEL LITORAL					
ESCALA: 1:1000					
INFORMACIÓN NO. 4-8-8					
PLAN NO. 003					
REF. 1					

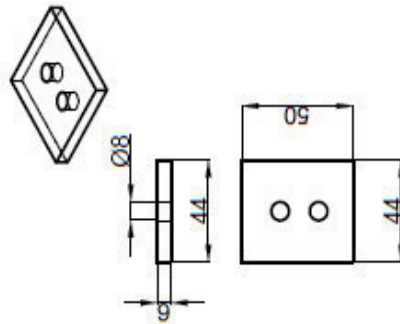
Plano 3. Pasarela



Plano 4. Soporte de Cilindro Rotatorio.



Detalle A
Placa de sujeción de partes del anillo de rotación



NOTAS:

- a) Todas las medidas están dadas en mm.
- b) el material usado es ASTM A-36
- c) Se necesitan 40 placas de sujeción para armar la estructura en su totalidad

NO.	FECHA	DESCRIPCION	DOYO	BOYO	APPS

ESUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCION	
PROYECTO: DISEÑO DE UN TANQUE ROTACIONAL PARA LA PLANTILLA DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL	
TITULO I	
PROFESOR: NERY	COLONDO ROTATORIO
ALUMNO: NERY	GENERA
ASIGNATURA: NERY	GENERA
FECHA DE ENTREGA: NERY	GENERA
INFORMACION NO.:	ESCALA: PROYECTOS
1-000	PLANO NO.:
1-000	ESPOL-44-002

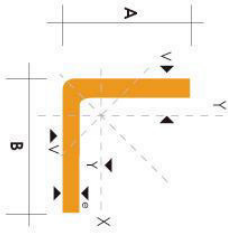
Plano 5 Cilindro; detalles

APÉNDICE B
Propiedades de materiales

ANGULOS "L" DOBLADO

PERFILES ESTRUCTURALES ANGULOS "L" DOBLADO Especificaciones Generales

Norma: NEN 1 623:2000
 Otras calidades: Previa consulta
 Largo normal: 6,0m
 Otros largos: Previa consulta
 Espesores: Desde 1,5mm hasta 120mm
 Acabado: Natural
 Olio ecobado: Previa consulta



DIMENSIONES		PESOS		SECCION		EJE X-X' = EJE Y-Y'		EJE U-U		EJE V-V	
A	B	e	6 metros	1 metro	I	W	I	X-Y	I	I	I
mm	mm	mm	Kg	Kg	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm	cm	cm
25	25	2	4,38	0,73	0,93	0,57	0,78	0,72	0,99	0,47	0,47
25	25	3	6,36	1,06	1,35	0,79	0,76	0,77	0,98	0,44	0,44
30	30	2	5,34	0,89	1,13	1,00	0,89	0,94	1,20	0,58	0,58
30	30	3	7,80	1,30	1,65	1,41	0,67	0,89	1,18	0,55	0,55
30	30	4	10,08	1,68	2,14	1,80	0,88	0,92	1,17	0,52	0,52
40	40	2	7,20	1,20	1,53	2,44	0,84	1,26	1,09	1,61	0,78
40	40	3	10,62	1,77	2,25	3,50	1,22	1,25	1,14	1,59	0,76
40	40	4	13,86	2,31	2,94	4,46	1,58	1,23	1,19	1,58	0,78
40	40	5	16,62	2,82	3,59	5,31	1,91	1,22	1,23	0,73	0,73
50	50	2	9,12	1,52	1,93	4,86	1,33	1,56	1,34	2,01	0,98
50	50	3	13,44	2,24	2,95	7,03	1,95	1,57	1,39	2,00	0,96
50	50	4	17,64	2,94	3,74	9,04	2,53	1,56	1,43	1,98	0,94
50	50	5	21,60	3,60	4,59	10,88	3,09	1,54	1,48	1,97	0,93
50	50	6	25,92	4,32	5,40	12,57	3,62	1,53	1,53	1,96	0,90
60	60	3	16,26	2,71	3,45	12,37	2,84	1,89	1,64	2,41	1,16
60	60	4	21,36	3,66	4,54	16,00	3,71	1,88	1,68	2,39	1,15
60	60	5	26,34	4,59	5,59	19,40	4,54	1,88	1,73	2,38	1,13
60	60	6	31,68	5,28	6,50	22,56	5,35	1,85	1,78	2,37	1,11
60	60	8	41,04	6,84	8,55	28,21	6,85	1,82	1,88	2,34	1,05
75	75	3	19,56	3,26	4,35	24,60	4,48	2,38	2,01	3,02	1,48
75	75	4	27,06	4,51	5,74	32,02	5,88	2,36	2,06	3,00	1,45
75	75	5	33,42	5,57	7,09	39,08	7,25	2,35	2,11	2,99	1,43
75	75	6	40,32	6,72	8,40	45,78	8,57	2,33	2,16	2,97	1,40
75	75	8	52,56	8,76	10,95	58,03	11,05	2,30	2,25	2,95	1,37
75	75	10	64,92	10,82	13,36	68,89	13,38	2,27	2,35	2,92	1,32
80	80	4	28,92	4,82	6,14	39,10	6,72	2,52	2,18	3,21	1,56
80	80	5	35,76	5,96	7,59	47,79	8,28	2,51	2,23	3,20	1,54
80	80	6	43,20	7,20	9,00	56,05	9,80	2,49	2,28	3,18	1,51
80	80	8	56,40	9,40	11,75	71,32	12,67	2,46	2,37	3,16	1,46
80	80	10	68,94	11,49	14,36	84,94	15,36	2,43	2,47	3,13	1,43
80	80	12	81,78	13,63	16,83	97,05	17,87	2,40	2,57	3,10	1,38

También en galvanizado e inoxidable - Medidas Especiales Bajo Pedido.

Continuación del cuadro anterior

DIMENSIONES		PESOS		SECCION		EJE X-X' = EJE Y-Y'		EJE U-U		EJE V-V	
A	B	e	6 metros	1 metro	I	W	I	X-Y	I	I	I
mm	mm	mm	Kg	Kg	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm	cm	cm
100	100	5	45,18	7,53	9,59	95,50	13,10	3,16	2,73	4,01	1,95
100	100	6	54,72	9,12	11,40	112,50	15,58	3,14	2,78	4,00	1,92
100	100	8	71,76	11,96	14,95	144,63	20,29	3,11	2,87	3,97	1,89
100	100	10	88,14	14,66	18,36	173,85	24,73	3,08	2,97	3,94	1,83
100	100	12	105,12	17,52	21,63	201,12	28,98	3,05	3,06	3,92	1,82
100	100	14	120,42	20,07	24,78	225,60	32,98	3,02	3,16	3,89	1,75
125	125	5	56,94	9,49	12,10	190,00	20,80	3,96	3,35	5,03	2,46
125	125	6	69,12	11,52	14,40	224,55	24,67	3,95	3,40	5,02	2,44
125	125	8	90,96	15,16	18,95	290,90	32,29	3,92	3,49	4,99	2,47
125	125	10	112,14	18,69	23,36	353,10	39,63	3,89	3,59	4,96	2,35
125	125	12	134,28	22,38	27,63	411,29	46,63	3,86	3,68	4,94	2,32
125	125	14	154,44	25,74	31,78	465,43	53,38	3,83	3,78	4,91	2,27
150	150	6	83,52	13,92	17,40	393,59	35,88	4,75	4,03	6,04	2,94
150	150	8	110,16	18,36	22,95	512,45	47,10	4,72	4,12	6,01	2,92
150	150	10	136,14	22,66	28,36	625,31	57,55	4,69	4,21	5,98	2,87
150	150	12	162,14	27,24	33,60	732,00	68,50	4,67	4,21	5,98	2,84
150	150	14	183,60	30,50	37,78	833,33	78,62	4,64	4,40	5,93	2,79
150	150	16	199,18	33,53	41,44	931,44	88,14	4,61	4,65	5,93	2,79
175	175	6	131,22	21,87	26,90	825,00	64,70	5,53	4,74	7,03	3,43
175	175	8	160,20	28,70	33,40	1010,00	79,80	5,50	4,84	7,01	3,39
175	175	10	192,54	32,06	39,60	1190,00	94,50	5,47	4,83	6,98	3,35
175	175	12	222,24	37,04	45,80	1380,00	109,50	5,44	5,03	6,95	3,33
200	200	6	112,32	18,72	23,40	949,53	64,50	6,37	5,28	8,08	3,95
200	200	8	148,56	24,76	30,95	1243,96	85,02	6,34	5,37	8,05	3,92
200	200	10	181,14	30,69	38,36	1527,52	105,05	6,31	5,46	8,02	3,89
200	200	12	211,14	36,94	45,60	1800,00	125,00	6,28	5,55	8,00	3,86
200	200	14	250,26	42,71	52,80	2090,00	144,00	6,25	5,65	7,97	3,82
250	250	6	141,12	23,52	29,40	1874,06	101,46	7,98	6,53	10,12	4,97
250	250	8	186,96	31,16	38,95	2464,09	134,06	7,95	6,62	10,09	4,94
250	250	10	232,14	38,69	48,36	3037,01	166,04	7,92	6,71	10,06	4,93
250	250	12	280,08	46,68	57,63	3593,42	197,44	7,90	6,80	10,04	4,88
250	250	14	324,54	54,93	66,78	4132,57	228,32	7,87	6,90	10,01	4,82

También en galvanizado e inoxidable - Medidas Especiales Bajo Pedido.

ANGULOS "L" DOBLADO



DIPAC
PRODUCTOS DE ACERO



DIPAC
PRODUCTOS DE ACERO

HEB

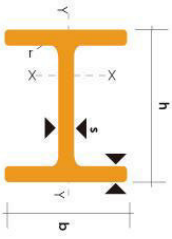
PERFILES LAMINADOS HEB

Especificaciones Generales

Calidad ASTM A36
Otras calidades Prevía Consulta
Largo nominal 6,00m y 12,00m
Otros largos Prevía Consulta
Acabado Natural
Otro acabado Prevía Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES					SECCION PESOS			TIPOS			
	h	b	s	t	r	cm ²	Kg/m	K	I _x	I _y	W _x	W _y
	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	Kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³	cm ³
HEB 100	100	100	6,00	10,00	12	26,00	20,40	450	167	89	33,50	
HEB 120	120	120	6,50	11,00	12	34,00	26,70	864	318	144	52,90	
HEB 140	140	140	7,00	12,00	12	43,00	33,70	1910	550	216	78,50	
HEB 160	160	160	8,00	13,00	15	54,30	42,60	2490	889	311	111,00	
HEB 180	180	180	8,50	14,00	15	65,30	51,20	3830	1360	426	151,00	
HEB 200	200	200	9,00	15,00	18	78,10	61,30	5700	2000	570	200,00	
HEB 220	220	220	9,50	16,00	18	91,00	71,50	8090	2840	736	258,00	
HEB 240	240	240	10,00	17,00	21	106,00	83,20	11260	3820	938	327,00	
HEB 260	260	260	10,00	17,50	24	118,00	93,00	14620	5130	1150	385,00	
HEB 280	280	280	10,50	18,00	24	131,00	103,00	19270	6590	1380	471,00	
HEB 300	300	300	11,00	18,00	27	148,00	117,00	25170	8560	1680	571,00	
HEB 320	320	300	11,50	20,50	27	161,00	127,00	30820	9240	1930	619,00	

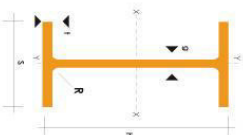


10

www.dipacmanta.com

www.dipacmanta.com

11



IPE

PERFILES LAMINADOS IPE

Especificaciones Generales

Calidad ASTM A36
Otras calidades Prevía Consulta
Largo nominal 6,00m y 12,00m
Otros largos Prevía Consulta
Acabado Natural
Otro acabado Prevía Consulta



DENOMINACION	DIMENSIONES					SECCION PESOS			TIPOS		
	h	s	g	t	R	cm ²	kg/m	I _x	I _y	W _x	W _y
	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	cm ³
IPE 80	80	46	3,80	5,20	5	7,64	6,00	80	8,49	20,00	3,68
IPE 100	100	55	4,10	5,70	5	10,30	8,10	171	15,90	34,20	5,79
IPE 120	120	64	4,40	6,30	5	13,20	10,40	318	27,70	53,00	8,65
IPE 140	140	73	4,70	6,90	7	16,40	12,90	541	44,90	77,30	12,30
IPE 160	160	82	5,00	7,40	7	20,10	15,80	869	68,30	109,00	16,70
IPE 180	180	91	5,30	8,00	7	23,90	18,80	1320	101,00	140,00	22,20
IPE 200	200	100	5,60	8,50	9	28,50	22,40	1940	142,00	194,00	28,50
IPE 220	220	110	5,90	9,20	9	33,40	26,20	2770	205,00	252,00	37,30
IPE 240	240	120	6,20	9,80	12	39,10	30,70	3890	284,00	324,00	47,30
IPE 270	270	135	6,60	10,20	12	45,90	36,10	5790	420,00	429,00	62,20
IPE 300	300	150	7,10	10,70	15	53,80	42,20	8390	604,00	557,00	80,50
IPE 330	330	160	7,50	11,50	15	62,80	48,10	11770	788,00	713,00	98,50
IPE 360	360	170	8,00	12,50	18	72,70	57,10	16270	1040,00	904,00	123,00
IPE 400	400	180	8,60	13,50	18	84,50	63,30	23130	1320,00	1160,00	146,00
IPE 450	450	190	9,40	14,60	21	98,80	77,70	33740	1980,00	1500,00	176,00
IPE 500	500	200	10,20	16,00	21	116,00	90,70	48200	2140,00	1930,00	214,00
IPE 550	550	210	11,10	17,20	24	134,00	106,00	67120	2870,00	2440,00	254,00

APÉNDICE C
Análisis de Esfuerzos Obtenidos con Autodesk Inventor.

Stress Analysis Report



Analyzed File:	Assembly7.iam
Autodesk Inventor Version:	2014 (Build 180170000, 170)
Creation Date:	09/09/2015, 10:54
Simulation Author:	Administración
Summary:	

Project Info (iProperties)

Summary

Author Administración

Project

Part Number	Assembly7
Designer	Administración
Cost	0,00 €
Date Created	09/09/2015

Status

Design Status WorkInProgress

Physical

Mass	67,491 kg
Area	3091330 mm ²
Volume	8586640 mm ³
Center of Gravity	x=-8,44442 mm y=299,37 mm z=275,215 mm

Note: Physical values could be different from Physical values used by FEA reported below.

viga principal

General objective and settings:

Design Objective	Single Point
Simulation Type	Static Analysis
Last Modification Date	09/09/2015, 10:54
Detect and Eliminate Rigid Body Modes	No
Separate Stresses Across Contact Surfaces	No
Motion Loads Analysis	No

Mesh settings:

Avg. Element Size (fraction of model diameter)	0,1
Min. Element Size (fraction of avg. size)	0,2
Grading Factor	1,5
Max. Turn Angle	60 deg

Create Curved Mesh Elements	No
Use part based measure for Assembly mesh	Yes

Material(s)

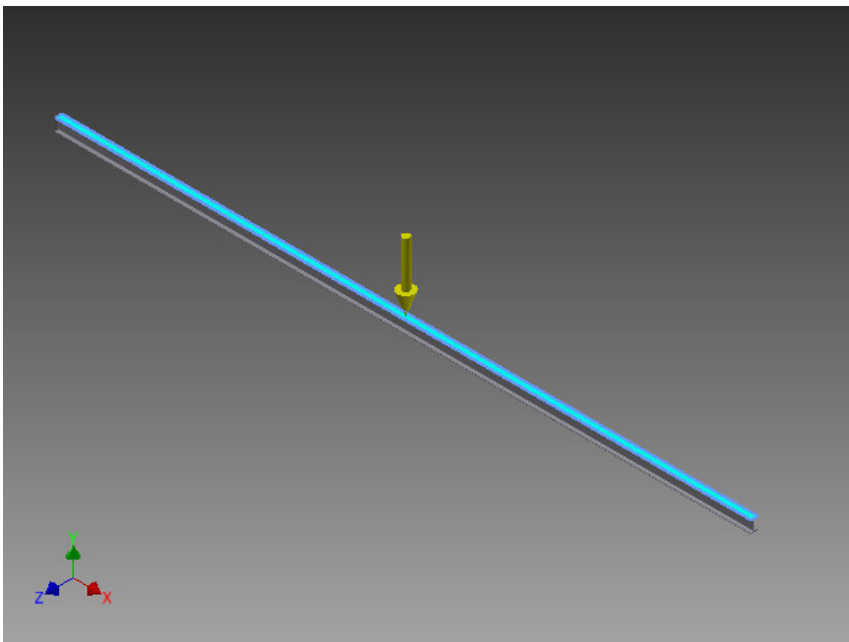
Name	Generic	
General	Mass Density	1 g/cm ³
	Yield Strength	0 MPa
	Ultimate Tensile Strength	0 MPa
Stress	Young's Modulus	0 GPa
	Poisson's Ratio	0 ul
	Shear Modulus	0 GPa
Part Name(s)	plataforma Skeleton0001	
Name	Steel, Mild	
General	Mass Density	7,86 g/cm ³
	Yield Strength	207 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345 MPa
Stress	Young's Modulus	220 GPa
	Poisson's Ratio	0,275 ul
	Shear Modulus	86,2745 GPa
Part Name(s)	DIN IPE 120 00000001	

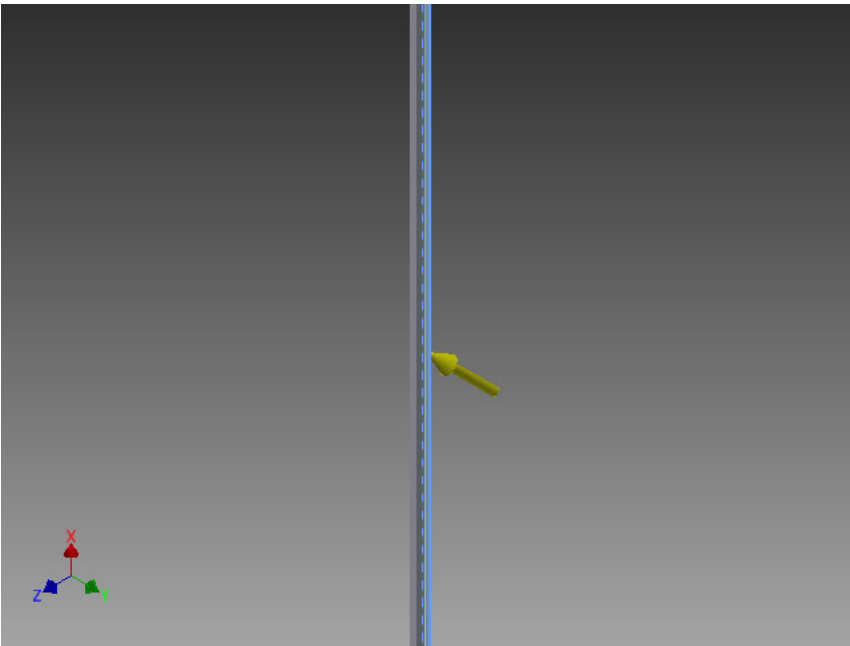
Operating conditions

Force:1

Load Type	Force
Magnitude	1960,000 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	-1960,000 N
Vector Z	0,000 N

Selected Face(s)

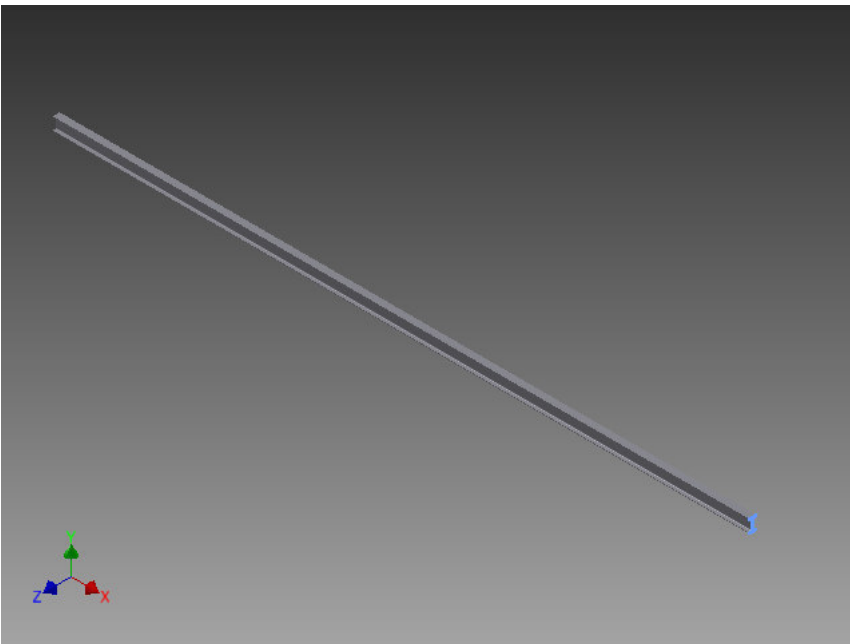




Fixed Constraint:1

Constraint Type Fixed Constraint

Selected Face(s)

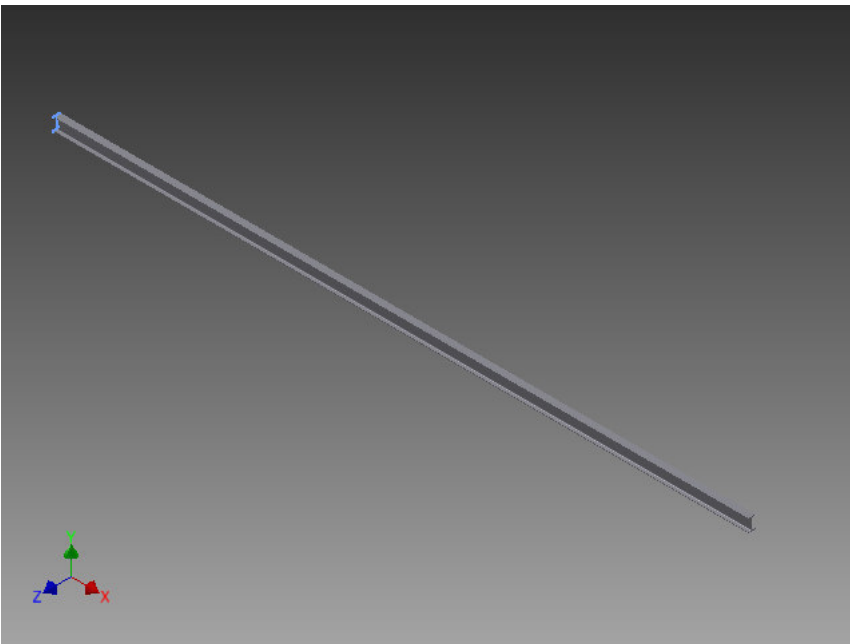


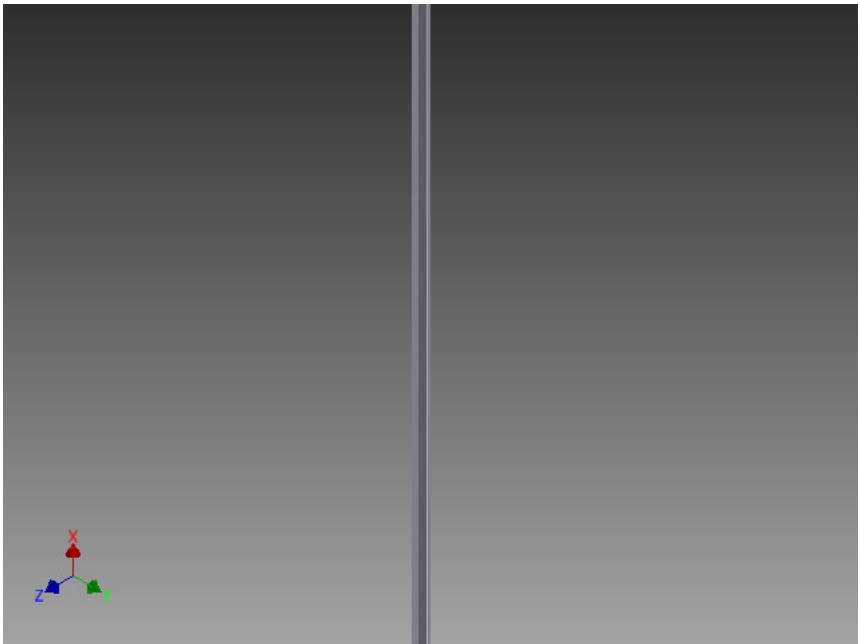


Fixed Constraint:2

Constraint Type Fixed Constraint

Selected Face(s)





☐ **Results**

☐ **Reaction Force and Moment on Constraints**

Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Component (X,Y,Z)	Magnitude	Component (X,Y,Z)
Fixed Constraint:1	981,447 N	0 N	1062,53 N m	0 N m
		981,447 N		0 N m
		0 N		-1062,53 N m
Fixed Constraint:2	978,039 N	0 N	1062,64 N m	0 N m
		978,039 N		0 N m
		0 N		1062,64 N m

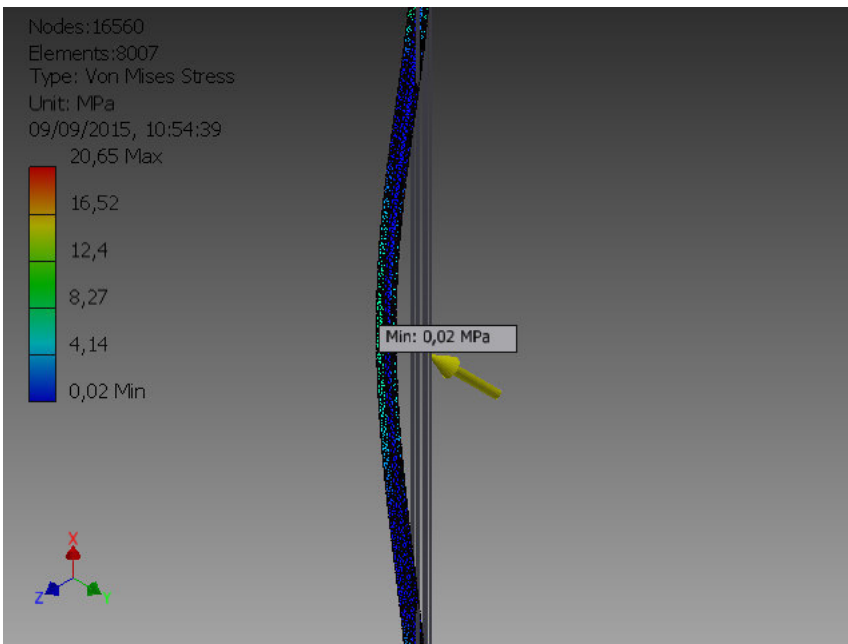
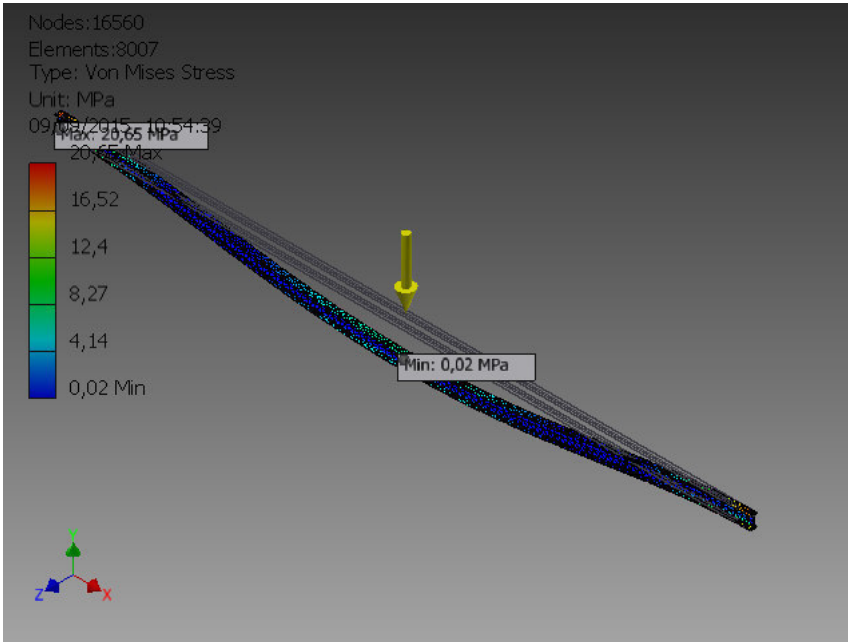
☐ **Result Summary**

Name	Minimum	Maximum
Volume	8586640 mm ³	
Mass	67,491 kg	
Von Mises Stress	0,0153837 MPa	20,65 MPa
1st Principal Stress	-8,03552 MPa	23,2347 MPa
3rd Principal Stress	-23,1639 MPa	8,03984 MPa
Displacement	0 mm	2,01039 mm
Safety Factor	10,0242 ul	15 ul
Stress XX	-22,6013 MPa	22,6581 MPa
Stress XY	-2,73479 MPa	2,75505 MPa
Stress XZ	-2,58201 MPa	2,60468 MPa
Stress YY	-8,57297 MPa	8,59451 MPa
Stress YZ	-0,742651 MPa	0,76926 MPa
Stress ZZ	-8,57295 MPa	8,59448 MPa
X Displacement	-0,0562309 mm	0,0562318 mm
Y Displacement	-2,01039 mm	0 mm
Z Displacement	-0,00150002 mm	0,001494 mm
Equivalent Strain	0,0000000595629 ul	0,0000809988 ul
1st Principal Strain	0,0000000529683 ul	0,0000891624 ul
3rd Principal Strain	-0,0000895588 ul	-0,0000000498961 ul
Strain XX	-0,000089481 ul	0,0000890491 ul
Strain XY	-0,0000158493 ul	0,0000159668 ul
Strain XZ	-0,0000149639 ul	0,0000150953 ul

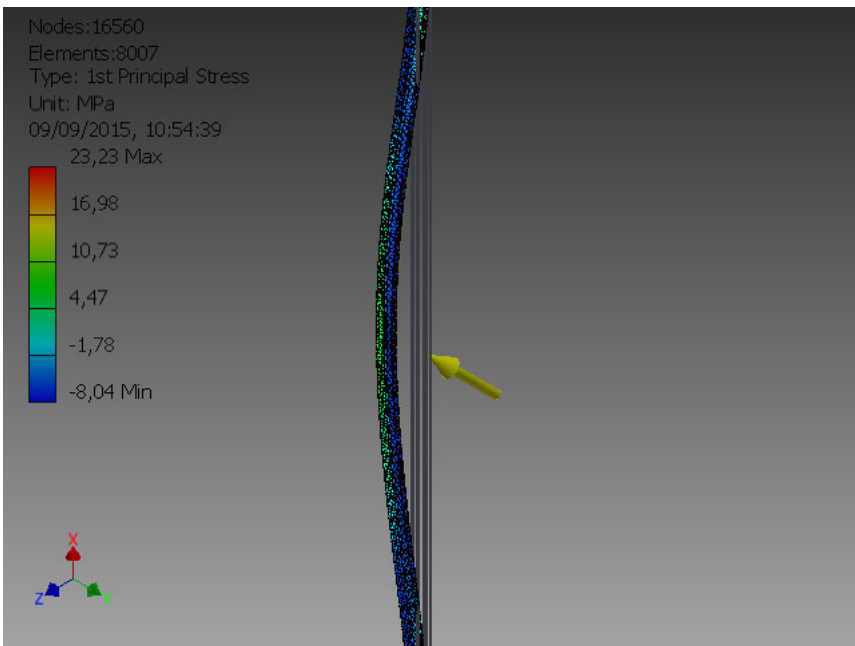
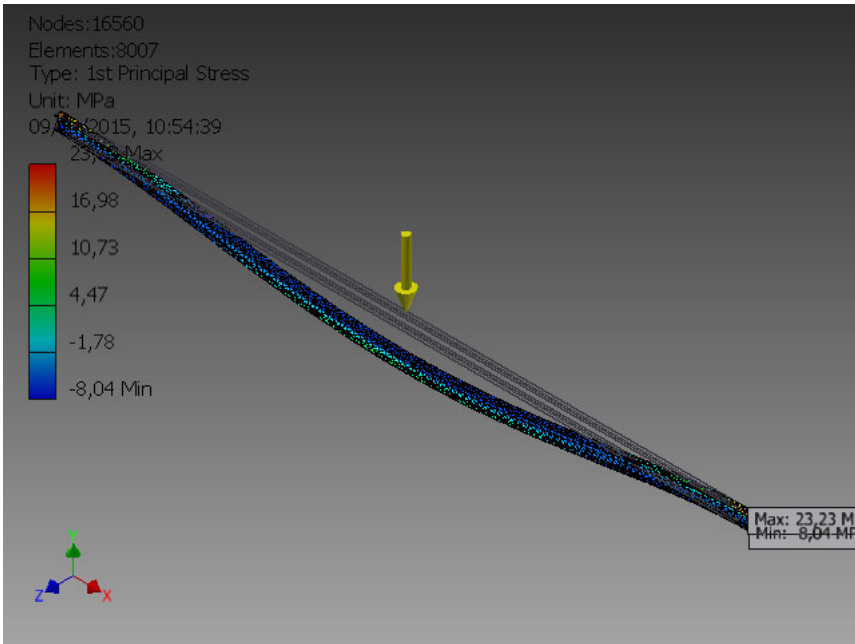
Strain YY	-0,0000311849 ul	0,0000333908 ul
Strain YZ	-0,000004304 ul	0,00000445821 ul
Strain ZZ	-0,0000288282 ul	0,0000287077 ul

Figures

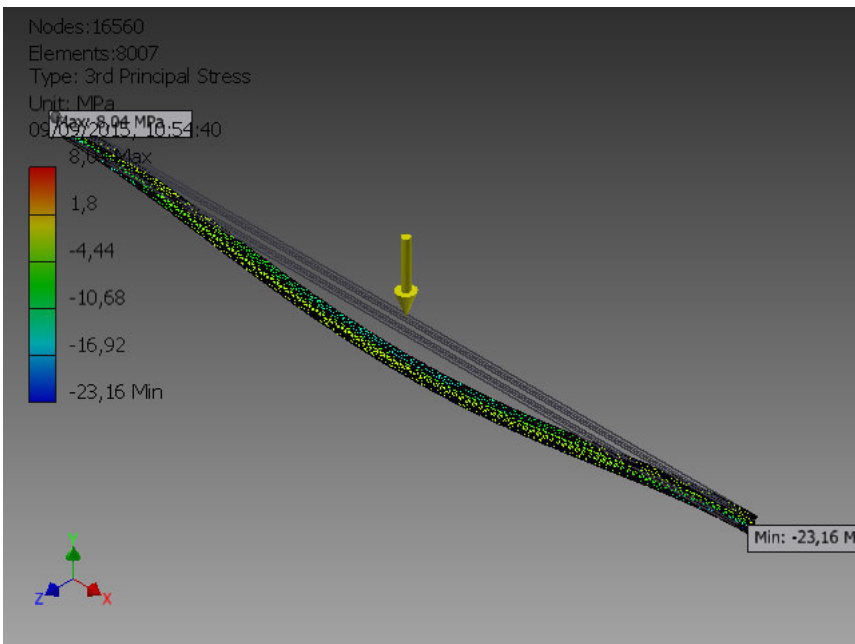
Von Mises Stress

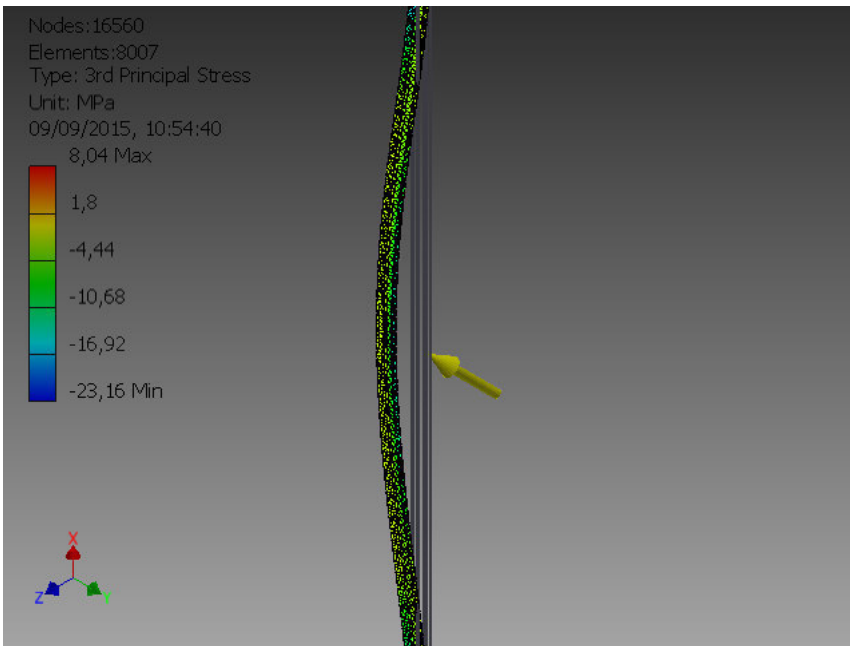


1st Principal Stress

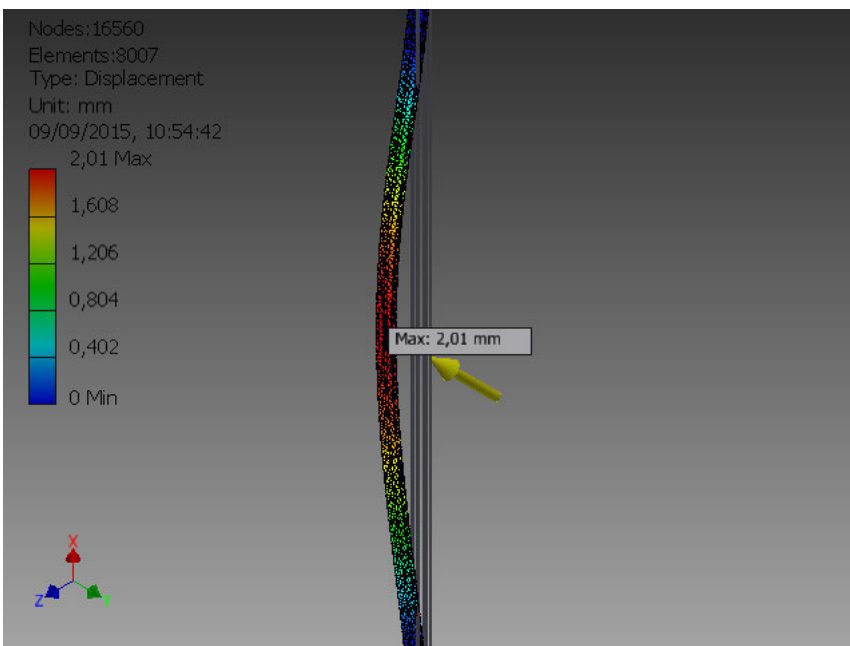
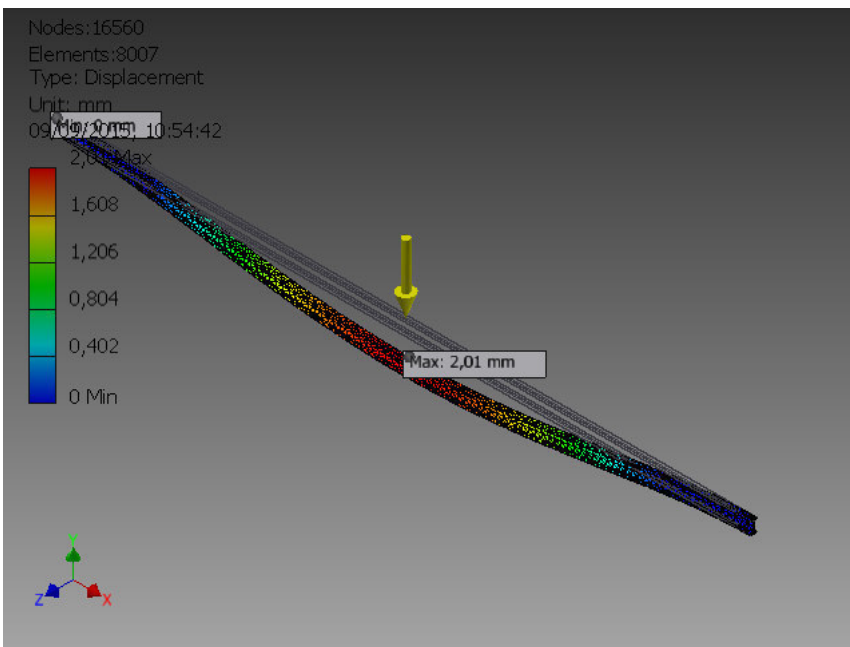


3rd Principal Stress

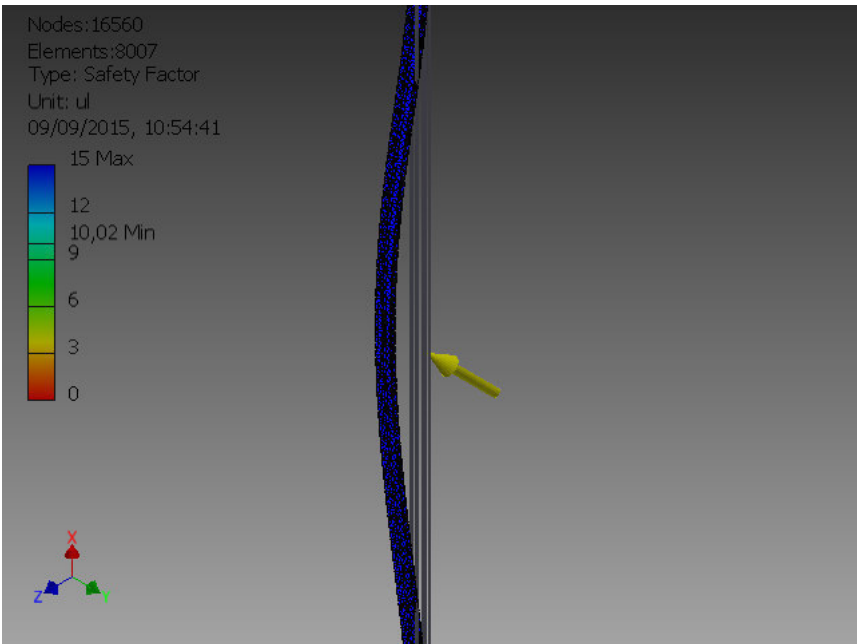
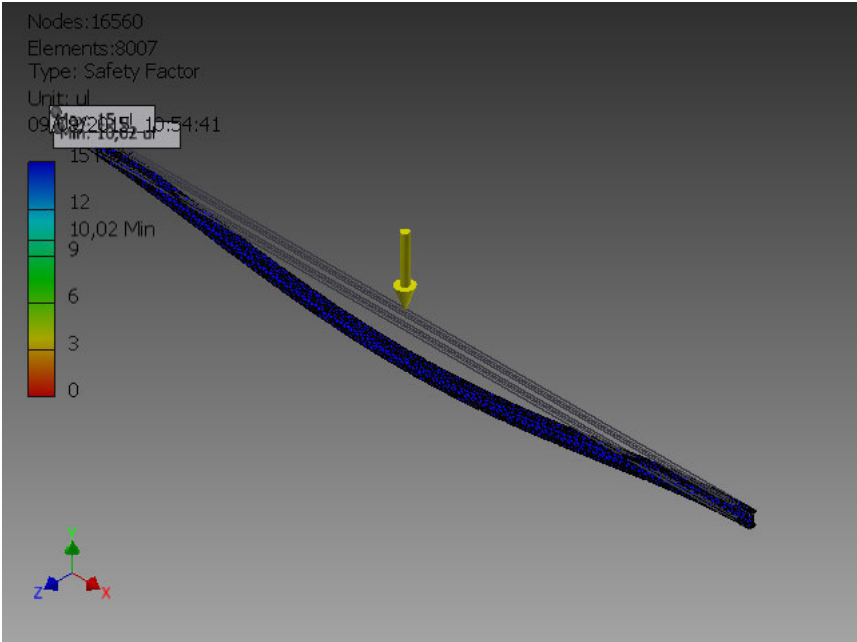




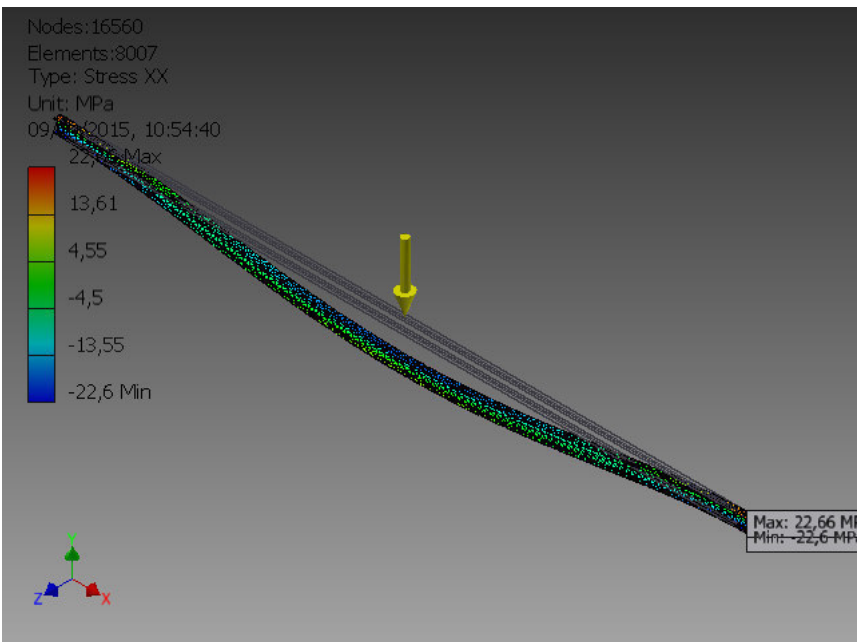
Displacement

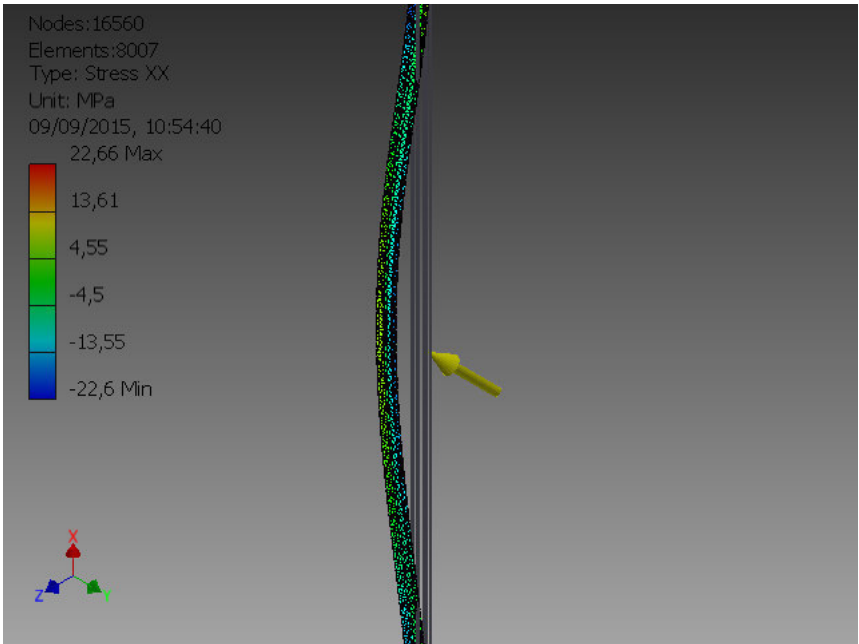


☐ Safety Factor

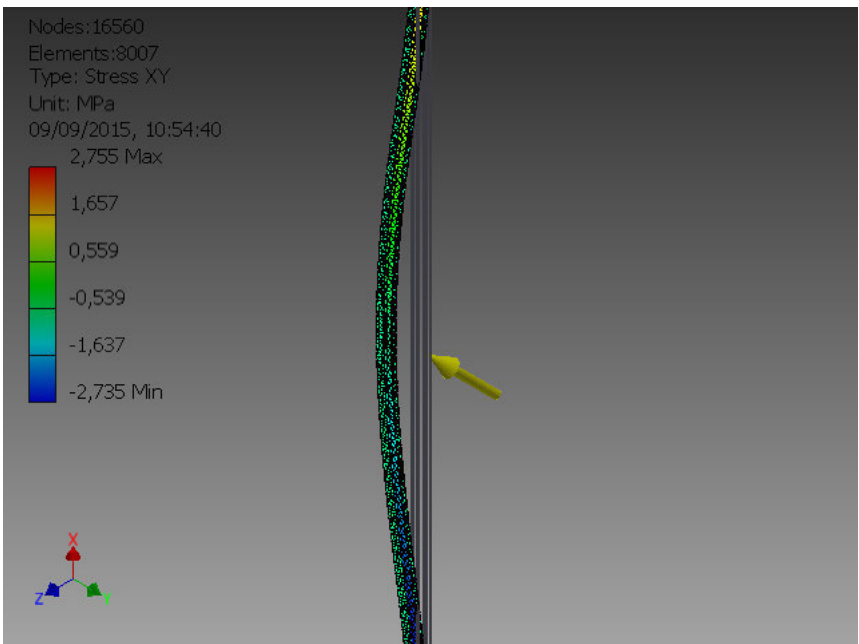
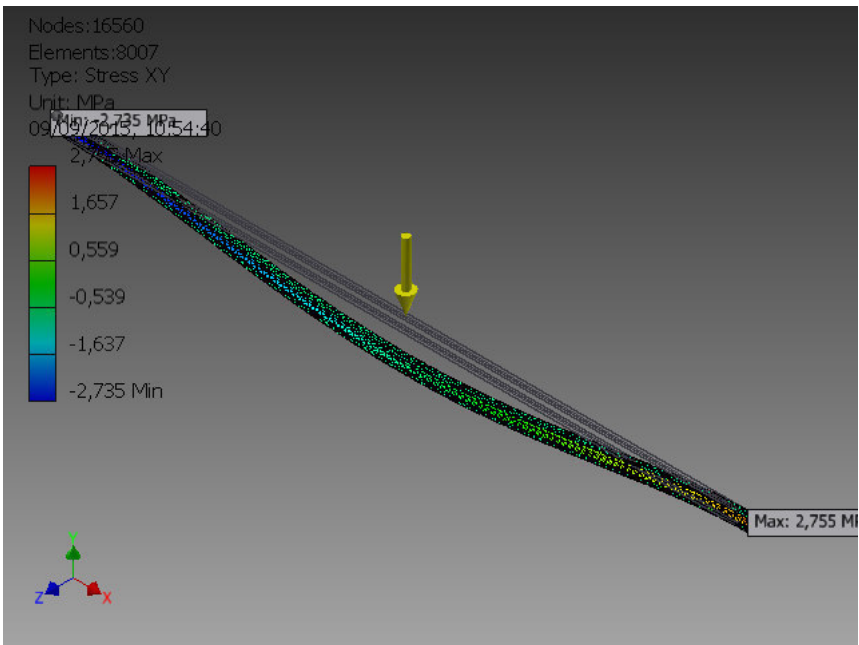


☐ Stress XX

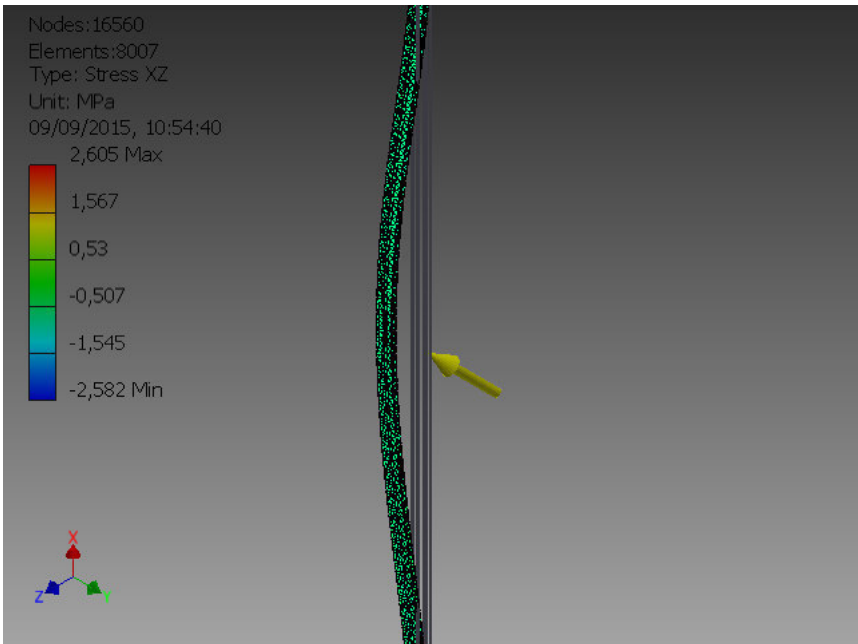
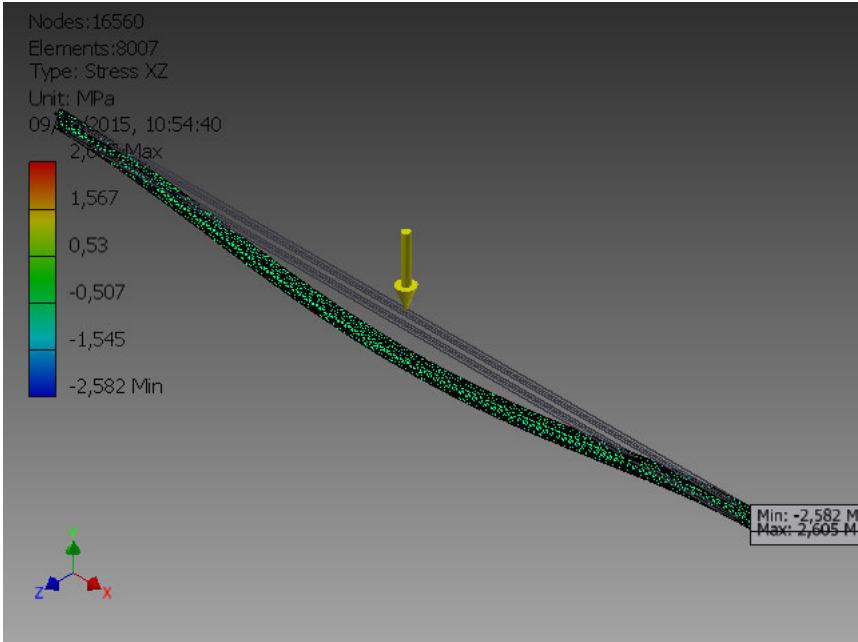




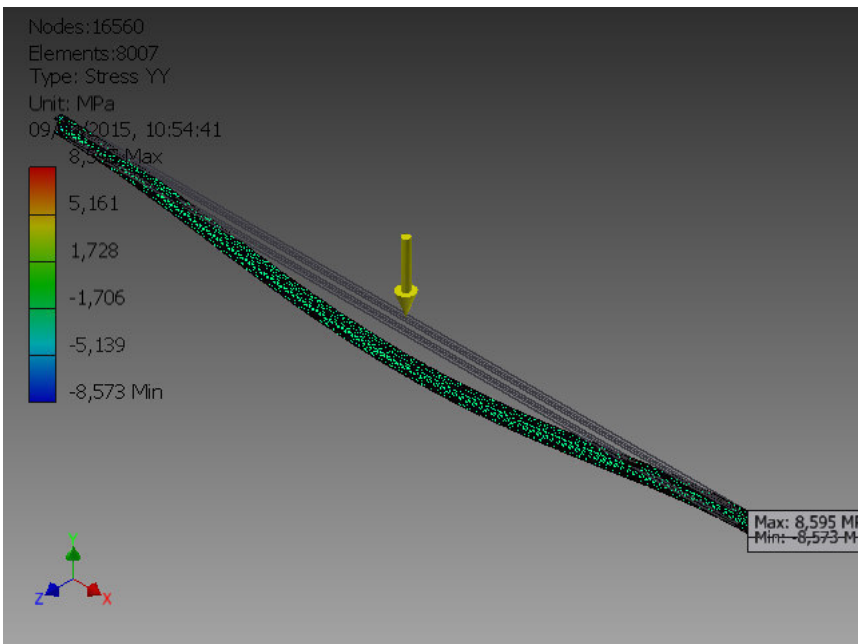
Stress XY

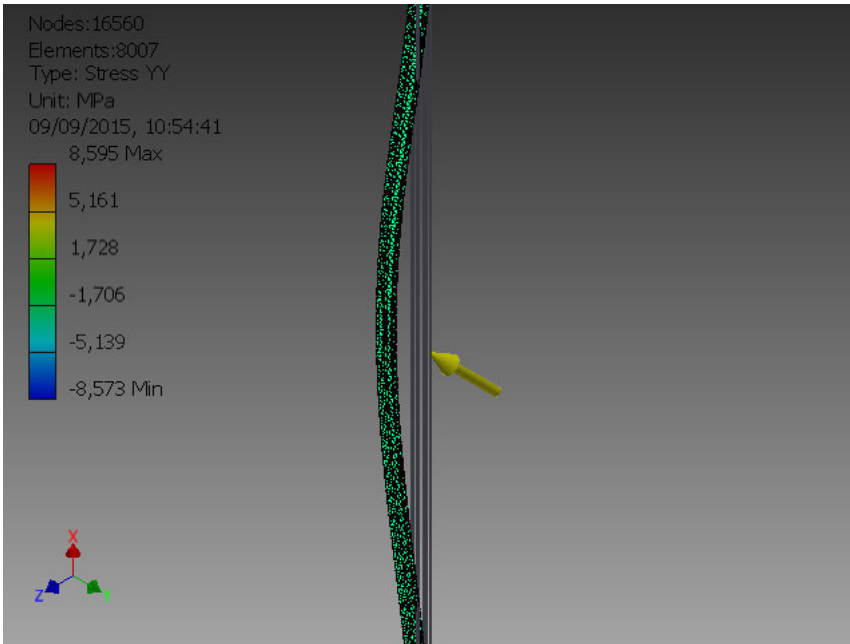


☐ Stress XZ

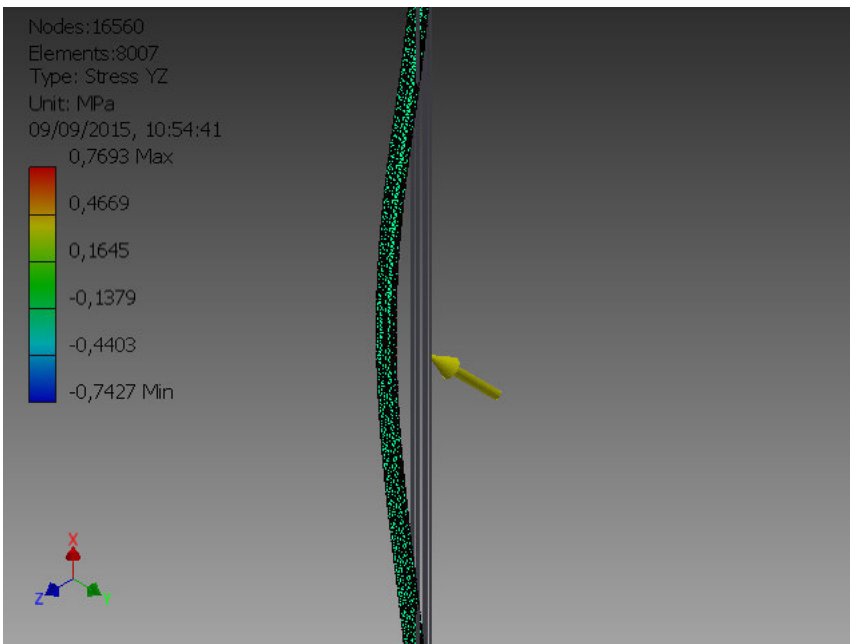
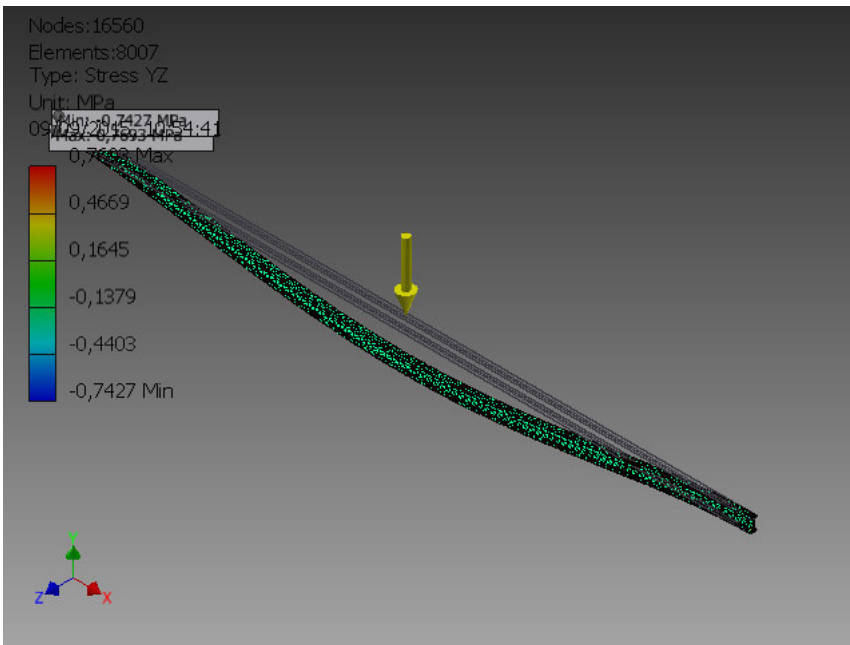


☐ Stress YY

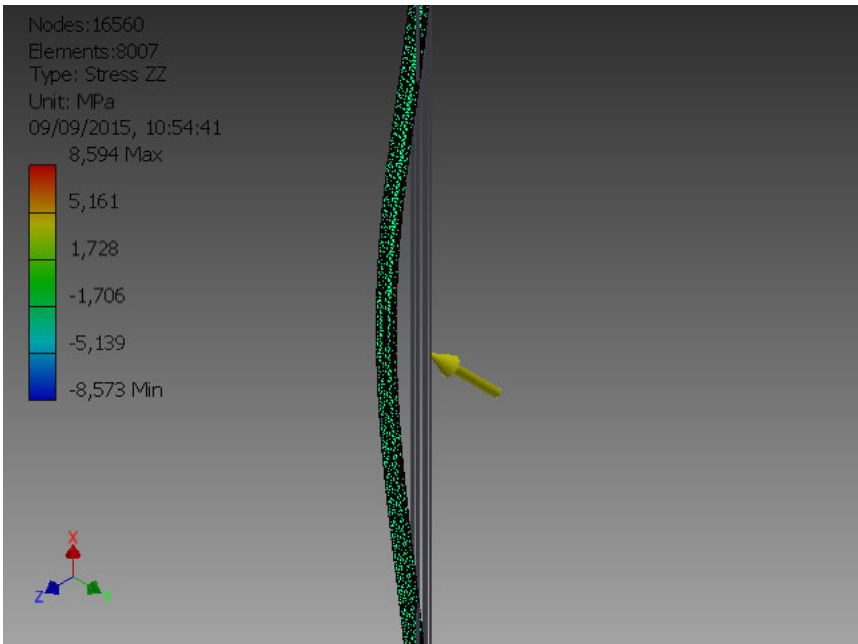
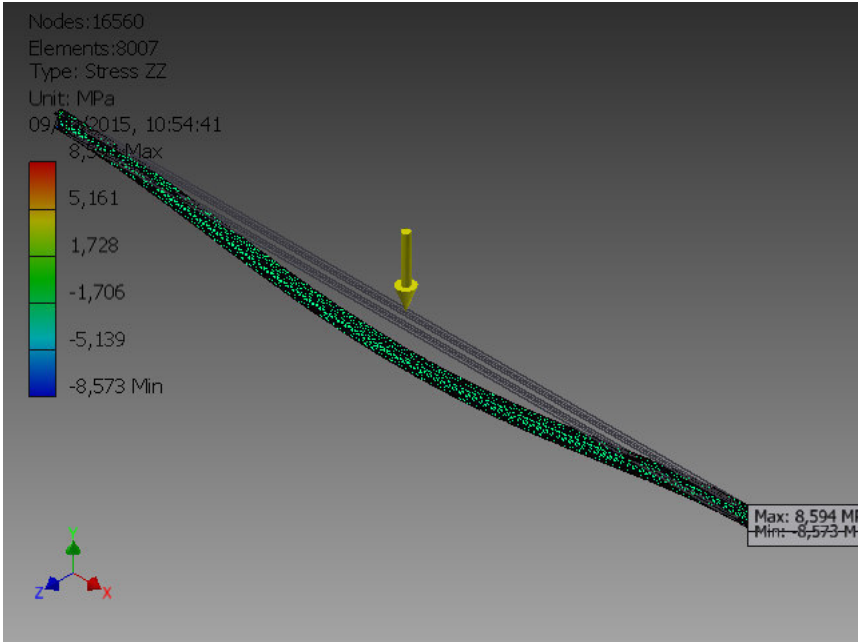




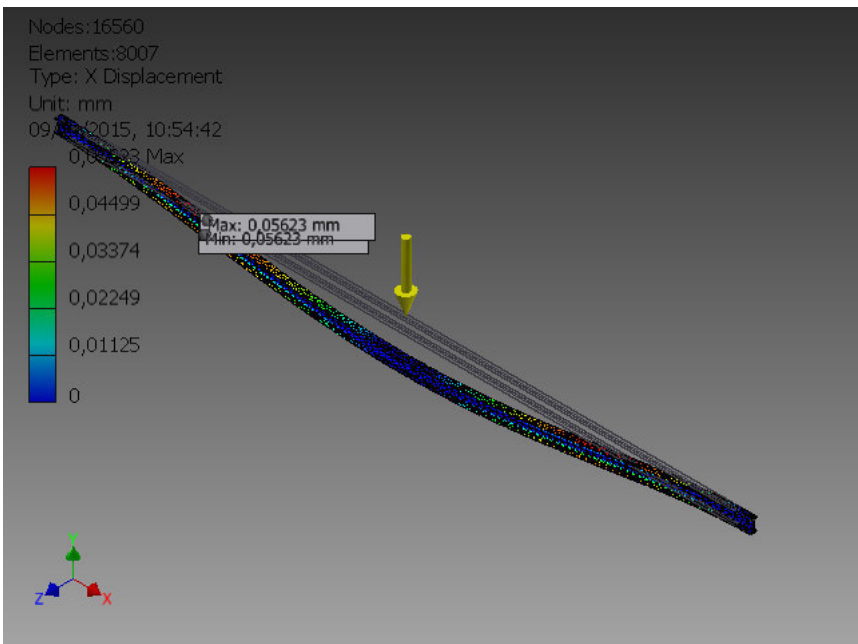
☐ **Stress YZ**

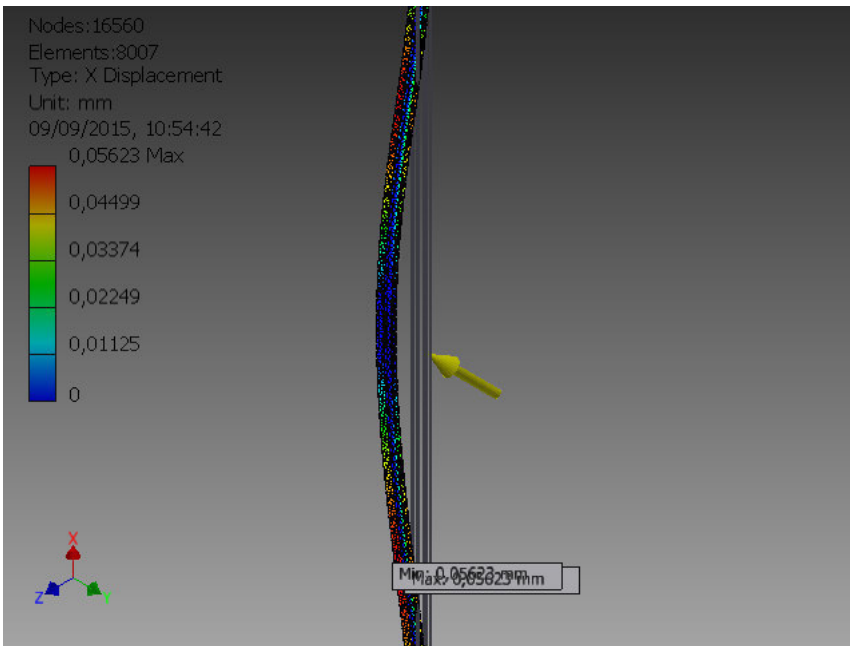


Stress ZZ

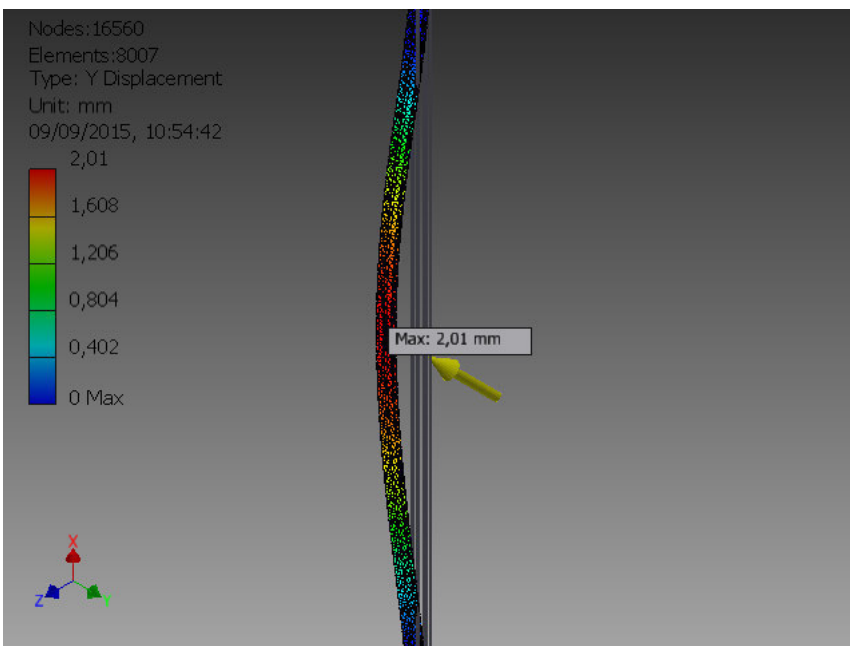
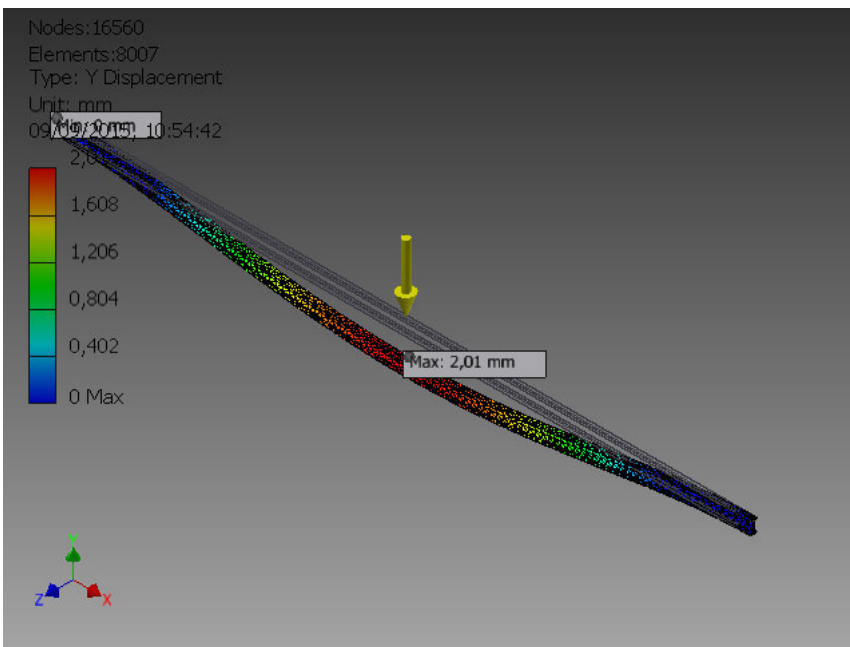


X Displacement

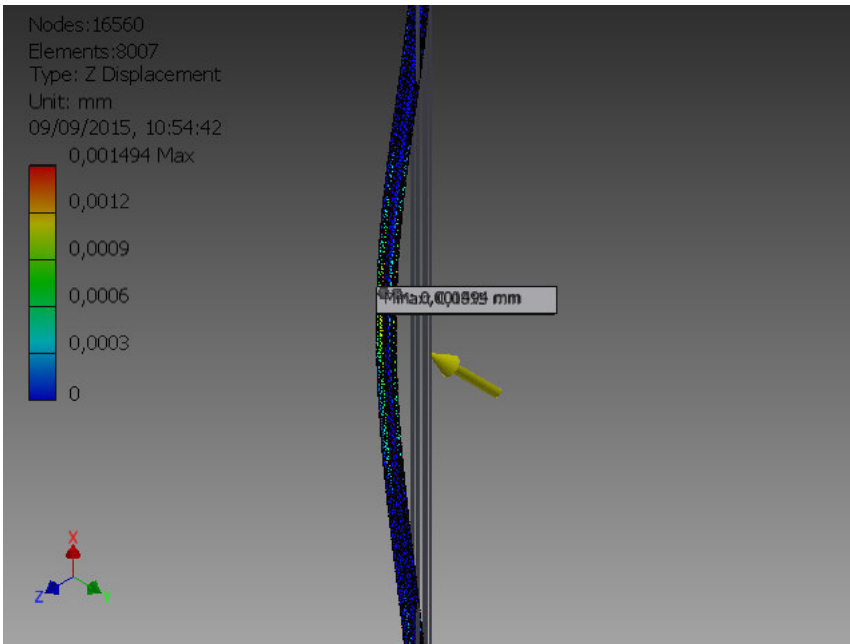
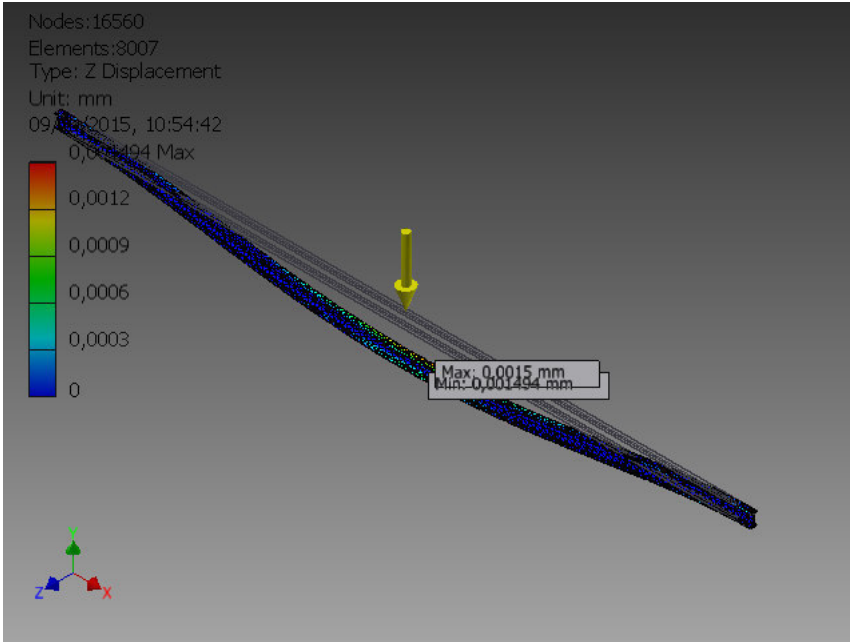




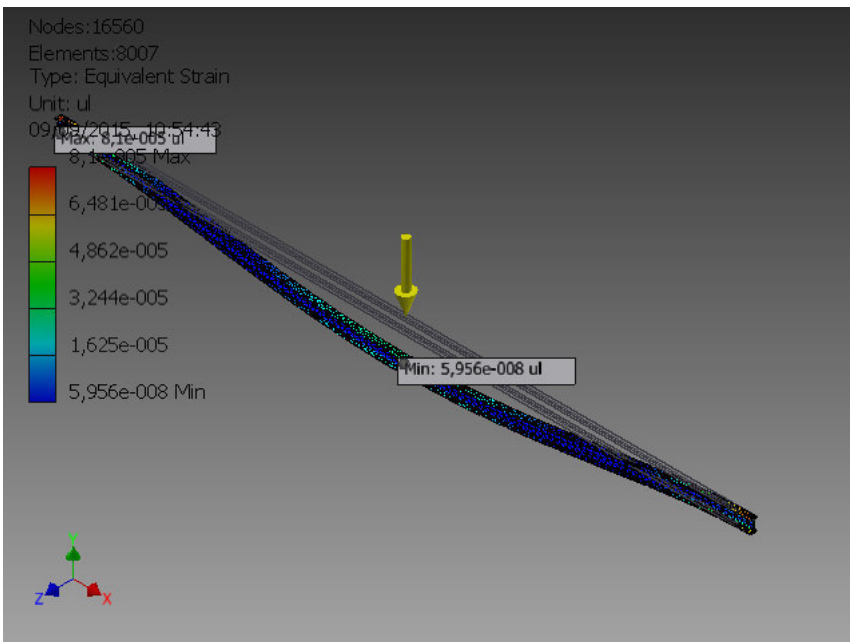
Y Displacement

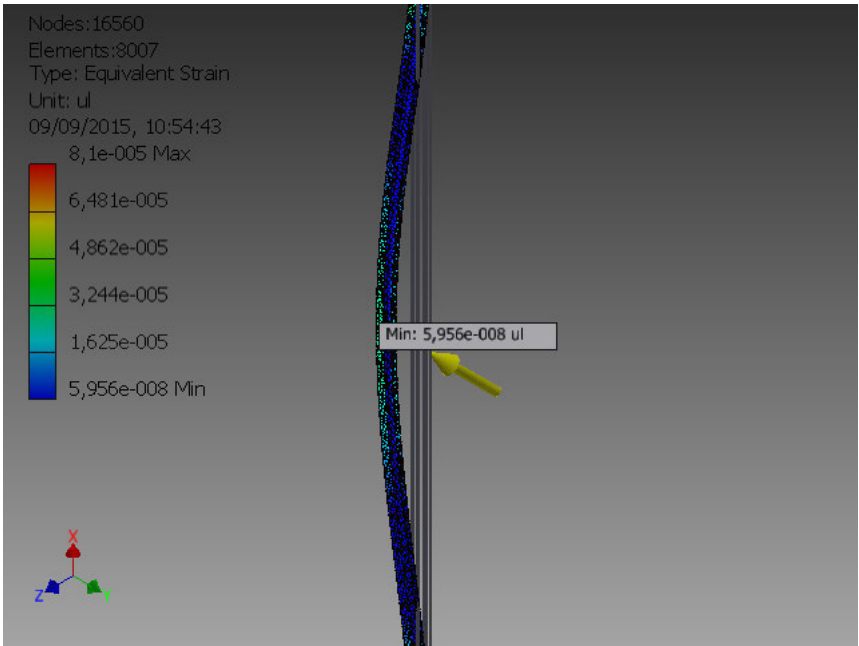


Z Displacement

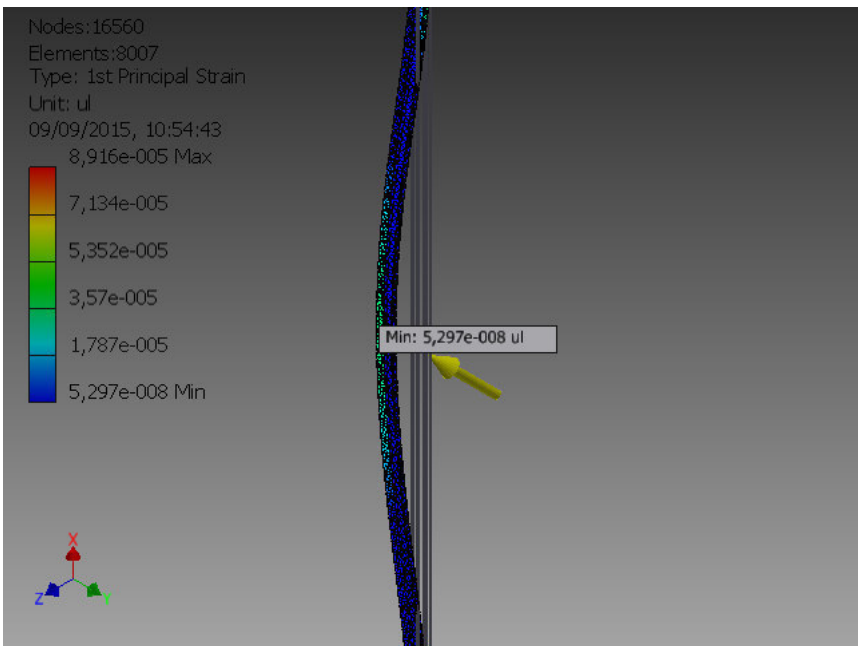
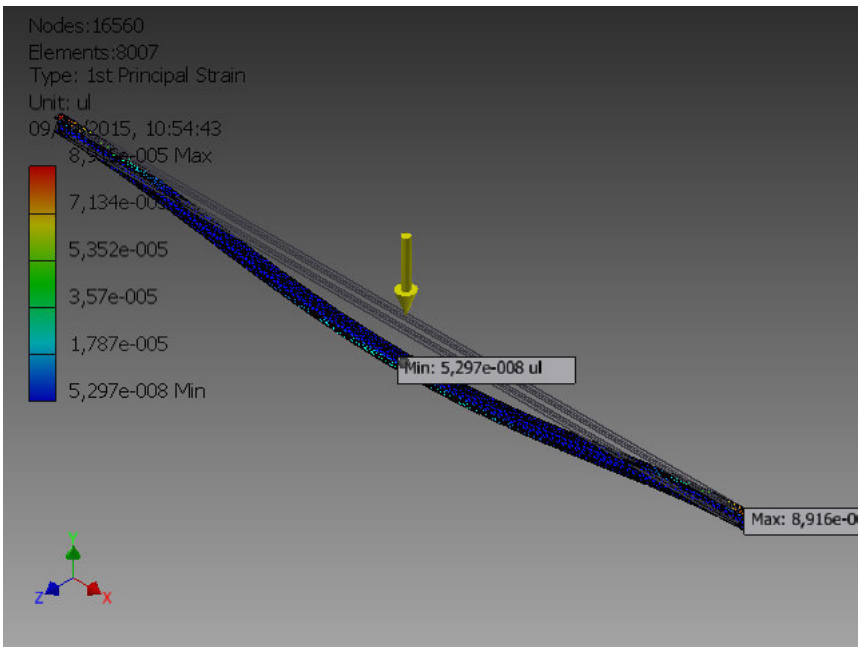


Equivalent Strain

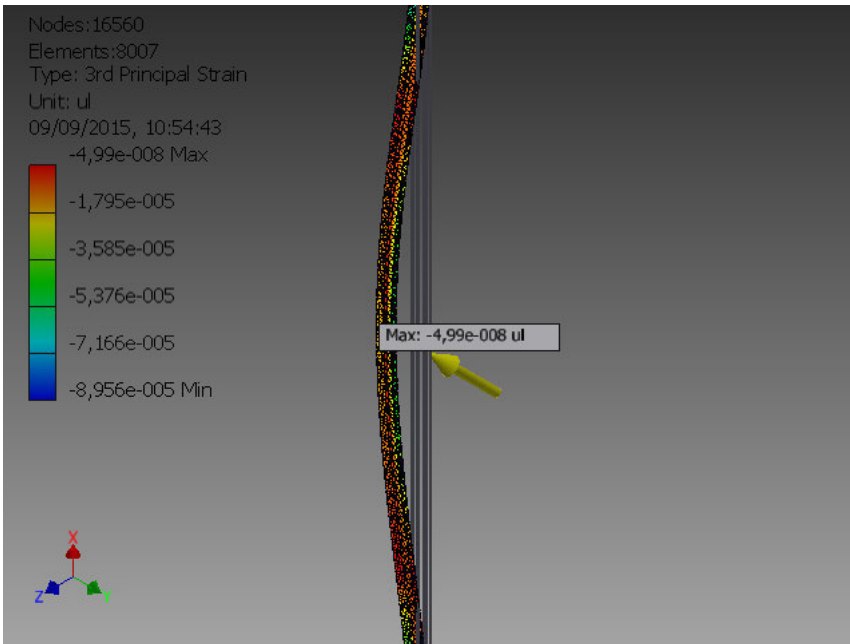
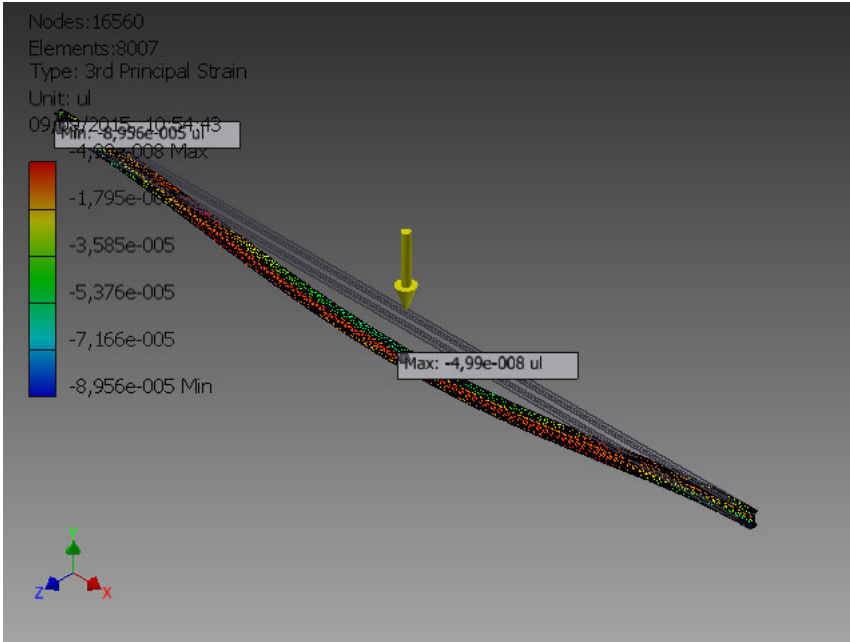




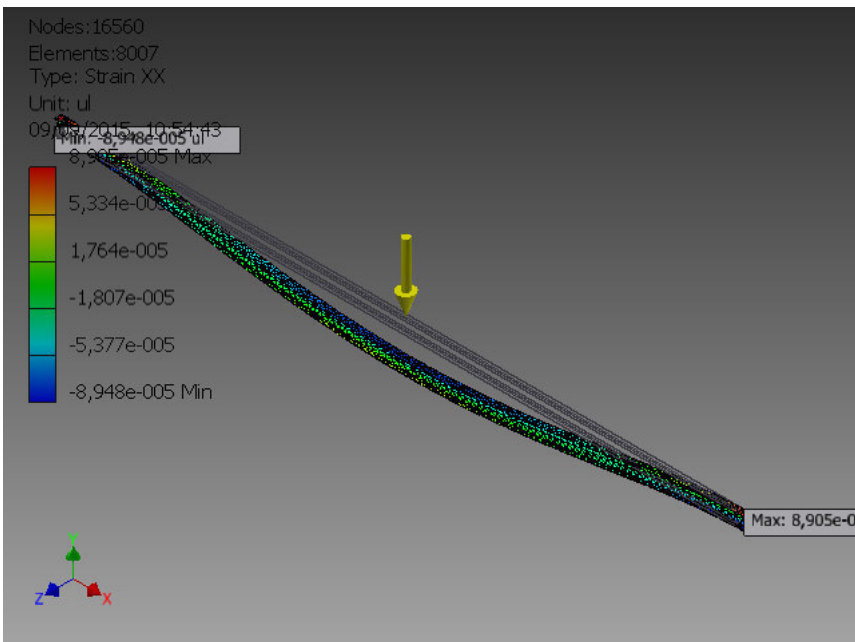
1st Principal Strain

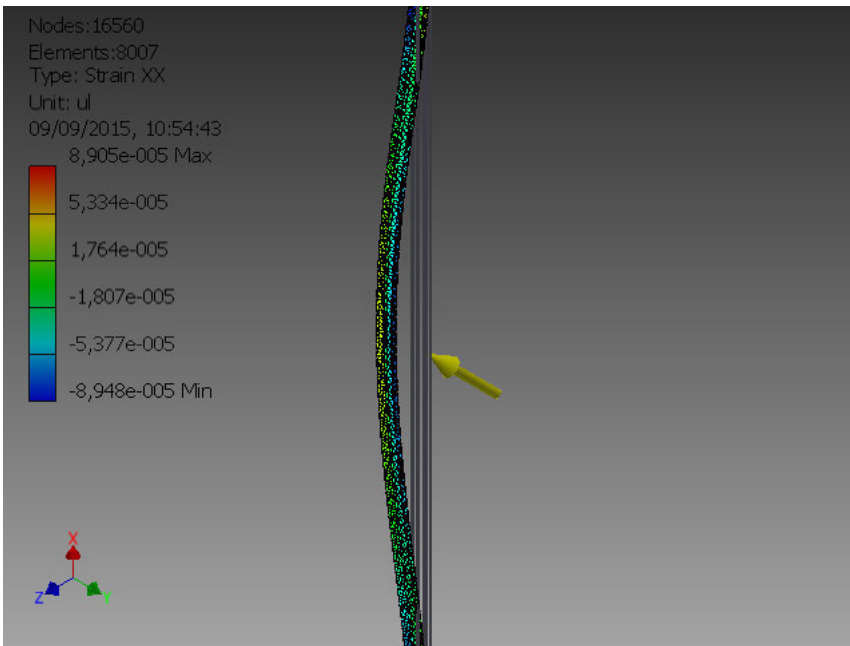


3rd Principal Strain

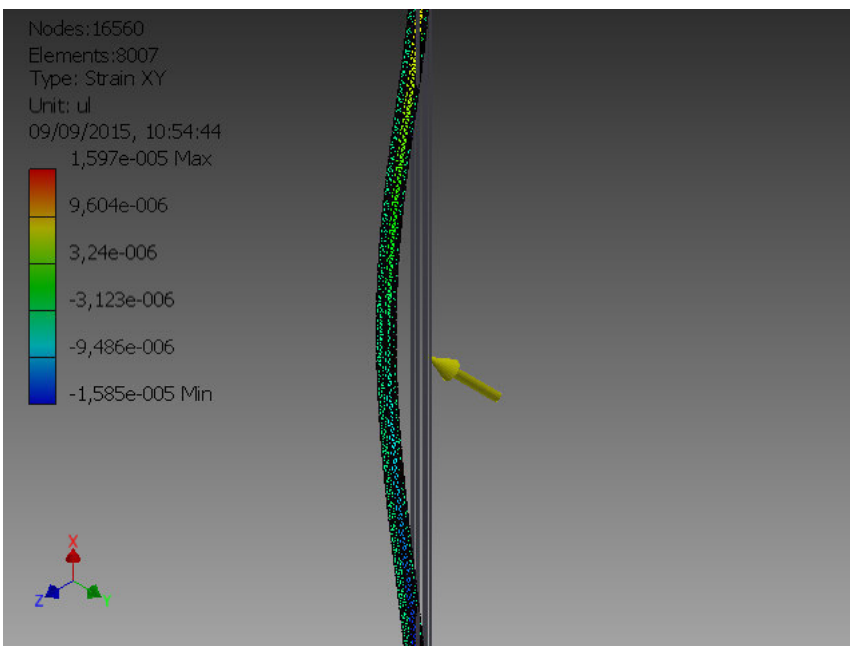
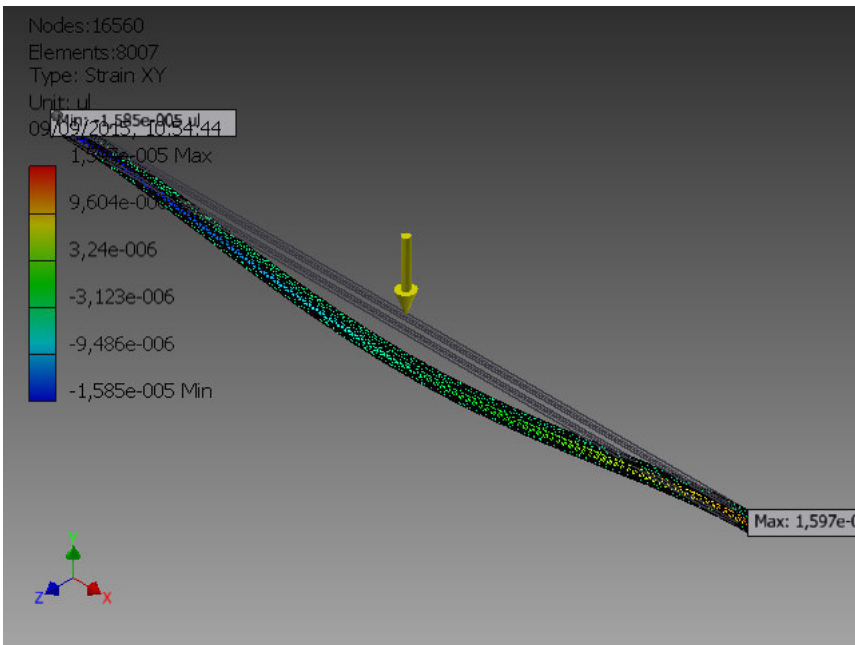


Strain XX

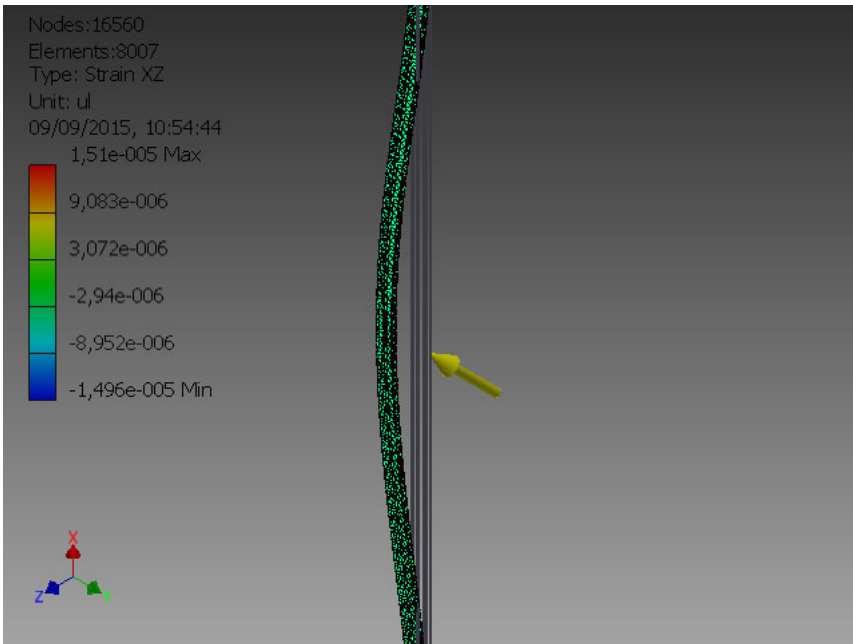
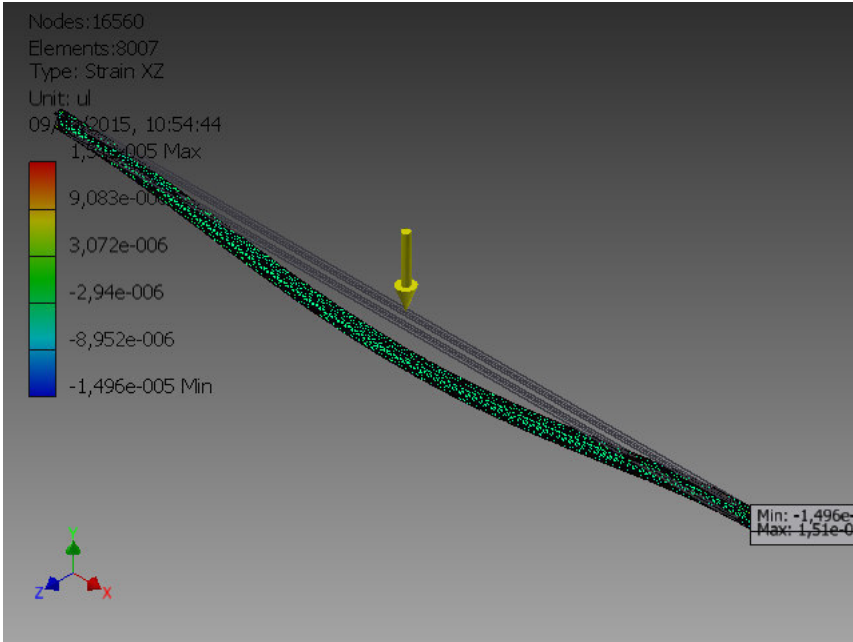




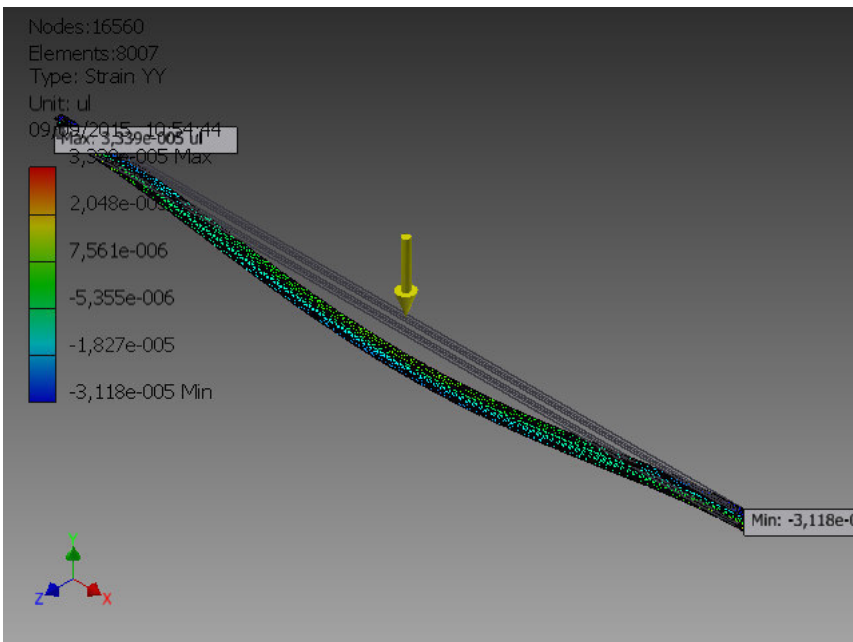
Strain XY

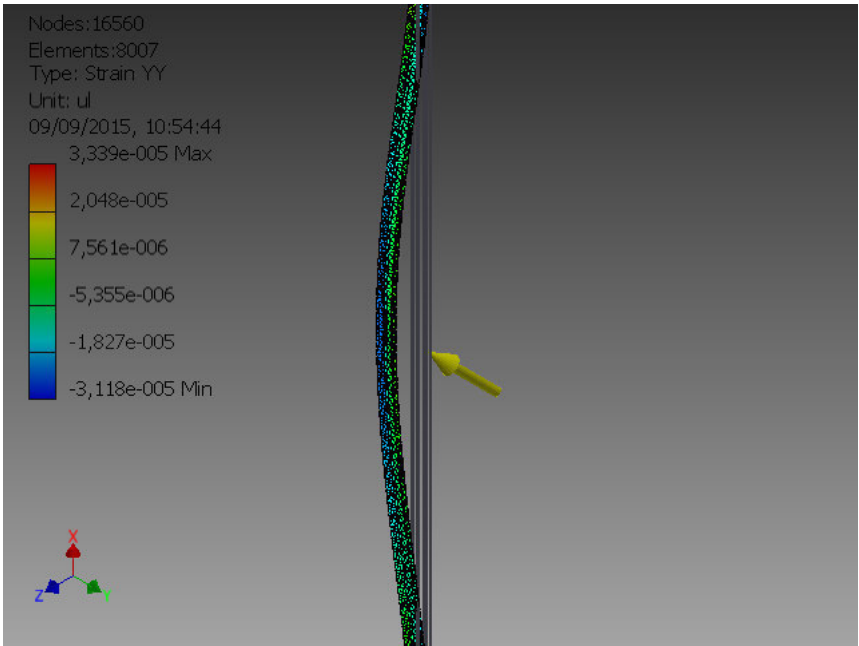


Strain XZ

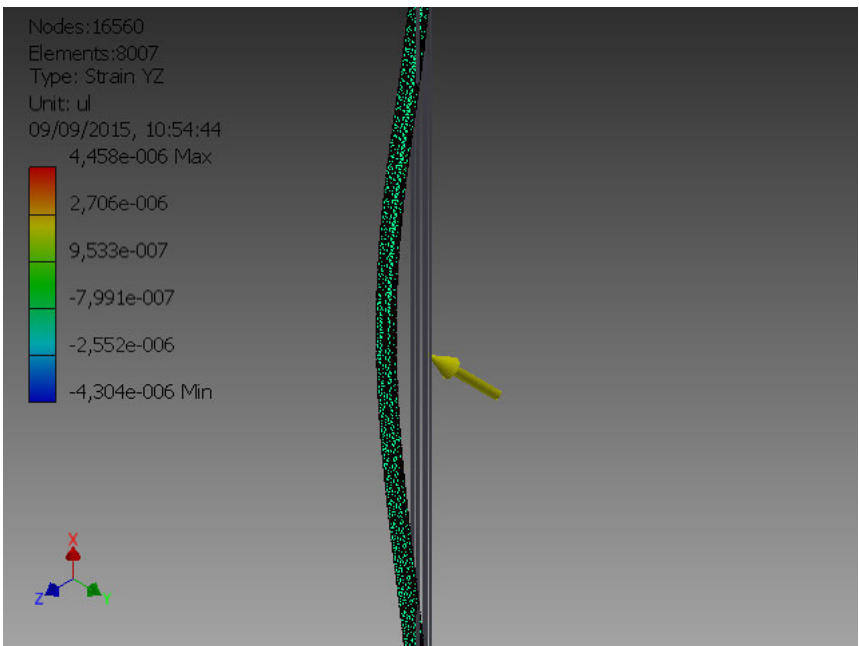
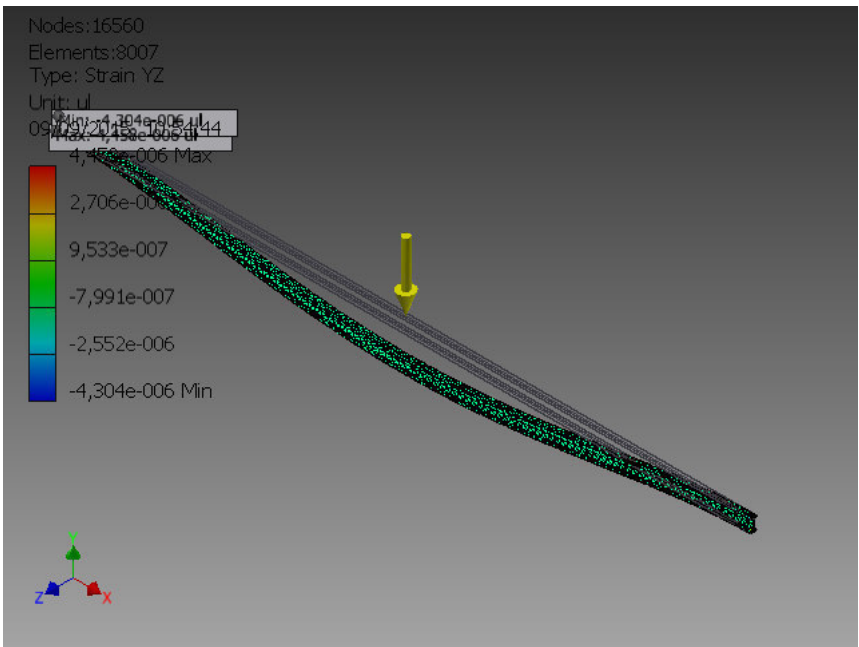


Strain YY

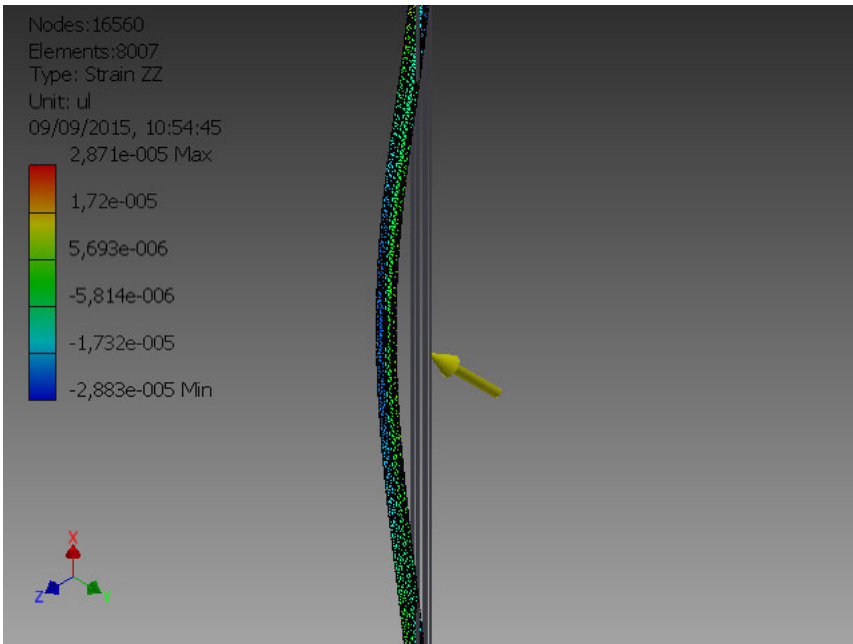
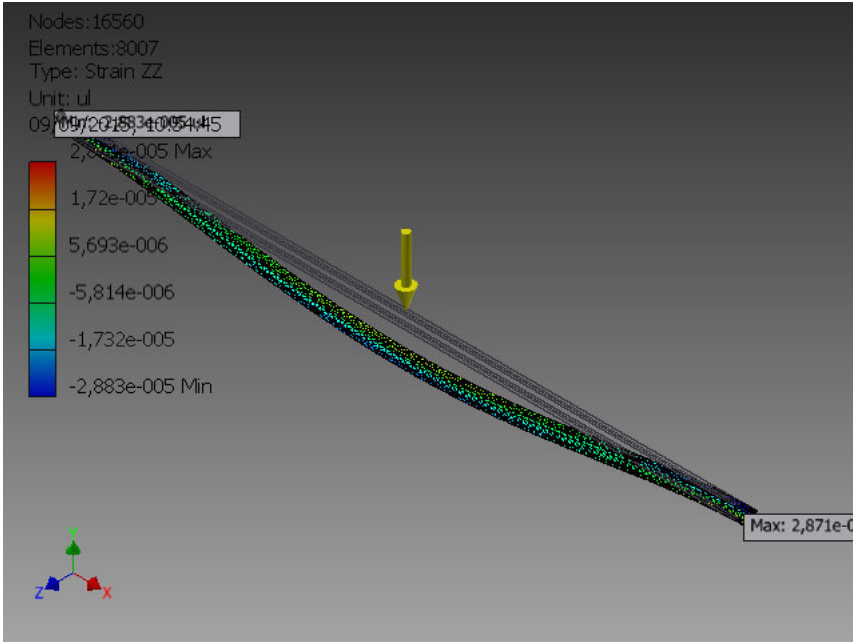




☐ **Strain YZ**



☐ **Strain ZZ**



C:\Users\Administración\Documents\Inventor\ProjectName\Assembly7.iam

Frame Analysis Report



Analyzed File:	plataforma2.iam
Version:	2014 (Build 180170000, 170)
Creation Date:	09/09/2015, 10:20
Simulation Author:	Administración
Summary:	

Project Info (iProperties)

Summary

Author Administración

Project

Part Number	plataforma2
Designer	Administración
Cost	0,00 €
Date Created	09/09/2015

Status

Design Status WorkInProgress

Physical

Mass	275,323 kg
Area	126546,094 mm ²
Volume	35028,318 mm ³
Center of Gravity	x=120,855 mm y=613,836 mm z=-225,160 mm

Simulation:1

General objective and settings:

Simulation Type	Static Analysis
Last Modification Date	09/09/2015, 10:16

Material(s)

Name	Steel, Mild	
General	Mass Density	7,860 g/cm ³
	Yield Strength	207,000 MPa
	Ultimate Tensile Strength	345,000 MPa
Stress	Young's Modulus	220,000 GPa
	Poisson's Ratio	0,275 ul
	DIN IPE 120 00000014.ipt DIN IPE 120 00000015.ipt DIN IPE 120 00000016.ipt DIN IPE 120 00000017.ipt	

Part Name(s)	DIN IPE 120 00000018.ipt DIN IPE 120 00000019.ipt DIN IPE 120 00000020.ipt DIN IPE 120 00000021.ipt DIN IPE 120 00000022.ipt DIN IPE 120 00000023.ipt DIN IPE 120 00000024.ipt DIN IPE 120 00000025.ipt
--------------	--

▣ Cross Section(s)

Geometry Properties	Section Area (A)	1321,022 mm ²
	Section Width	64,000 mm
	Section Height	120,000 mm
	Section Centroid (x)	32,000 mm
	Section Centroid (y)	60,000 mm
Mechanical Properties	Moment of Inertia (I _x)	3177533,888 mm ⁴
	Moment of Inertia (I _y)	276681,847 mm ⁴
	Torsional Rigidity Modulus (J)	16883,885 mm ⁴
	Section Modulus (W _x)	52958,898 mm ³
	Section Modulus (W _y)	8646,308 mm ³
	Torsional Section Modulus (W _z)	1712,512 mm ³
	Reduced Shear Area (A _x)	585,835 mm ²
Reduced Shear Area (A _y)	460,474 mm ²	
Part Name(s)	DIN IPE 120 00000014.ipt DIN IPE 120 00000015.ipt DIN IPE 120 00000016.ipt DIN IPE 120 00000017.ipt DIN IPE 120 00000018.ipt DIN IPE 120 00000019.ipt DIN IPE 120 00000020.ipt DIN IPE 120 00000021.ipt DIN IPE 120 00000022.ipt DIN IPE 120 00000023.ipt DIN IPE 120 00000024.ipt DIN IPE 120 00000025.ipt	

▣ Beam Model

Nodes	34
Beams	12
- I-Beams	12

▣ Rigid Links

Name	Displacement			Rotation			Parent Node	Child Node(s)
	X - axis	Y - axis	Z - axis	X - axis	Y - axis	Z - axis		
Rigid Link:10	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	Node:4	Node:36
Rigid Link:11	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	Node:5	Node:39, Node:38
Rigid Link:13	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	Node:3	Node:46
Rigid Link:14	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	Node:2	Node:48
Rigid Link:15	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	Node:1	Node:60, Node:50
Rigid Link:16	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	Node:34	Node:6
Rigid Link:17	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	Node:30	Node:10
Rigid Link:20	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	Node:35	Node:8
Rigid Link:21	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	Node:37	Node:42, Node:9
Rigid Link:22	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	fixed	Node:7	Node:51, Node:49

▣ Operating conditions

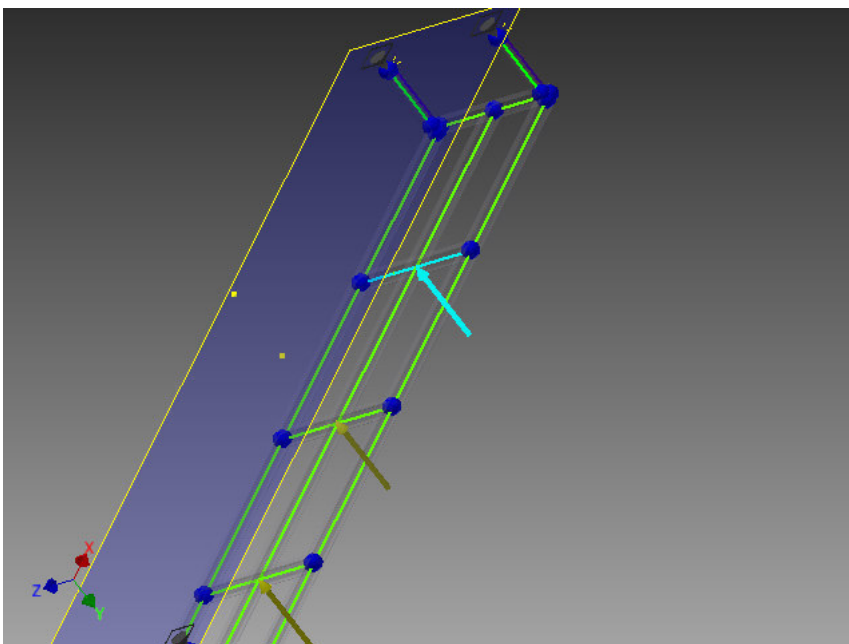
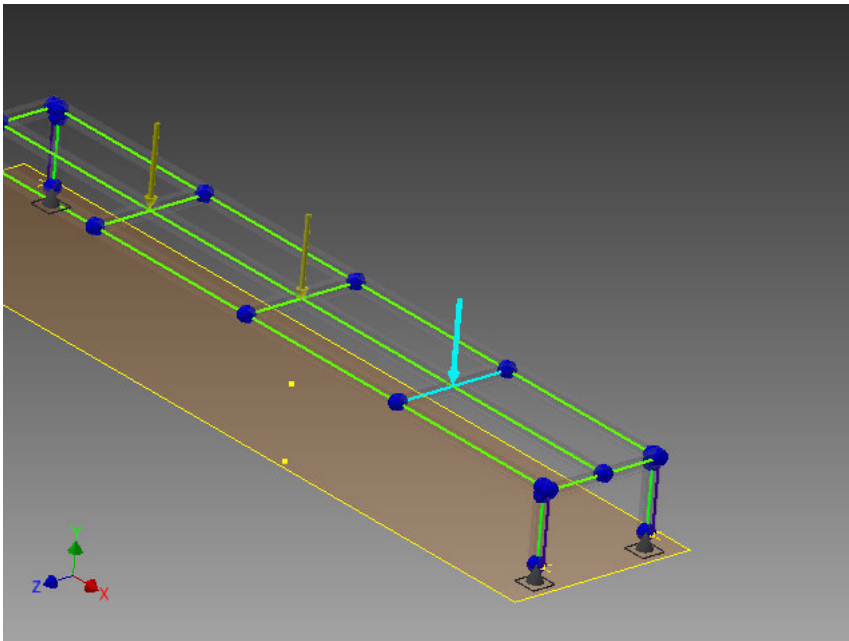
▣ Gravity

Load Type	Gravity
Magnitude	9810,000 mm/s ²
Direction	Y-

☐ Force:1

Load Type	Force
Magnitude	1690,000 N
Beam Coordinate System	No
Angle of Plane	270,00 deg
Angle in Plane	90,00 deg
Fx	0,000 N
Fy	-1690,000 N
Fz	0,000 N
Offset	500,000 mm

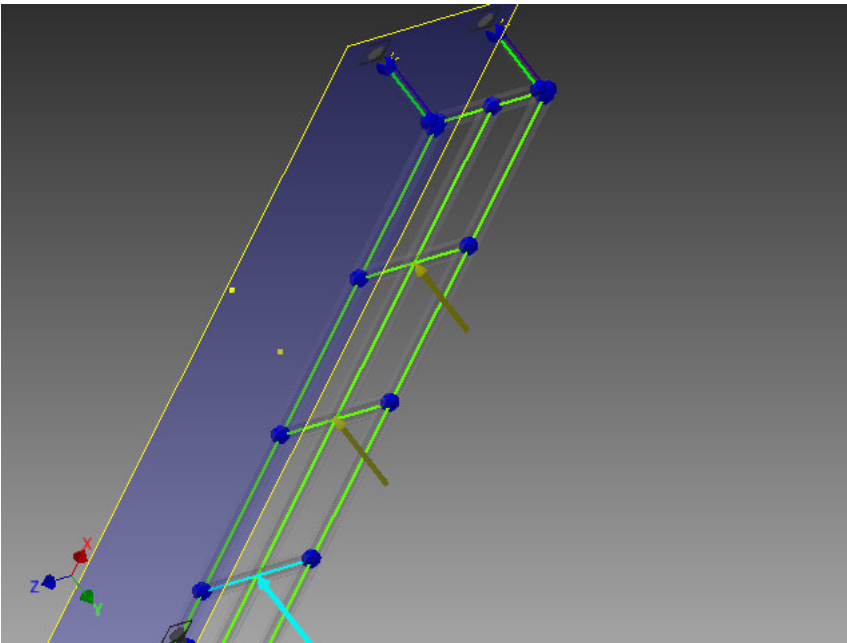
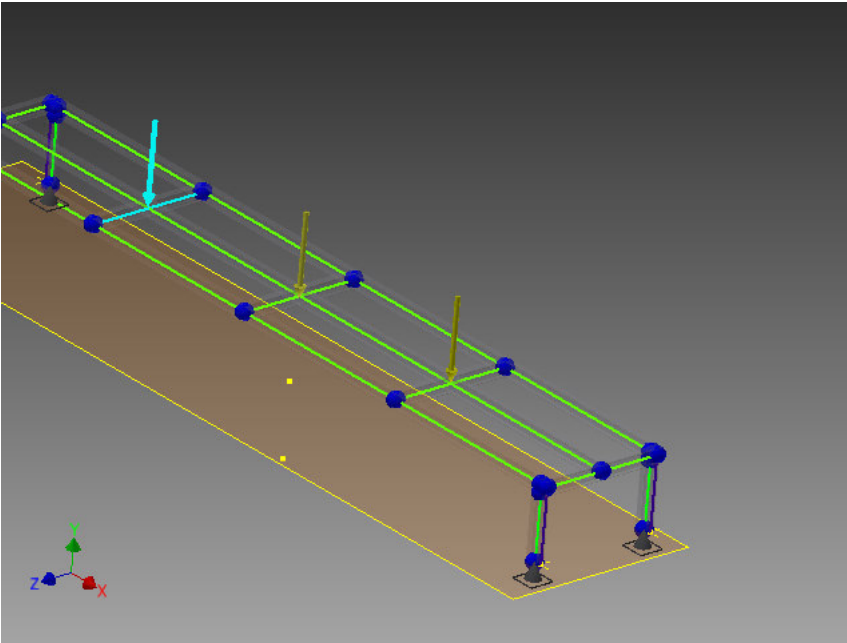
☐ Selected Reference(s)



☐ Force:2

Load Type	Force
Magnitude	1690,000 N
Beam Coordinate System	No
Angle of Plane	270,00 deg
Angle in Plane	90,00 deg
Fx	0,000 N
Fy	-1690,000 N
Fz	0,000 N
Offset	500,000 mm

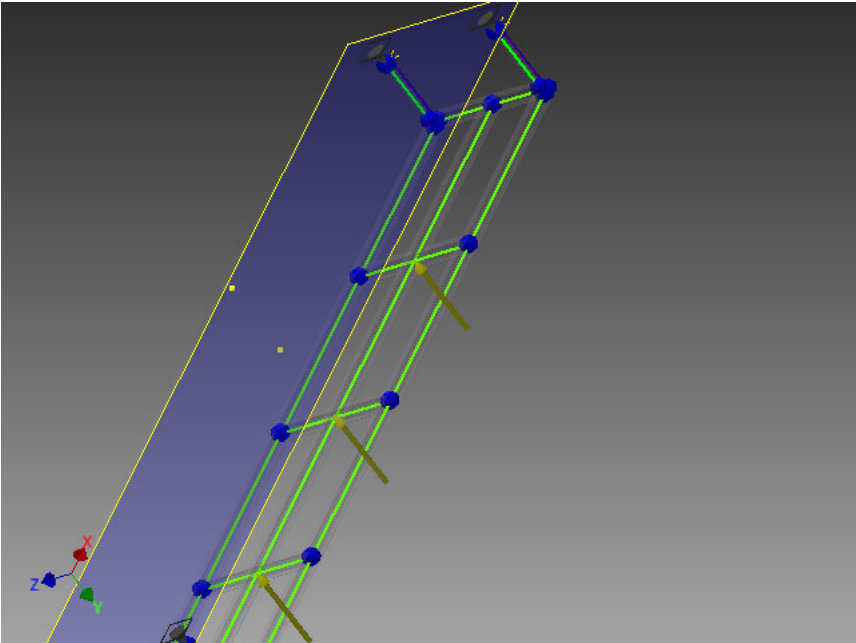
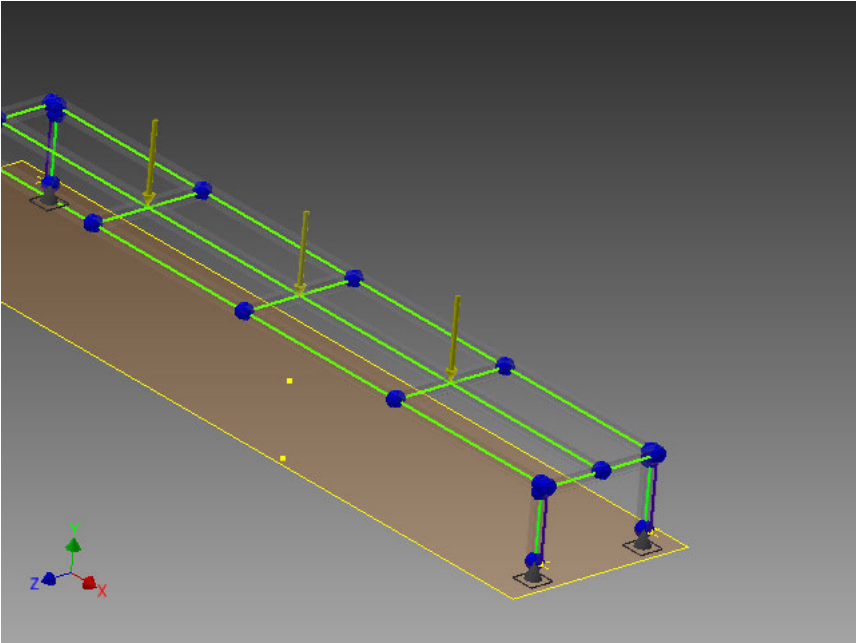
Selected Reference(s)



Pinned Constraint:9

Constraint Type Pinned

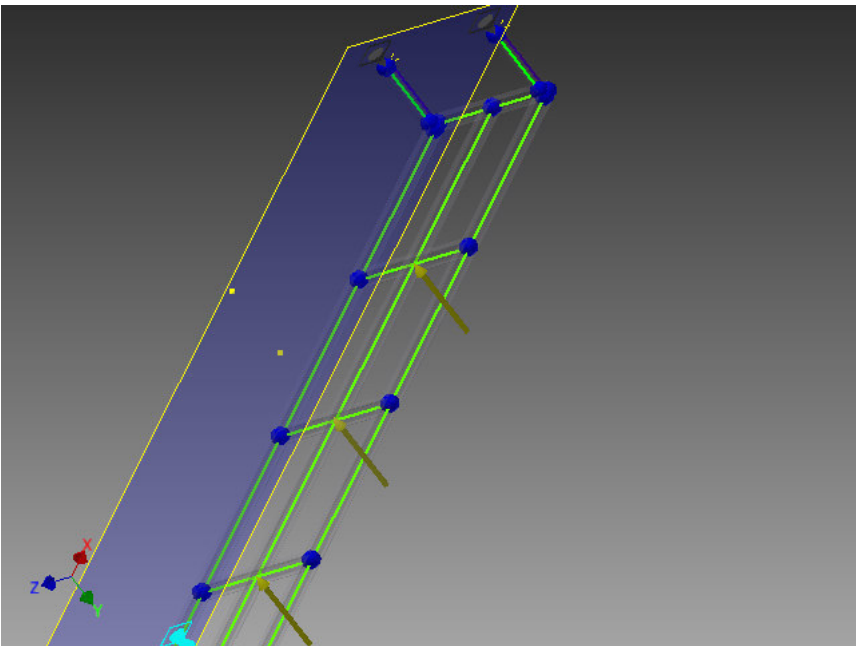
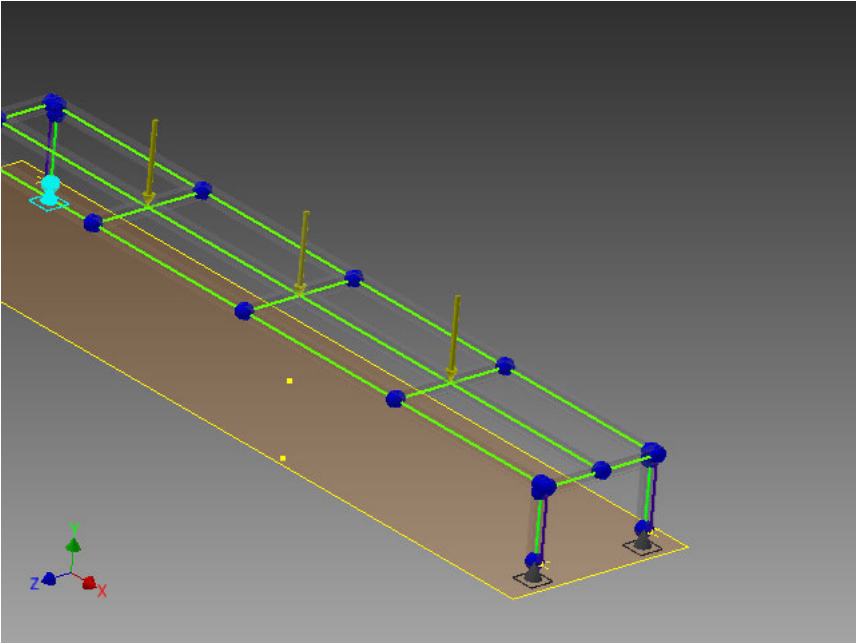
Selected Reference(s)



[-] Pinned Constraint:10

Constraint Type Pinned

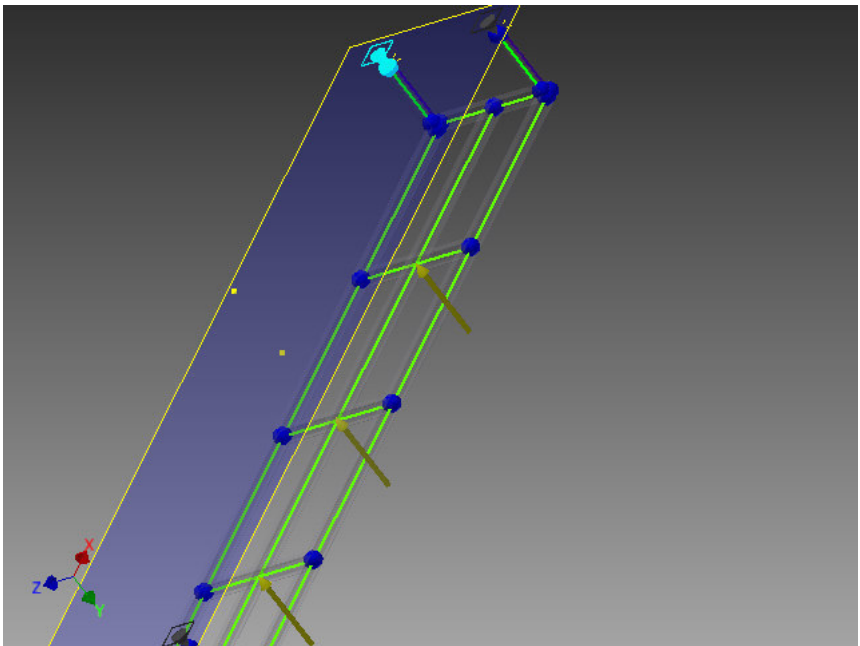
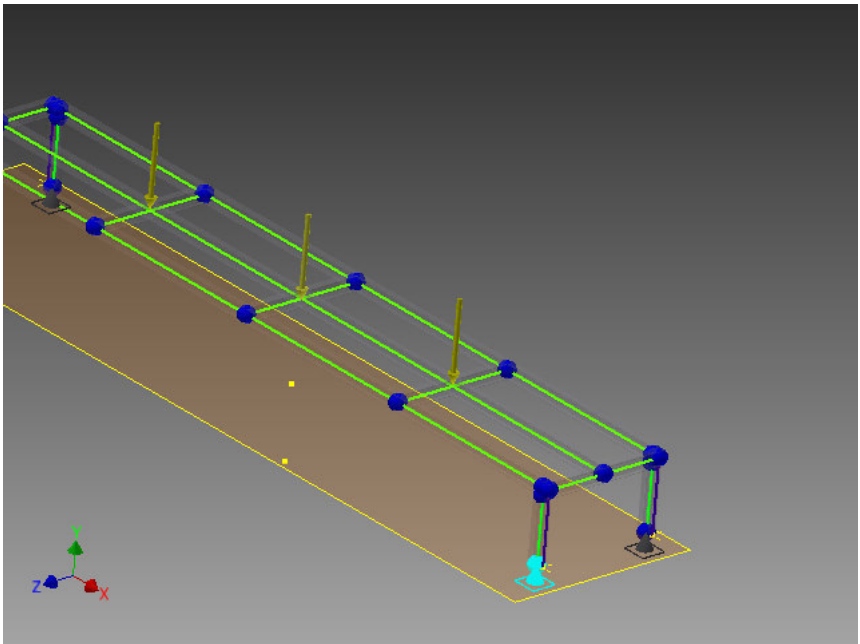
[-] Selected Reference(s)



[-] **Pinned Constraint:11**

Constraint Type Pinned

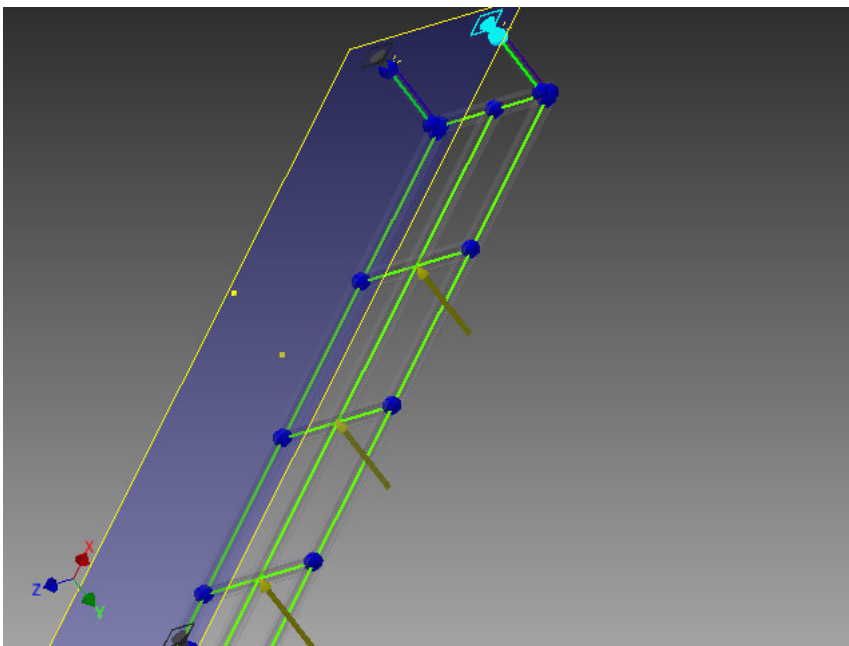
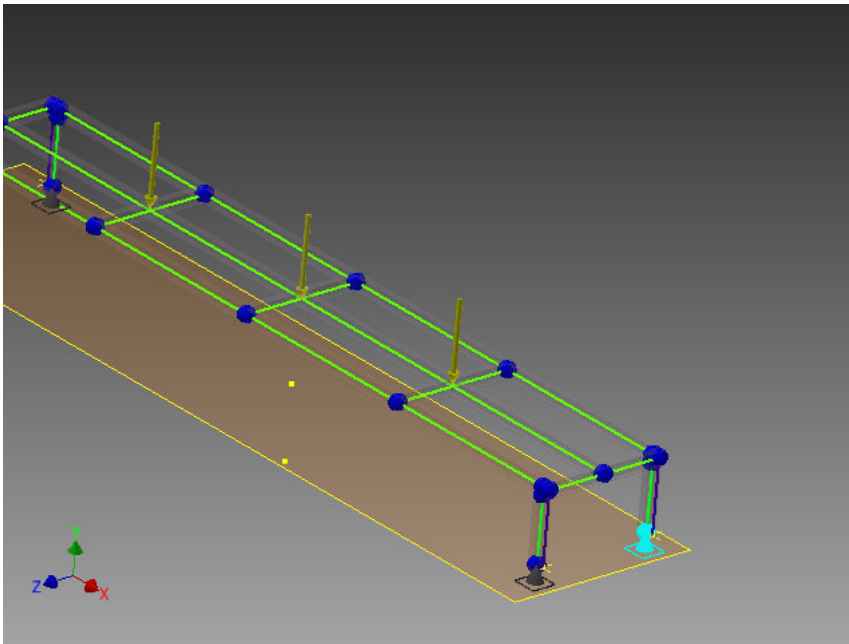
[-] **Selected Reference(s)**



[-] **Pinned Constraint:12**

Constraint Type Pinned

[-] **Selected Reference(s)**



Results

Reaction Force and Moment on Constraints

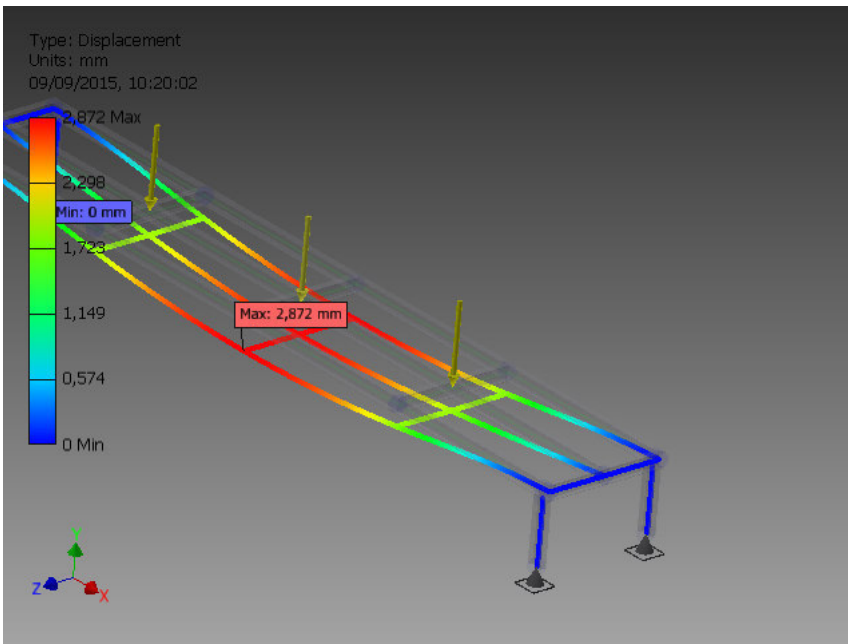
Constraint Name	Reaction Force		Reaction Moment	
	Magnitude	Components (Fx,Fy,Fz)	Magnitude	Components (Mx,My,Mz)
Pinned Constraint:9	2795,243 N	2341,483 N	0,000 N mm	0,000 N mm
		1526,674 N		-0,000 N mm
		-10,135 N		0,000 N mm
Pinned Constraint:10	2784,594 N	2332,874 N	0,000 N mm	-0,000 N mm
		1520,384 N		0,000 N mm
		9,787 N		-0,000 N mm
Pinned Constraint:12	2788,017 N	-2335,098 N	0,000 N mm	-0,000 N mm
		1523,237 N		0,000 N mm
		10,135 N		-0,000 N mm
Pinned Constraint:11	2791,882 N	-2339,259 N	0,000 N mm	0,000 N mm
		1523,935 N		0,000 N mm
		-9,786 N		-0,000 N mm

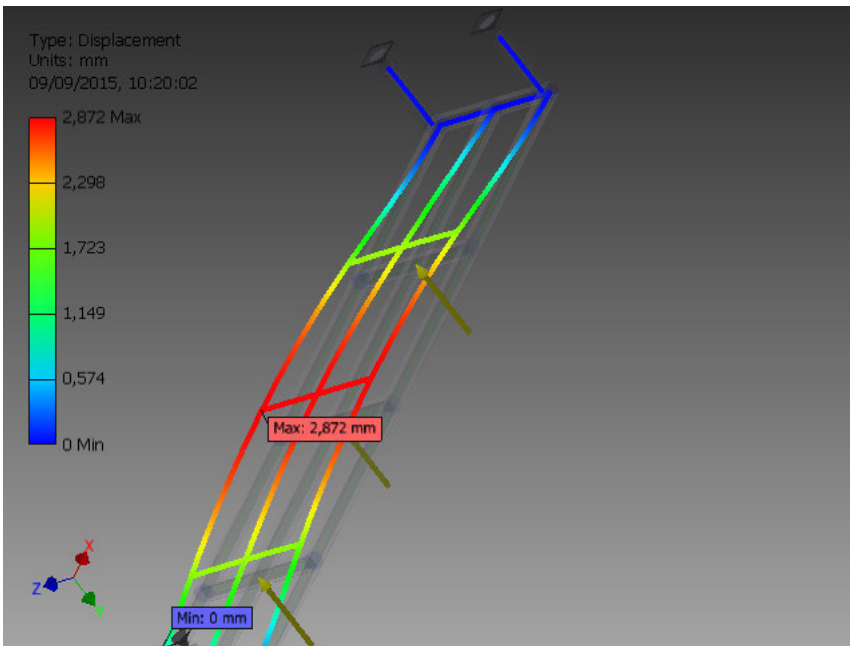
Static Result Summary

Name		Minimum	Maximum
Displacement		0,000 mm	2,872 mm
Forces	Fx	-61,756 N	61,781 N
	Fy	-2341,483 N	2339,259 N
	Fz	-0,363 N	2279,727 N
Moments	Mx	-1315705,507 N mm	1319299,906 N mm
	My	-21449,616 N mm	12850,618 N mm
	Mz	-2697,200 N mm	2701,275 N mm
Normal Stresses	Smax	-1,265 MPa	24,193 MPa
	Smin	-27,644 MPa	-0,001 MPa
	Smax(Mx)	0,000 MPa	24,912 MPa
	Smin(Mx)	-24,912 MPa	-0,000 MPa
	Smax(My)	0,000 MPa	2,481 MPa
	Smin(My)	-2,481 MPa	0,000 MPa
	Saxial	-1,726 MPa	0,000 MPa
Shear Stresses	Tx	-0,105 MPa	0,105 MPa
	Ty	-5,080 MPa	5,085 MPa
Torsional Stresses	T	-1,577 MPa	1,575 MPa

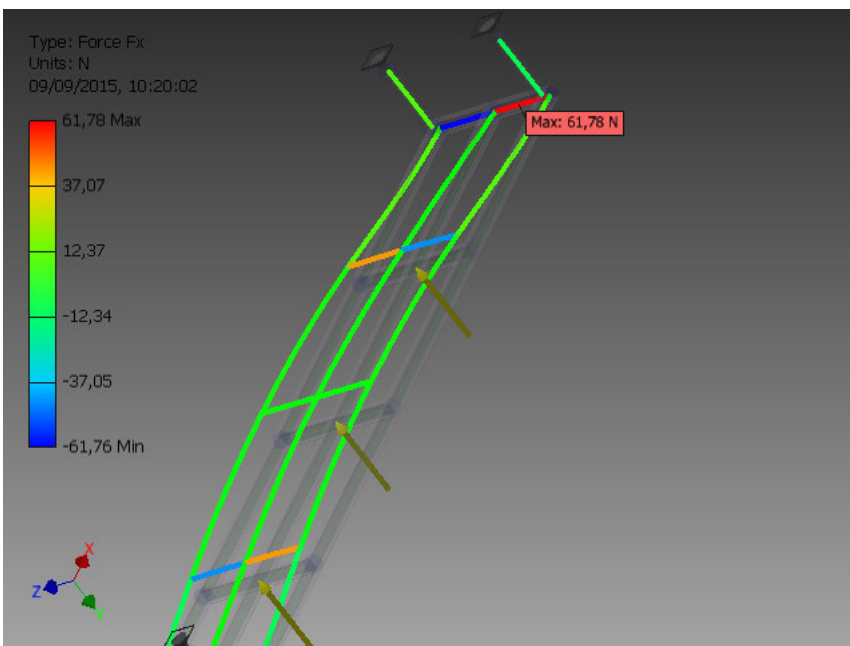
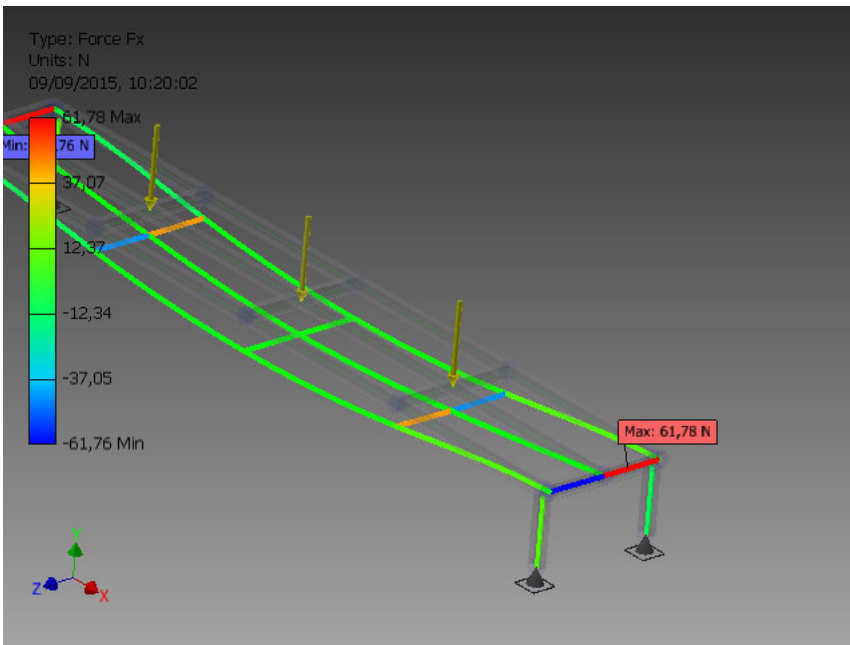
☐ **Figures**

☐ **Displacement**

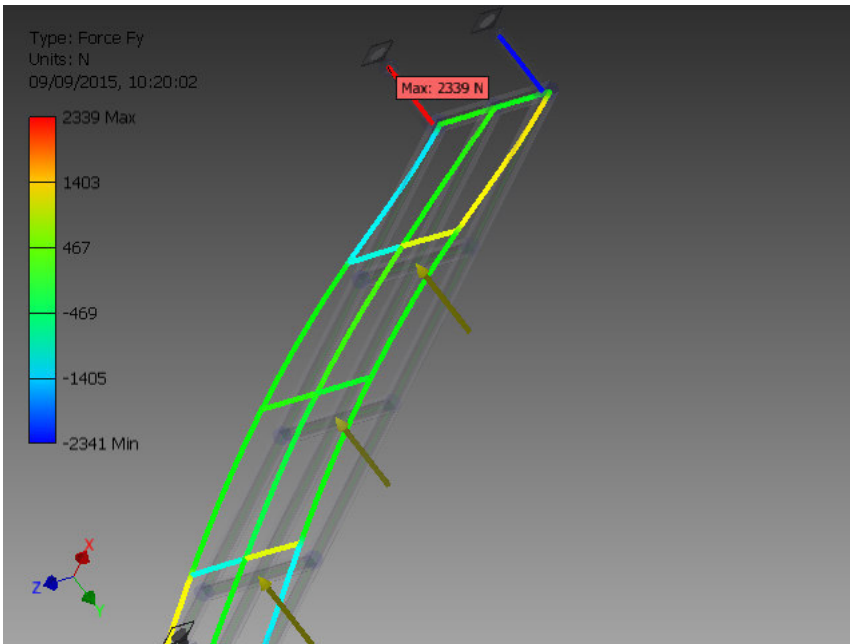
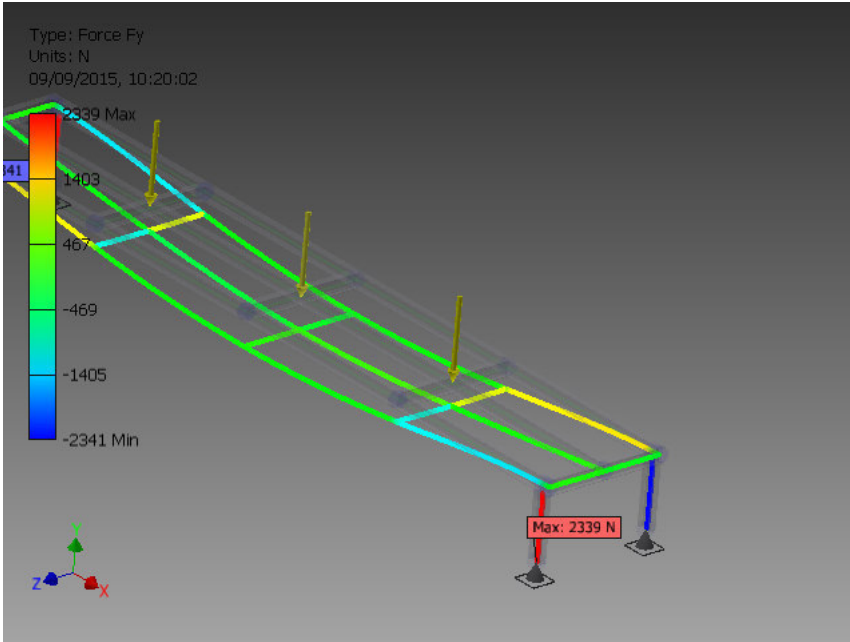




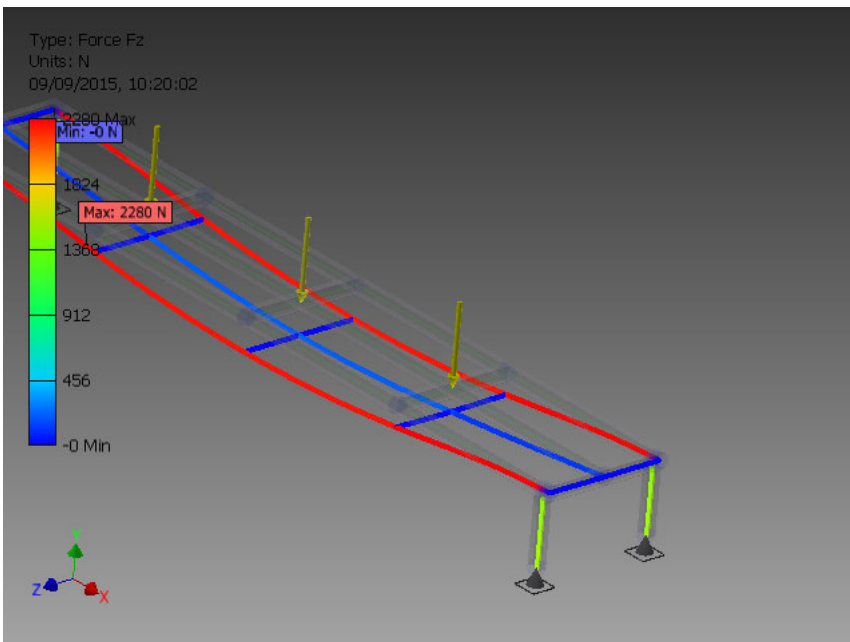
Fx

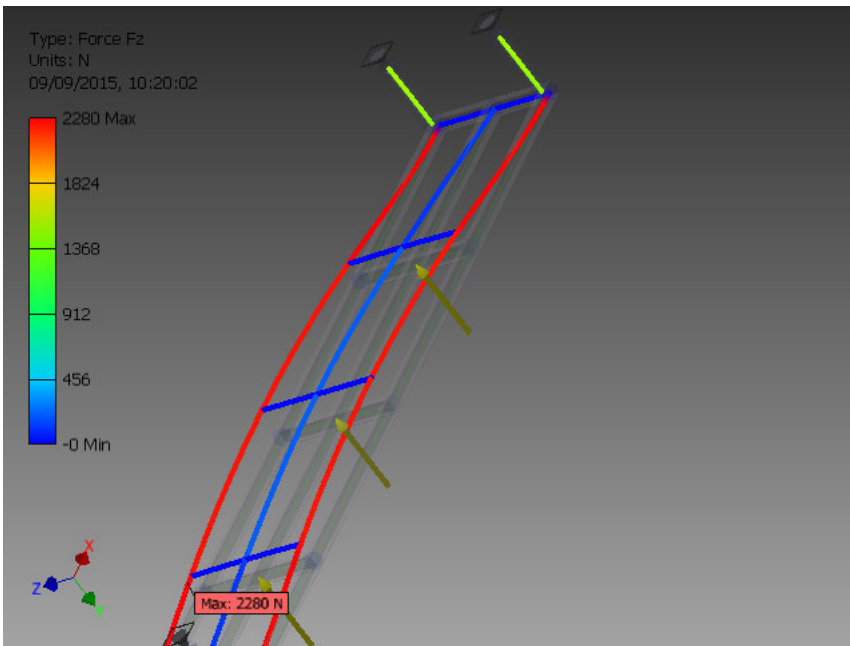


Fy

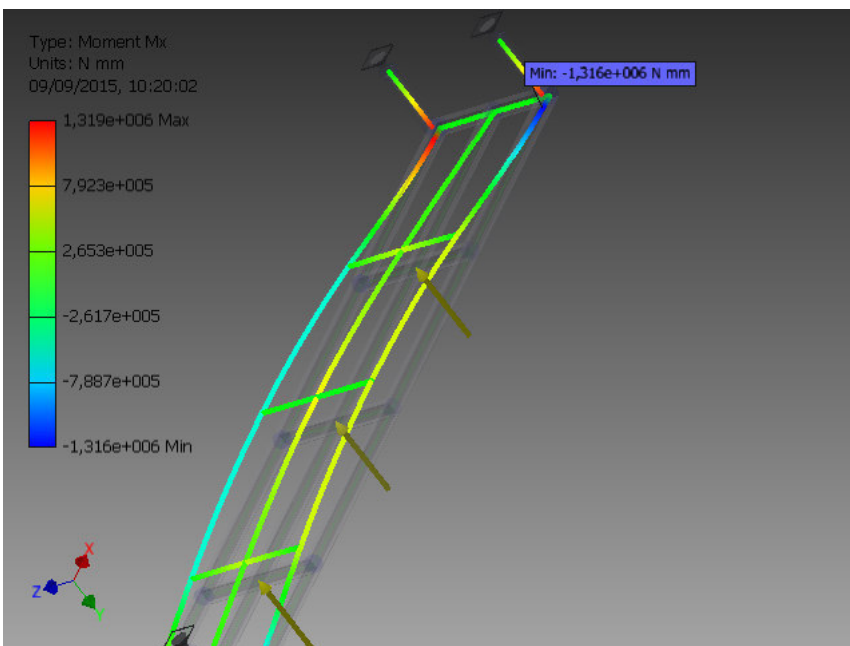
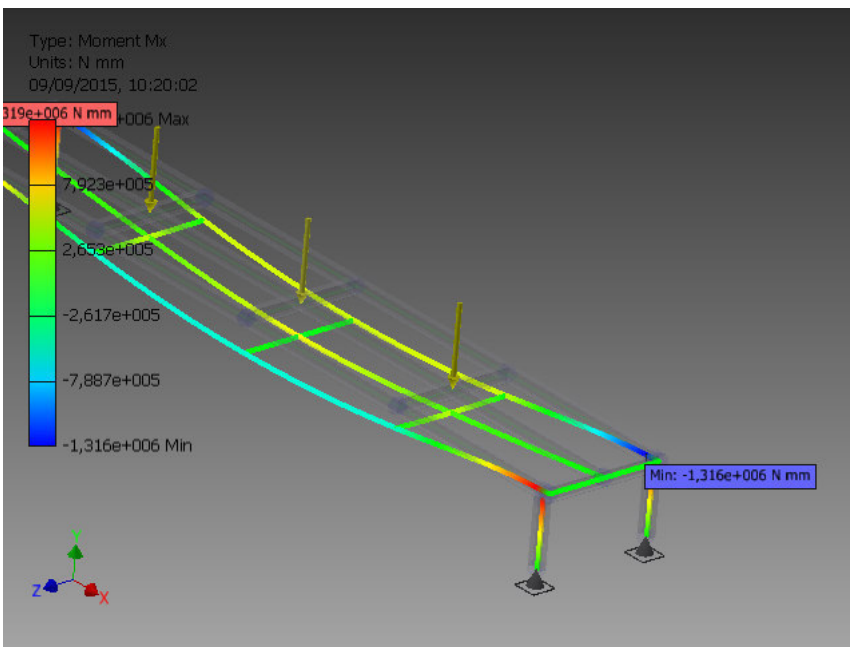


Fz

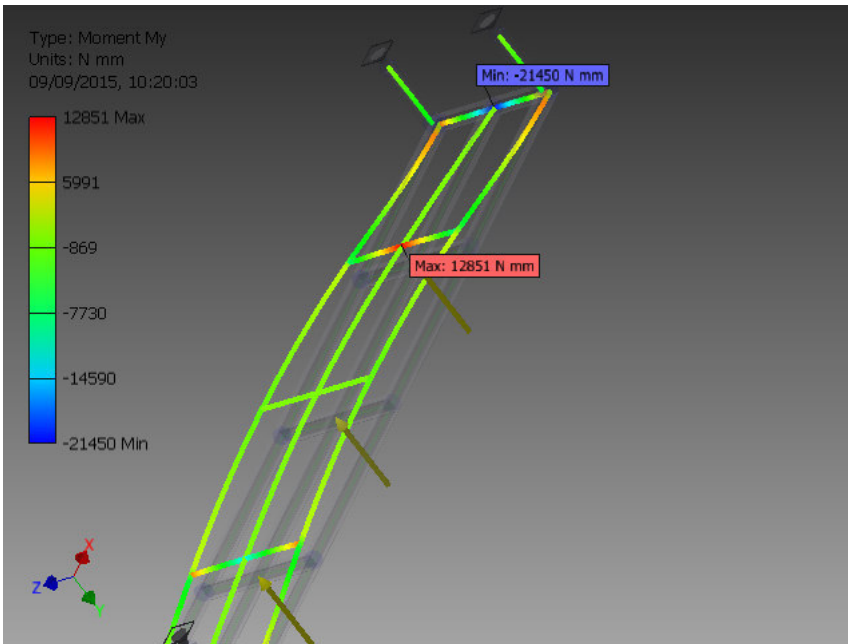
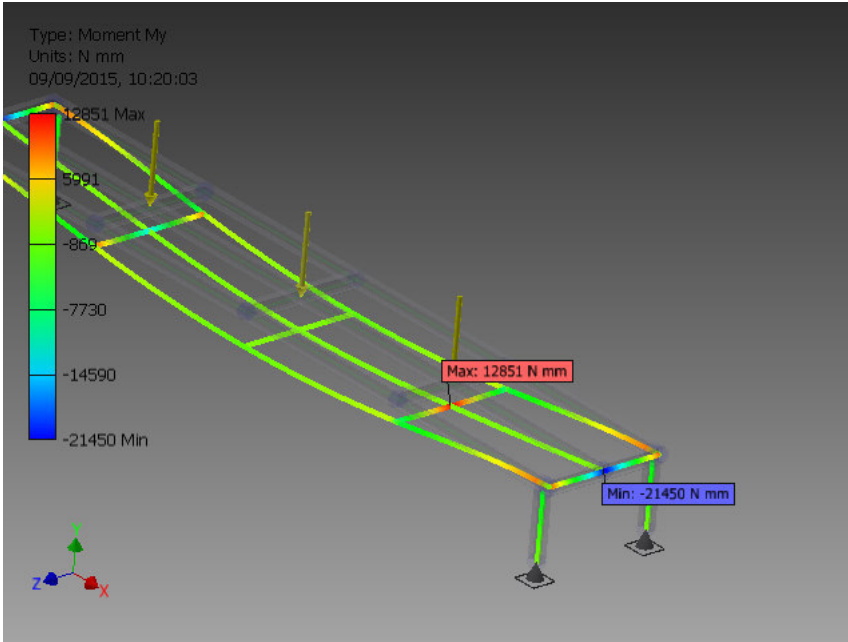




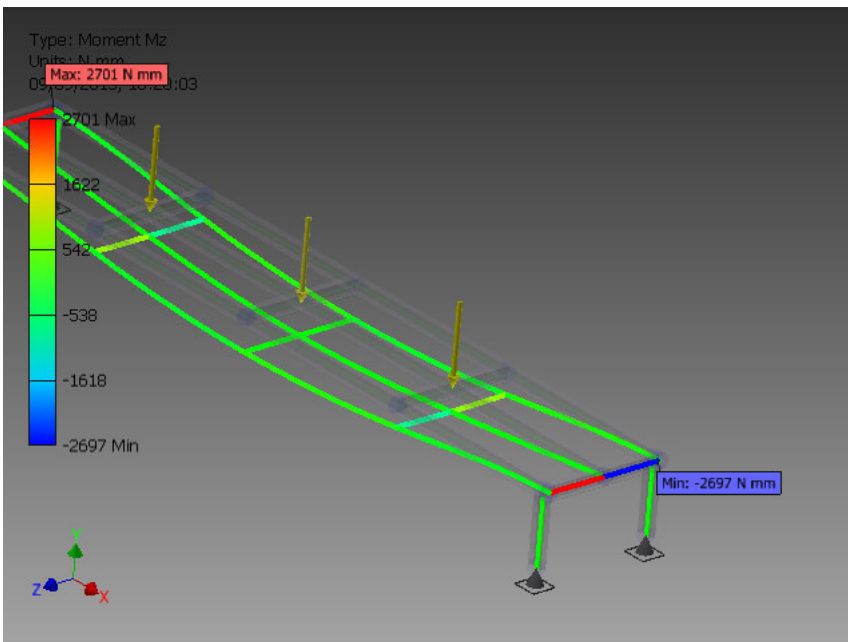
Mx

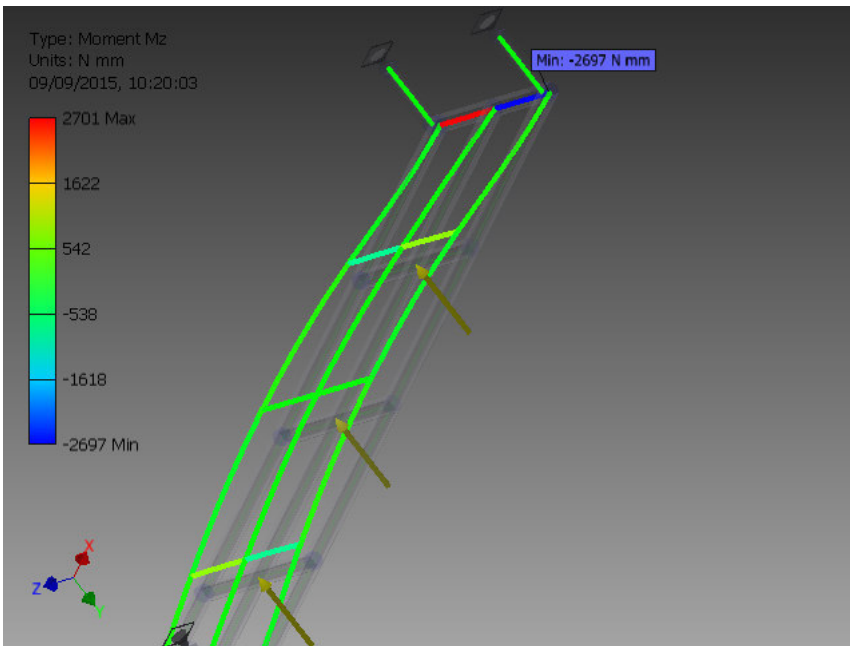


☐ My

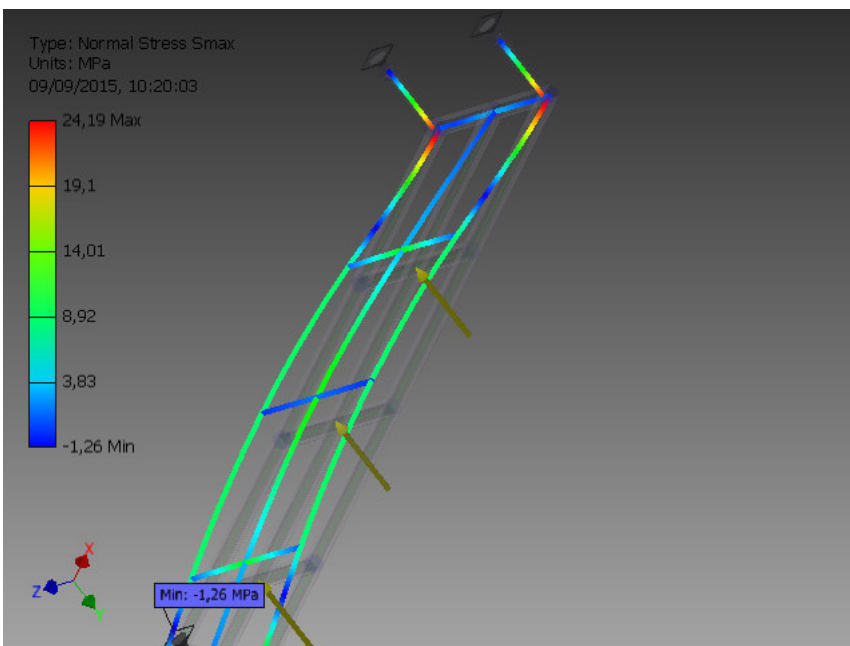
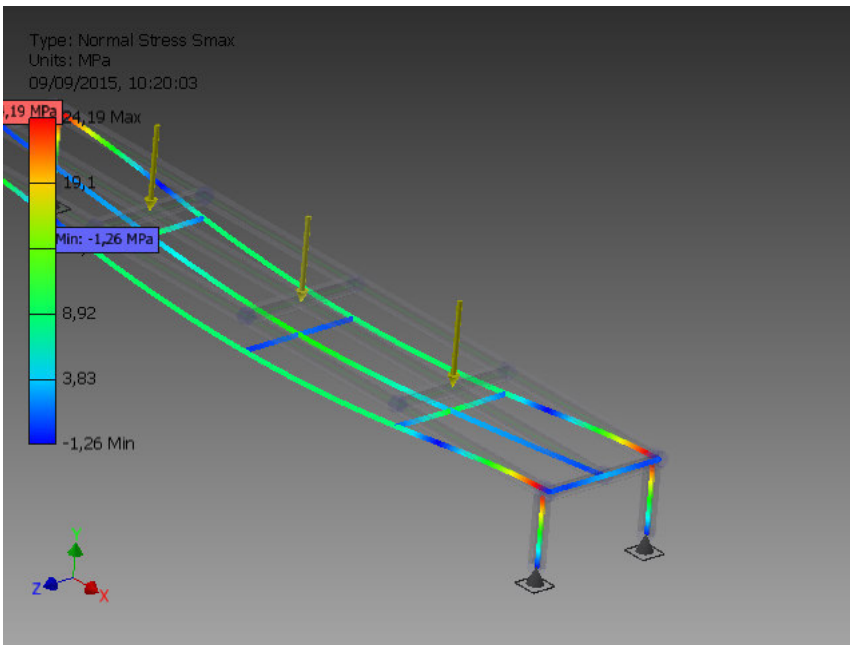


☐ Mz

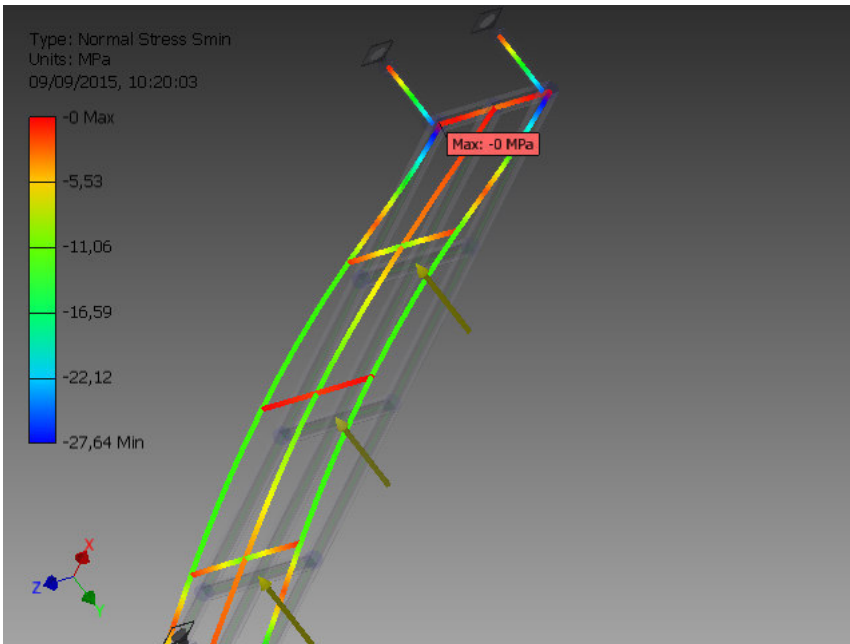
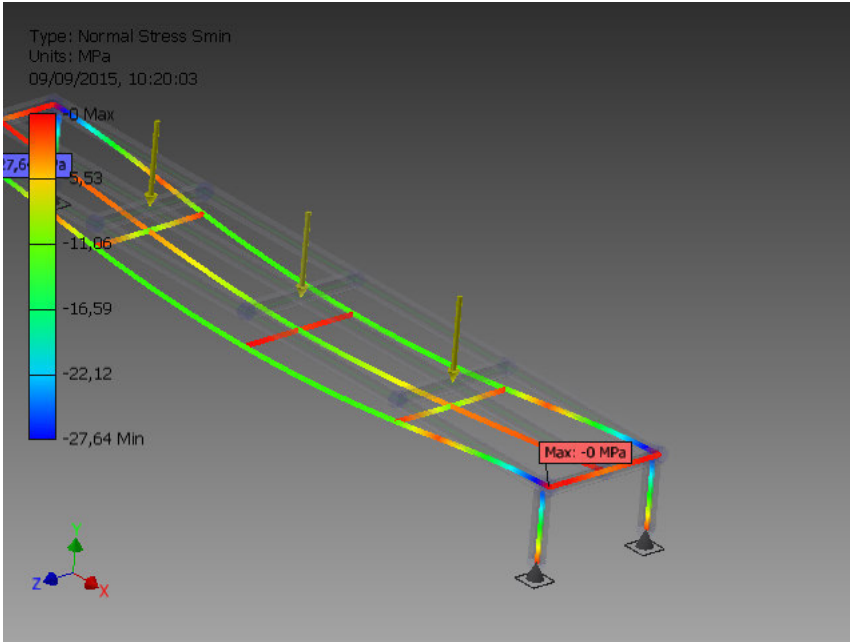




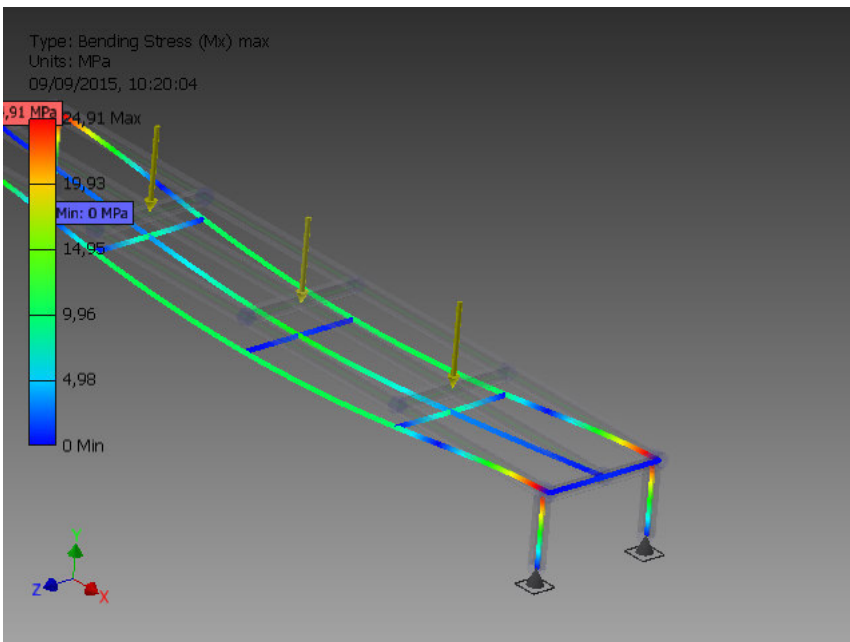
Smax

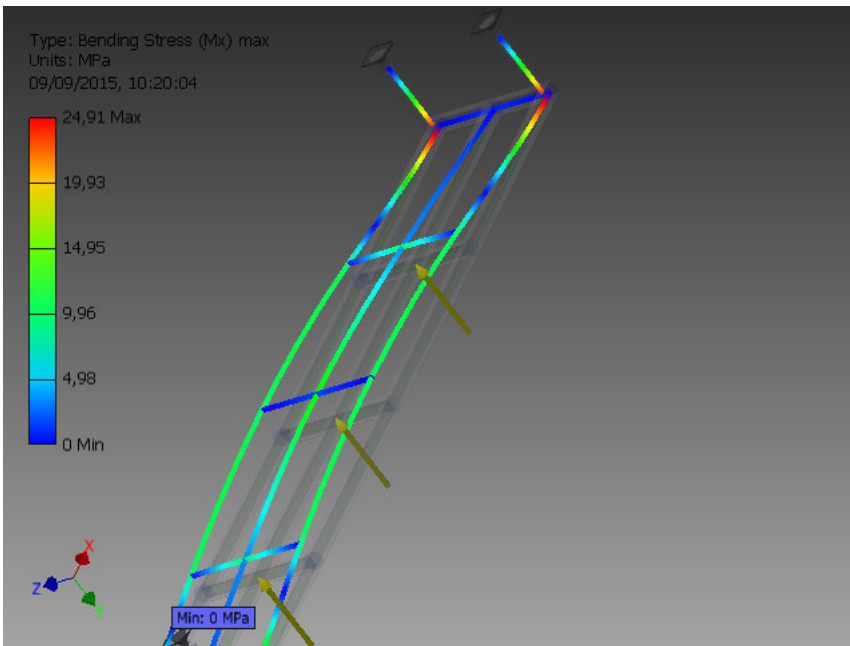


☐ Smin

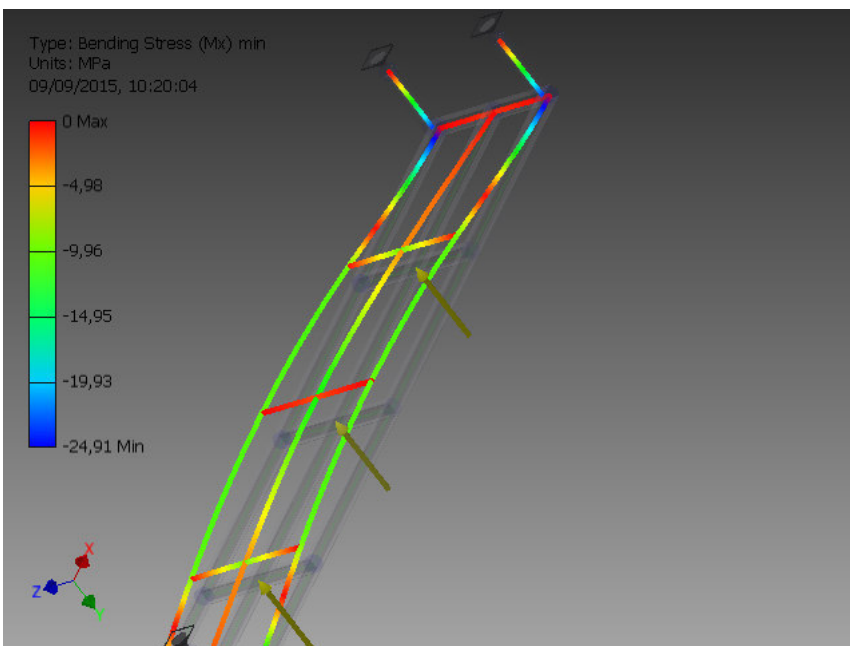
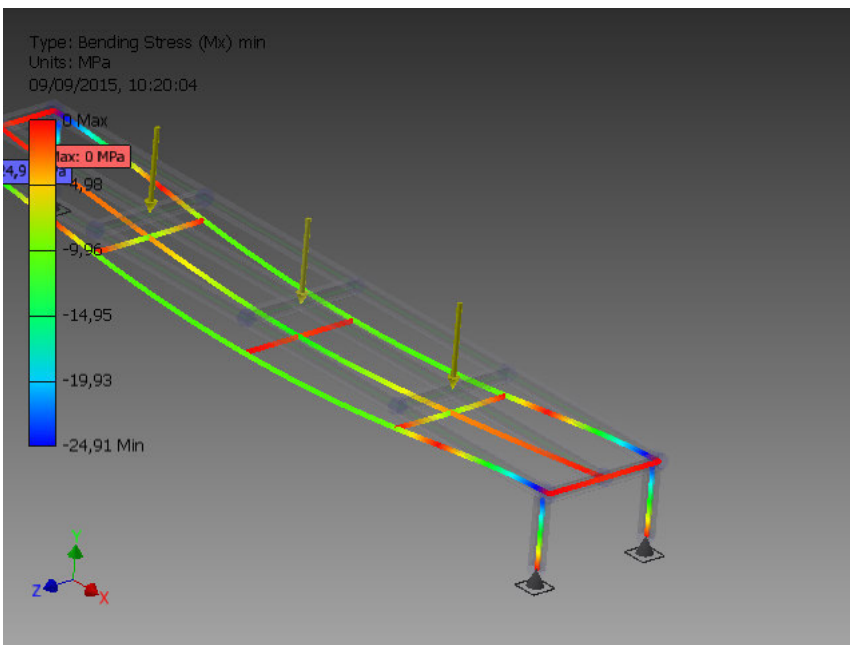


☐ Smax(Mx)

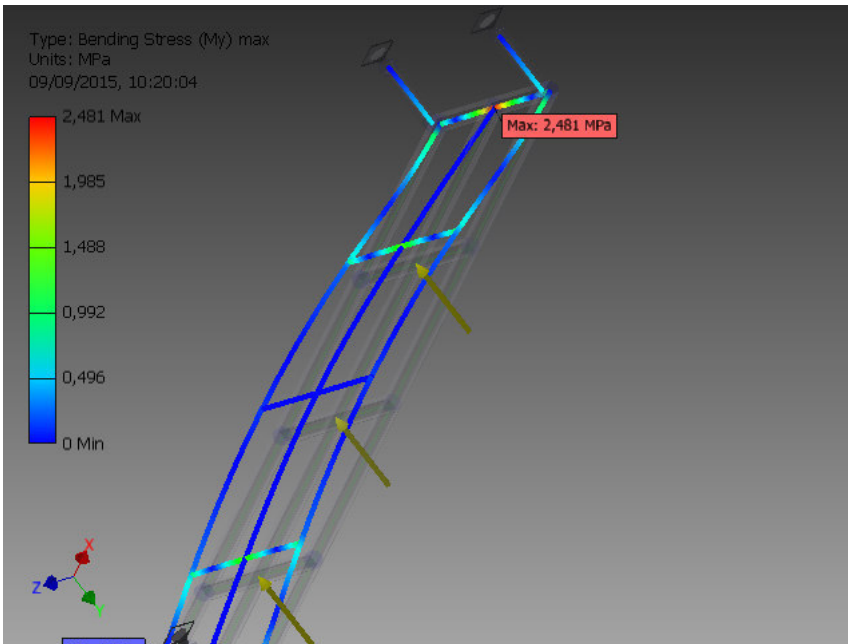
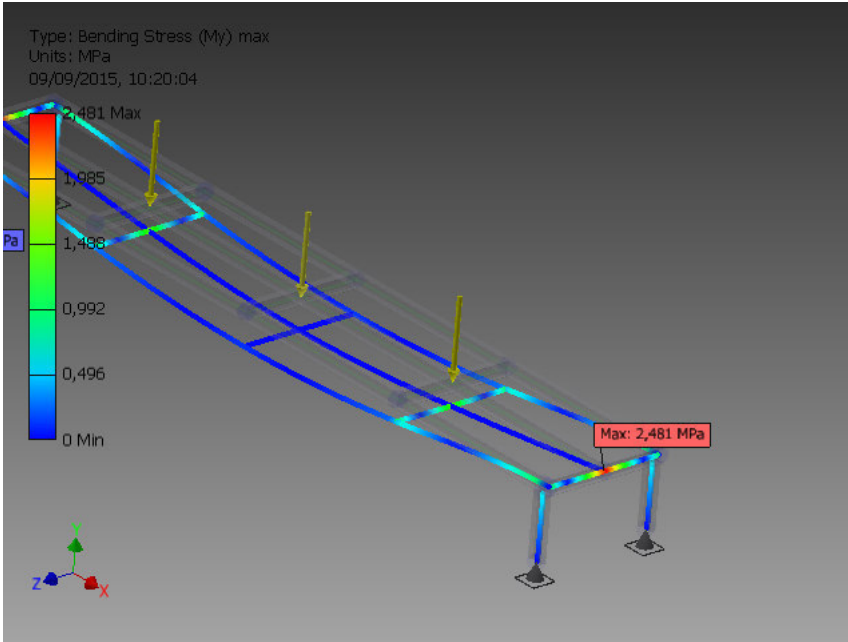




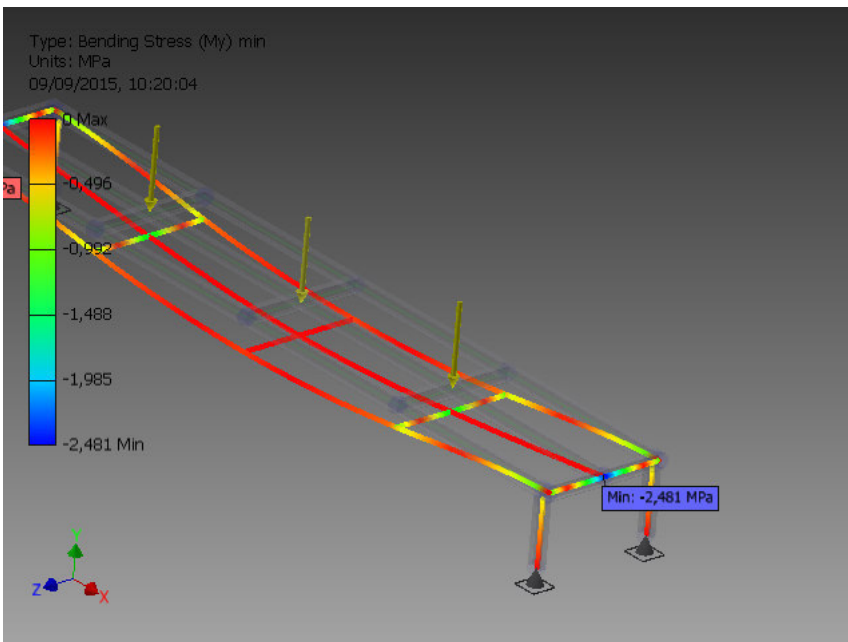
☐ Smin(Mx)

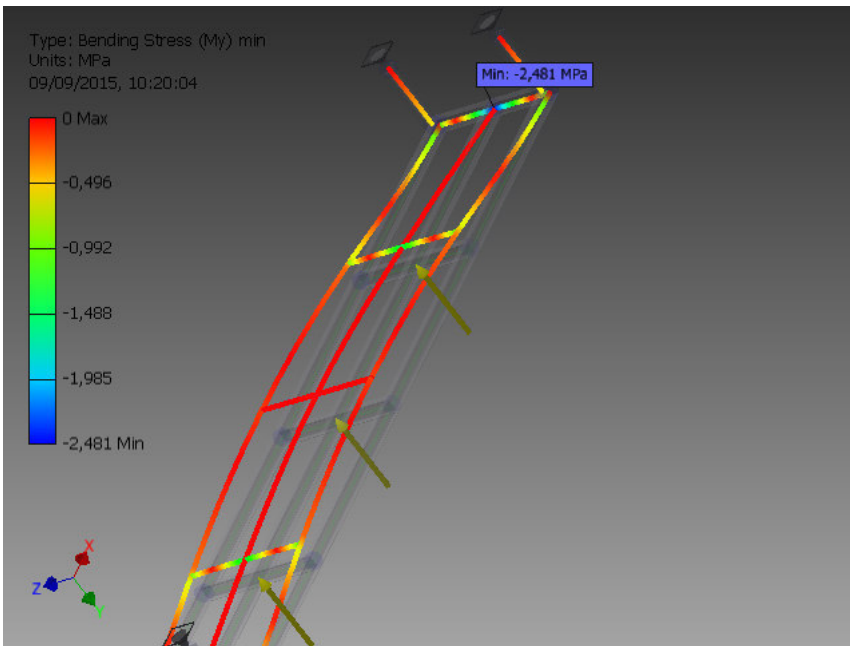


☐ Smax(My)

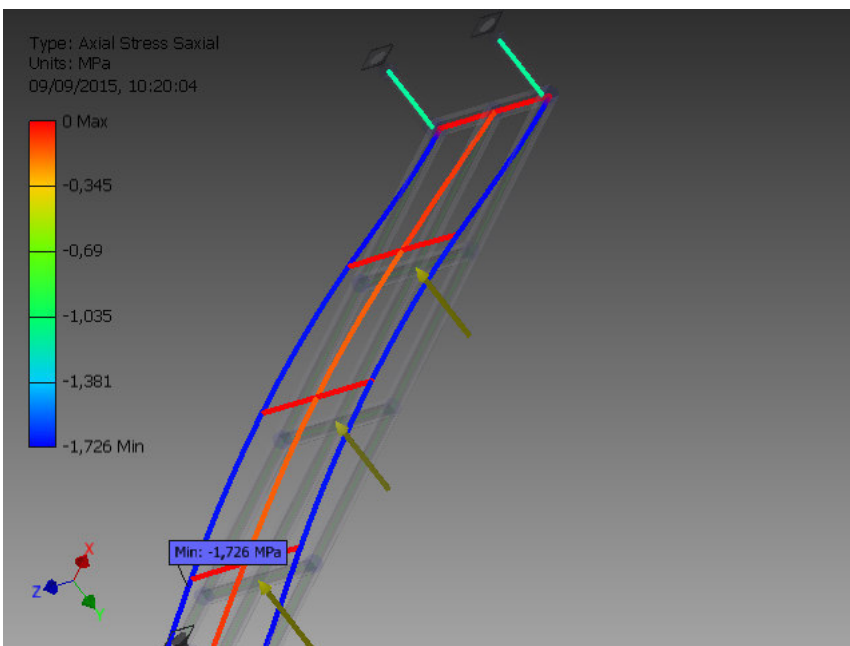
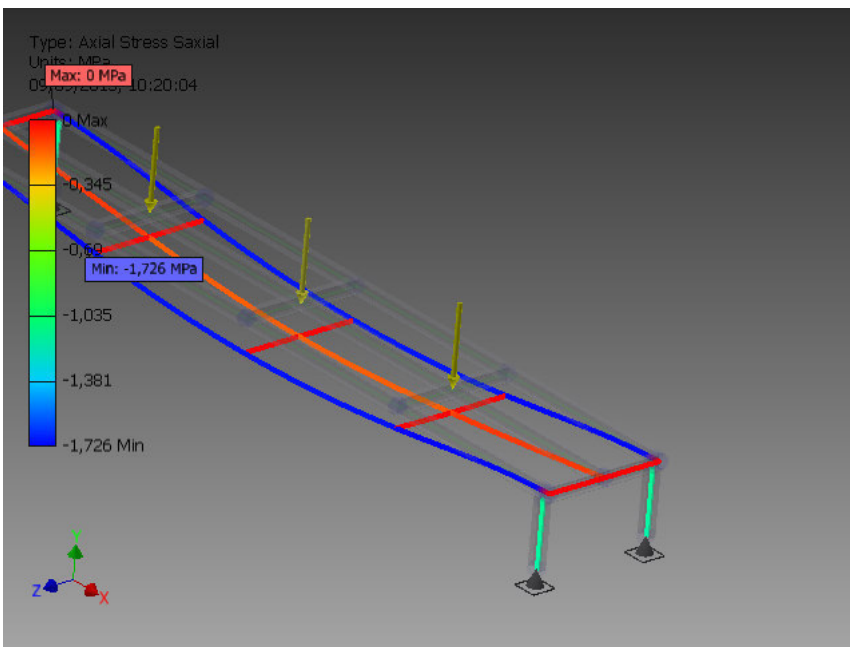


☐ Smin(My)

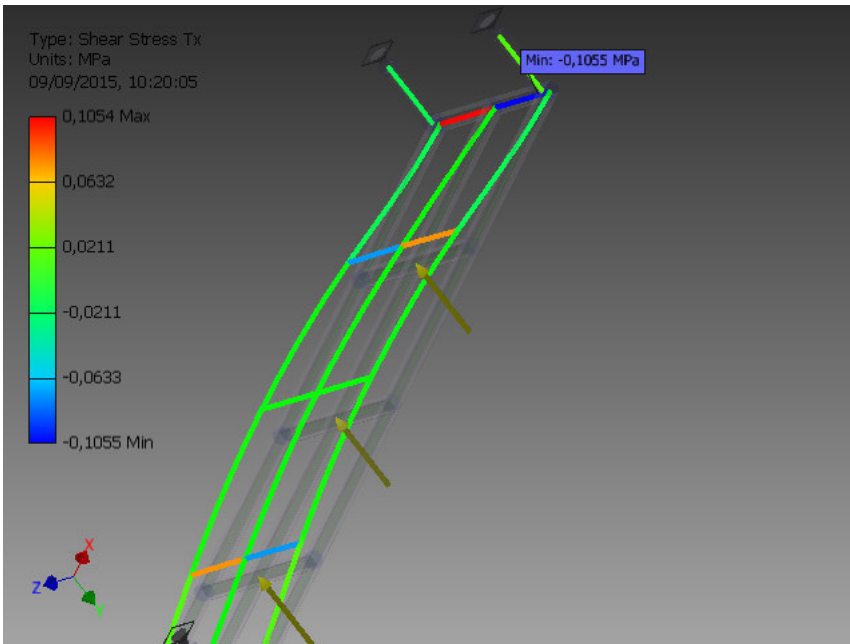
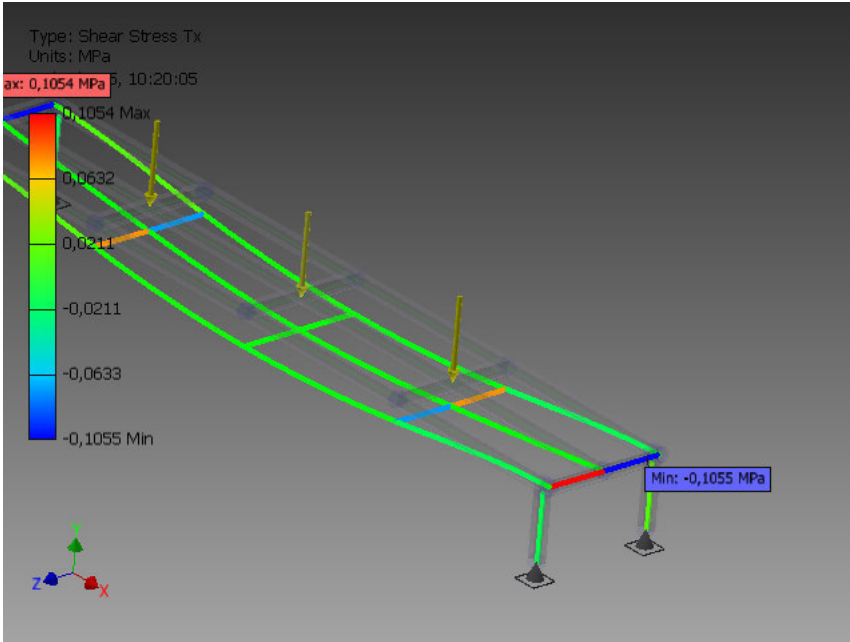




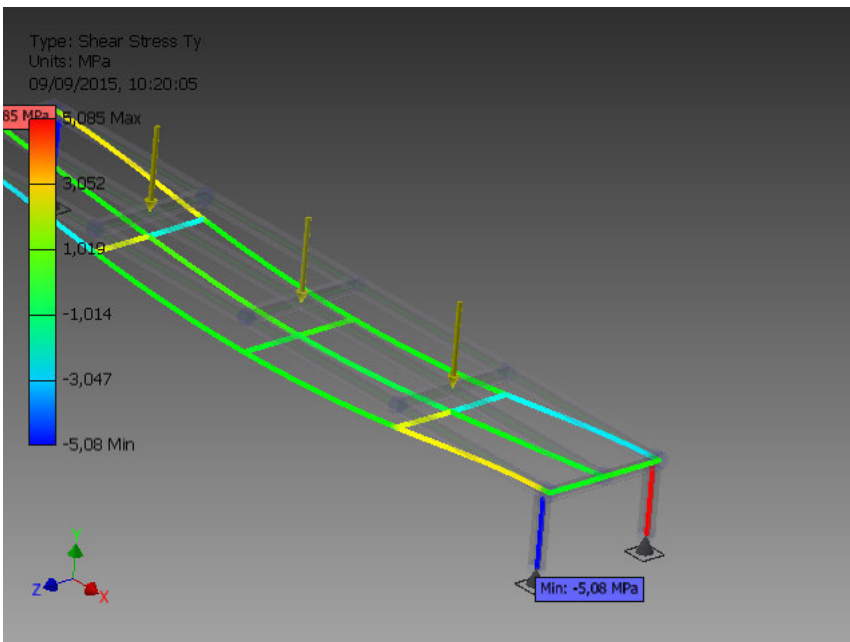
Saxial

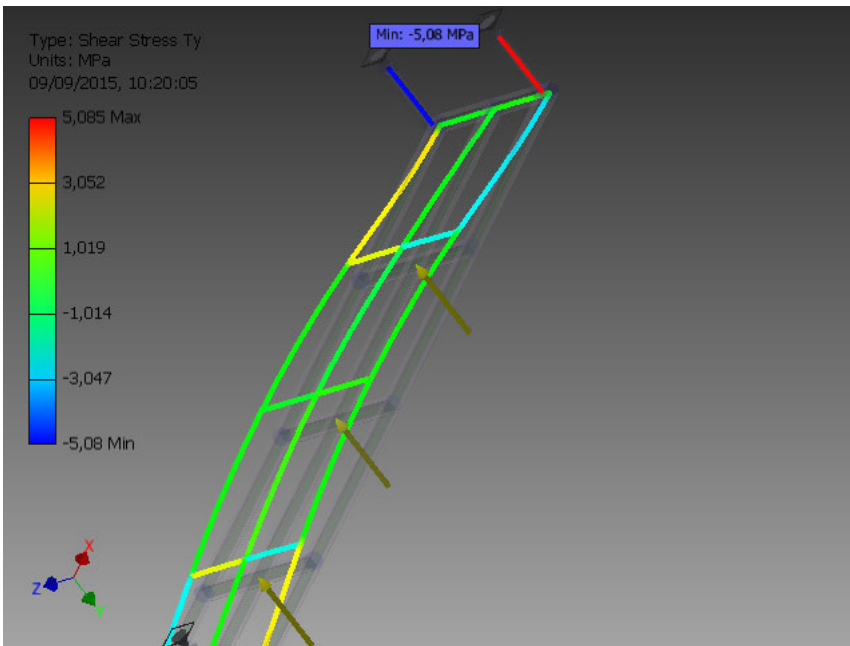


Tx



Ty





T

