

Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial



Diseño y desarrollo de un prototipo para un sistema de protección y abastecimiento para estaciones totales.

Por:

Joan Patrachs Herrera Cristi
Víctor Antonio Tapia Bassi

Trabajo de Título para optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y título de
Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía Lorena Álvarez Sánchez

Noviembre, 2014

*"No puede impedirse el viento,
pero hay que saber
construir molinos"*

Proverbio holandés

*Dedicado a mi familia por el infinito apoyo,,
Mis profesores por darme las herramientas
Mi polola por siempre creer en mí
Victor Tapia Bassi*

Glosario de términos

WLAN: Red de área local inalámbrica.

Prisma: Objeto circular formado por una serie de cristales que tienen la función de regresar la señal emitida por una estación total.

Talud: Inclinación del paramento de un muro o de un terreno.

Fibra de carbono: Fibra sintética constituida por finos filamentos de 5–10 μm de diámetro y compuesto principalmente por carbono.

Nanotubos: Estructuras tubulares cuyo diámetro es del tamaño del nanómetro.

Áerogel: Una sustancia coloidal similar al gel, en el cual el componente líquido es cambiado por un gas, obteniendo como resultado un sólido de muy baja densidad.

Ductal: Concreto de ultra-alta performance.

Panel sándwich: Es un producto industrial de poliuretano inyectado, diseñado para realizar cerramientos en la construcción, industrial y residencial.

Espuma metálica: Es un material metálico isotrópico y muy poroso con una distribución aleatoria de los poros dentro de la estructura.

Kevlar: Largas cadenas de poliparafenileno tereftalamida, molécula que soporta altas temperaturas con la que se puede construir equipos ligeros, resistentes -5 veces más fuerte que el acero- y a los que no les afecta la corrosión.

Krión: Porcelanosa de alta resistencia.

Grafano/Grafeno: Variaciones del grafito, más resistentes y fuertes.

S.A.N: Copolímero de estireno-acrilonitrilo.

Vidrio metálico: Supermaterial vidrioso que mezcla acero fosforo y níquel.

Nanocelulosa cristalina: Material que se obtiene a partir de la compresión de fibras vegetales y es más resistente que el acero.

P.V.C.N: Es un termoplástico industrial semicristalino transformable por fusión.

Bábbit: Metal de cojinete, es una de las distintas aleaciones utilizadas para la superficie de apoyo en un cojinete de fricción.

Superaleaciones: Es una aleación que exhibe una excelente resistencia mecánica y a la fluencia (tendencia de los sólidos a moverse lentamente o deformarse bajo tensión), resistencia a altas temperaturas, estabilidad y una gran resistencia a la corrosión y la oxidación.

Hastelloy: Es una Superaleación de níquel-molibdeno-cromo con adición de tungsteno diseñado para tener una excelente resistencia a la corrosión en un rango amplio de ambientes severos.

Iconel: Es una marca de Special Metals Corporation que se refiere a una familia de superaleaciones austeníticas de base níquel-cromo.

M-252: Es una aleación de Níquel dopado con molibdeno, destinados a los álabes de los motores de aviones.

Inco 700: derivado del Iconel con otros % de composición

S-816: Superaleación en base al acero

Nimonic 80-A: Nimonic-80A eran el titanio (2,5%) y el aluminio (1,2%), formando una fase de refuerzo.

J-1570: Superaleación compuesta de acero en su mayor porcentaje

HS-R235: Es una versión del Hastelloy con mayores capacidades termoresistentes

L.C.N- 155: Superaleación de acero, con Ni, Cr, Mo. Utilizado en la industria de cohetes espaciales.

19.9DL: Superaleación de acero y Ni con resistencia a altas temperaturas.

Índice de contenidos

1.- Introducción.....	11
2.- Marco teórico.....	15
2.1.- Estación total.....	15
2.2.- Diseño.....	18
2.3.- Aspectos que se deben considerar en el diseño de una estación total.....	18
2.3.1.- Selección de materiales.....	18
2.3.1.1.- Definición de requerimientos para la aplicación considerada.....	19
2.3.1.2.- Análisis de requerimientos y aptitudes de materiales.....	21
2.3.1.3.- Materiales disponibles y sus características subjetivas.....	28
2.3.1.4.- Materiales disponibles y sus características cuantitativas.....	33
2.4.- Suministro energético.....	37
3.1.- Ubicación.....	40
3.2.- Clima.....	40
3.3.- Nuevo diseño.....	44
3.4.- Selección de materiales.....	61
3.5 Selección de fuente de alimentación de energía.....	62
3.5.1.- Determinación de la potencia de consumo para el sistema.....	63
3.5.2 Cálculo del banco de baterías.....	65
3.5.3 Cálculo de los paneles solares.....	65
3.5.4 Cálculo del regulador.....	69
3.5.5 Cálculo del regulador de carga.....	69
3.5.6 Cálculo del inversor.....	69
3.5.7 Cálculo del conmutador.....	70
4.0 Validación de diseño y materiales.....	71
5.- Costos.....	87
6.- Conclusiones y recomendaciones.....	92
7.- Anexos.....	95
Resumen.....	10

Índice de figuras

- Figura n°1: Mina a tajo abierto, 11
Figura n°2: Estación total, 13
Figura n°3: Prisma, 13
Figura n°4: Proceso del haz de luz de la estación total al prisma, 14
Figura n°5: Flujograma del uso y almacenamiento de información de monitoreo., 15
Figura n°6: Caseta en terreno, 16
Figura n°7: Representación virtual de caseta, 16
Figura n°8: Características de funcionamiento estación total, 37
Figura n°9: Tráiler en terreno, 39
Figura n°10: Diagrama condición viento Putre, 41
Figura n°11: Diagrama condición viento Sierra Gorda, 42
Figura n°12: Diagrama condición viento Tierra Amarilla, 42
Figura n°13: Diagrama condición viento Pan de Azúcar, 42
Figura n°14: Diagrama condición viento Los Andes, 43
Figura n°15: Diagrama condición viento Machalí, 43
Figura n°16: Planimetría general SHIELD, 55
Figura n°17: Planimetría casco SHIELD, 56
Figura n°18: Planimetría jaula o tronco de SHIELD, 57
Figura n°19: Planimetría placa superior SHIELD, 58
Figura n°20: Planimetría placa inferior SHIELD, 59
Figura n°21: Planimetría base SHIELD, 60
Figura n°22: Diagrama cálculo de límites de pérdida por orientación e inclinación., 67
Figura n°23: Representación Casco SHIELD, 73
Figura n°24: Representación Jaula o Tronco SHIELD, 74
Figura n°25: Representación Placas de unión superior SHIELD, 74
Figura n°26: Representación Placas de unión inferior SHIELD, 74
Figura n°27: Representación Base SHIELD, 75
Figura n°28: Despiece de SHIELD, 75
Figura n°29: Representación resultados inventor Von Mises 1, 78
Figura n°30: Representación resultados inventor Von Mises 2, 79
Figura n°31: Representación resultados inventor Von Mises 3, 79
Figura n°32: Representación resultados inventor Von Mises 4, 81
Figura n°33: Representación resultados inventor Von Mises 5, 82
Figura n°34: Representación resultados inventor Von Mises 6, 83
Figura n°35: Representación resultados inventor Von Mises 7, 85
Figura n°36: Representación resultados inventor Von Mises 8, 85
Figura n°37: Representación resultados inventor Von Mises 9, 86

Índice de tablas

Tabla n°1: Problemas vs frecuencia.,	20
Tabla n°2: Matriz de despliegue funcional de la calidad.,	22
Tabla n°3: Matriz de relación QUE's y COMO's.,	24
Tabla n°4: Análisis de competencias.,	25
Tabla n°5: Ponderación de recursos.,	26
Tabla n°6: Características subjetivas materiales alternativos.,	29
Tabla n°7: Características subjetivas materiales alternativos.,	30
Tabla n°8: Características subjetivas materiales alternativos.,	30
Tabla n°9: Características subjetivas metales.,	31
Tabla n°10: Características subjetivas metales.,	31
Tabla n°11: Características subjetivas superaleaciones.,	32
Tabla n°12: Características subjetivas superaleaciones.,	32
Tabla n°13: Características cuantitativas materiales alternativos.,	33
Tabla n°14: Características cuantitativas materiales alternativos.,	34
Tabla n°15: Características cuantitativas materiales alternativos.,	34
Tabla n°16: Características cuantitativas metales.,	35
Tabla n°17: Características cuantitativas metales.,	35
Tabla n°18: Características cuantitativas superaleaciones.,	35
Tabla n°19: Características cuantitativas superaleaciones.	36
Tabla n°20: Temperatura mínima mensual (°C) Temporada 2013,	40
Tabla n°21: Temperatura máxima mensual (°C) Temporada 2013,	40
Tabla n°22: Calculo consumo estimado,	63
Tabla n°23: Radiación solar promedio mensuales (w/m ²) Temporada 2013,	65
Tabla n°24: Horas Solares Pico (h) Mensuales para la Zona de estudio,	68
Tabla n°25: Factor de cobertura mensual.,	69
Tabla n°26: Datos técnicos cargador BC9000EVO,	70
Tabla n°27: Datos técnicos de la evaluación,	77
Tabla n°28: Datos físicos,	77
Tabla n°29: Cargas ejercidas,	78
Tabla n°30: Evaluación de desplazamiento en los vectores 3D,	80
Tabla n°31: Datos Técnicos de la evaluación de Iconel,	80
Tabla n°32: Detalles técnicos del Aluminio 6061,	81
Tabla n°33: Datos físicos,	81
Tabla n°34: Carga ejercida,	81
Tabla n°35: Evaluación de desplazamiento en los vectores 3D,	83
Tabla n°36: Datos físicos Kevlar,	84
Tabla n°37: Datos físicos Fibra de Carbono,	84
Tabla n°38: Carga ejercida,	84
Tabla n°39: Evaluación de desplazamiento en los vectores 3D,	86
Tabla n°40: Costos totales de fabricación implementos,	88
Tabla n°41: Costos totales de mantención implementos,	91
Tabla n°42: Comparación de cualidades SHIELD Al6061 vs Modelo Actual,	92
Tabla n°43: Comparación de cualidades SHIELD Al6061AC vs Modelo Actual,	93

RESUMEN

El presente proyecto tiene como objetivo demostrar como la innovación tecnológica y el emprendimiento son temas del presente y futuro de la ingeniería. Para esto se elaboró un proyecto de trabajo de titulación con respecto a la protección de las estaciones totales que poseen las mineras, tomando el punto de vista del diseño industrial en combinación con las herramientas que posee un ingeniero civil industrial.

El proyecto consiste en el desarrollo de un prototipo para la protección de estaciones totales, recurriendo a los pasos básicos del diseño industrial, selección de materiales y a la validación por medio de software de última generación. Como resultado de cumplir con cada paso del marco teórico planteado se obtiene un prototipo con 3 distintas combinaciones de materiales para la fabricación, con una logística con el fin de superar a la solución actual, siendo simple a la hora de armado y traslado, en si supero toda expectativa dada con respecto a la solución actual. En este sentido, la fabricación del Prototipo nombrado *SHIELD* presenta una oportunidad de mercado novedosa para un ingeniero civil industrial, por lo que a lo futuro es un nicho lleno de opciones para constantes mejoras. Al final del proyecto ya terminado y evaluado el prototipo con las 3 combinaciones de materiales, se obtuvo 2 conclusiones debido a que 2 de ellas cumplen con las expectativas pero a distintos costos y en distintos tiempos ambas superando la solución actual.

Comparación Shield AL6061 versus Modelo actual:

	SHIELD AL6061	MODELO ACTUAL
Armado	Simple y accesible	Especializado
Reemplazo estructural	Por Partes	Reemplazo completo
Vida útil	8 años	4 años
Costo fabricación	\$ 5.328.882	\$ 26.400.000
Costo Mantenición	\$ 1.065.780	\$ 500.000
Numero de Mantenciones	1 vez al año	2 veces al año

Comparación Shield AL6061AC versus Modelo actual:

	SHIELD AL6061AC	MODELO ACTUAL
Armado	Simple y accesible	Especializado
Reemplazo estructural	Por Partes	Reemplazo completo
Vida útil	6 años	4 años
Costo fabricación	\$ 4.988.882	\$ 26.400.000
Costo Mantenición	\$ 997.780	\$ 500.000
Numero de Mantenciones	1 vez al año	2 veces al año

La tabla anterior resume nuestro trabajo: Es posible plantear una nueva alternativa de fabricación de un producto. Es posible disminuir los costos de producción cuando se analiza la fabricación con nuevos materiales y se aplica nueva tecnología. Hoy hay software que apoyan la labor del ingeniero y muchas veces por pereza no las ponemos a nuestra disposición.

Con nuestro trabajo creemos haber demostrado que un Ingeniero puede enfrentarse a cualquier desafío, siempre que tenga ganas, ponga lo mejor de si y se esfuerce estudiando nuevas materias, aquellas que no están en la malla curricular, pero que somos capaces de interiorizar, entender y aplicar

1.- INTRODUCCIÓN

Actualmente la industria a nivel mundial presenta una tendencia a la protección y prevención de accidentes en sus empresas tanto con el personal, maquinarias y establecimientos, esto es debido a una serie de factores tales como: índices estadísticos que reflejan que mientras más seguro el lugar de trabajo, mayor es la rentabilidad, preferencias personales donde predomina la opción de un mejor bienestar del personal, avances tecnológicos en cuanto medición y prevención de accidentes, higiene, entre otros. Este fenómeno va desde una pequeña pyme hasta llegar uno de los rubros más grande como lo es el rubro de la minería. ¿Por qué centrarse en el rubro de la minería? Esto se debe a que hoy en día a nivel sudamericano el rubro minero es el que mueve más dinero. De acuerdo a los datos obtenidos en el catastro de proyectos mineros ¹del 2013 dice que toda mina debe tener un sistema de vigilancia y protección con respecto a la faena, un ejemplo internacional que podemos dar es el caso de Perú con sus 2 minas principales “Cuajones y Toquepala”, las que han invertido constantemente en tecnología e innovación para mantener a la vanguardia el tema de protección y prevención de accidentes. Para este proyecto el análisis fue tomado desde nivel mundial, pasando a un nivel continental hasta llegar a nuestro país Chile que en su caso específico cuenta con 34 proyectos mineros los cuales están obligados a tener un sistema de prevención y protección contra accidente. Con ello surge la siguiente interrogante: ¿De qué forma en Chile el rubro minero cumple el objetivo de tendencia mundial sobre la prevención de accidentes?

Actualmente el rubro minero en Chile, mueve una cantidad 5.436.175 toneladas de mineral, dividido en 5,4 millones de toneladas de cobre, 45 toneladas de oro, 1130 toneladas de plata y 35.000 toneladas de molibdeno al año 2013, presentando una contribución con el PIB referenciado en el 2013 de un 13% y 60% de las Exportaciones. ²Por tal motivo en el presente proyecto se conceptualiza en cómo este rubro de la industria chilena invierte su dinero siendo tanto como en tecnología e innovación para cumplir con la interrogante planteada.

El rubro minero en Chile trata el tema de la protección y prevención de accidentes como una función principal en la industria, caso ejemplar es el de Angloamerican, que habla de este tema como una prioridad. Como se mencionaba anteriormente la minería no solo mueve toneladas de mineral, sino unas grandes cantidades de dinero, por lo que las inversiones en los distintos proyectos son constantes. Estas mejoras se pueden ver en la parte maquinaria que consta de camiones, retroexcavadoras, grúas, horquillas, toda la maquinaria para el proceso extractivo del mineral y las que cumplen la función de mantener la seguridad en la mina. En si la inversión de la industria minera no trata solamente en estas máquinas año a año

¹ http://www.mch.cl/wp-content/uploads/sites/4/2013/10/Muestra_Catastro_ProyectosMineros2013_14.pdf

² <http://www.consejominero.cl/wp-content/uploads/2014/10/Reporte-anual-CM-2013-2014.pdf>

con tal de obtener un proceso productivo acorde a lo invertido, sino que también se considera una parte del capital en capacitación tanto en la parte de altos mando como en la parte de trabajadores de obra con el mismo fin que la inversión en maquinaria, pero el aspecto más destacado de hoy en día es la gran inversión que se está haciendo con respecto al cuidado y prevención de accidentes, sobre todo al control sobre la faena misma.

Una forma de contextualizar en este tema es partir diciendo que existen dos tipos de minas, las subterráneas o de socavón la que desarrolla su actividad por debajo de la superficie a través de labores subterráneas, el sistema de explotación para la obtención del mineral es: túneles, cavernas, bocamina o emboquille, cuartel, galería, pozo, chimenea, etc. y el otro tipo son las minas a tajo abierto, están realizan su proceso extractivo se realiza en la superficie del terreno con maquinarias de gran tamaño, a diferencia de las subterráneas las labores características de este sistema de explotación son los: bancos, bermas, pista, talud, plaza, corte, etc. (cuando hablamos de talud, nos referimos a cada franja o tajo que se realiza sobre la mina), los cuales están hechos de forma que se pueda ir explotando la mina de un manera correcta y así sacarle el mayor provecho a la beta de mineral.



Figura N°1 Mina a tajo abierto

La figura N°1 ³deja ver la manera en como se ve una mina a tajo abierto, donde se ve cada detalle del socavón, mostrando los taludes que le componen en forma de escalera

³ Fuente: http://www.miningpress.cl/media/img/00_chuquicamata_2238.jpg

Con respecto al tema de seguridad, como prioridad en la faena minera nos dice que este tipo de mina maneja la protección a través del sistema de moda en la minería denominado el “Sistema de evaluación y monitoreo por prismas”. El monitoreo por prisma consiste en un control diario durante las 24 horas del día, 7 días a la semana, los 365 días del año. Trata de un diseño en que el instrumento topográfico mide y evalúa de manera continua la obra que se le asigna. Este instrumento topográfico es denominado estación total y está protegido por una caseta confeccionada por las mineras, por lo que no existe un estudio ni desarrollo de proyectos que proteja de las condiciones ambientales específicas de cada minera a la que este instrumento está expuesto. Este sistema permite el desarrollo y construcción, en este caso, de los taludes para efecto de que no existan fallas, evitar derrumbes y así prevenir accidentes.

El presente trabajo de titulación se estructura en 5 capítulos. El primero titulado “Marco teórico”, en el cual se presenta conceptos claves sobre el diseño industrial, la selección de materiales y la explicación básica de una estación total y su correspondiente protección actual. Un segundo capítulo explica las características que posee la caseta confeccionada hoy en día para la protección de la estación total. El tercer capítulo lleva al diseño innovador del prototipo que se plantea como oportunidad con respecto a la solución actual, mostrando la planimetría de este, la selección final de materiales y el abastecimiento adecuado para su funcionamiento. Como cuarto capítulo se ve la validación mediante el software más apto para el tema de medición de materiales tener una referencia en el comportamiento del prototipo. El quinto capítulo muestra todo el tema sobre los costos de la fabricación del prototipo, dando todo detalle de las piezas. Finalmente el sexto capítulo que muestra las conclusiones sobre la solución de hoy en día contrapuesta al prototipo de este proyecto de tesis, dando sus observaciones y recomendaciones de esta evaluación.

PROBLEMA U OPORTUNIDAD

Chile posee hoy en día 34 proyectos mineros activos, los cuales todos están obligados a poseer un sistema de protección y según los datos brindados por la empresa Geocas más de las 24 mineras de hoy activas poseen el sistema de monitoreo por primas. Este sistema funciona con dos estaciones totales, dando como dato de que en Chile operan 48 estaciones totales, sin contar que las mineras que operan con otro sistema de monitoreo no descarta que posean alguna estación total individual para medir sin prismas. La estación total es un instrumento delicado y de mucho valor por lo que como respuesta a su protección las empresas han optado por tomar casetas y acondicionarlas de manera básica para que la estación total no sufra daño, sin hacer un análisis mayor. Con respecto a la referencia dada del escenario nacional sobre el tema de monitoreo por prismas y sus instrumentos, se ve una clara oportunidad de innovación tecnológica con respecto a la protección de las estaciones totales, en si la industria minera solo da una respuesta básica sin importar precio y sin análisis mayor alguno para dar protección a

la estación total, por lo que la oportunidad es la búsqueda de mejoras en la protección optimizando en todo sentido la solución actual que da la minera a este instrumento.

OBJETIVO GENERAL

- ✓ Diseñar y desarrollar un prototipo para la protección y abastecimiento de estaciones totales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Especificar lo que es una estación total y analizar los aspectos mas importantes en el diseño de la protección.
- ✓ Definir los requerimientos, materiales disponibles y sus características
- ✓ Establecer el suministro energético que utiliza la estación total.
- ✓ Especificar la ubicación y los factores del clima que pudiesen afectar a las estaciones totales.
- ✓ Detallar mediante planimetría el nuevo diseño ideado para este trabajo de titulo.
- ✓ Seleccionar los materiales para la construcción de potenciales prototipos.
- ✓ Seleccionar la fuente de alimentación de energía y calcular la capacidad de sus componentes.
- ✓ Validación de diseños y materiales por medio de software especializados para diseño de prototipos (Inventor, Autocad y Rhinoceros).
- ✓ Establecer los costos del proyecto.

2.- MARCO TEÓRICO

En este capítulo se darán a conocer los distintos conceptos del diseño y selección de materiales, contextualizándolos a nivel empresarial, siendo el propósito de este capítulo introducir al lector en el presente proyecto de titulación “Diseño y desarrollo de un prototipo para un sistema de protección y abastecimiento para estaciones totales”

2.1.- ESTACIÓN TOTAL

El proceso del monitoreo por prismas son realizadas por maquinas llamadas “Estación total”, esta posee una altura 40 cm, su peso 5,5 kg, resistencia a la temperatura desde -30 grados Celsius hasta +70 grados Celsius y están normadas en contra del agua y el polvo por IP54 y la IP67.



Figura N°2: Estación total



Figura N°3: Prisma

La figura N°2⁴ muestra detallada cada parte de la estación total indicando su función y la figura N°3⁵ corresponde al prisma que refleja el rayo láser emitido por la estación total el cual hace el efecto para tomar las mediciones.

La estación total es la encargada de medir y evaluar el desplazamiento y como se encuentran los taludes en la mina. Esta función es realizada por medio de prismas los cuales son ubicados en los distintos taludes permitiendo a la estación total obtener la información

⁴Fuente: <http://www.geogroup-online.com/userfiles/image/Estaciontota-es-105caracteristicas.jpg>

⁵ Fuente: http://www.topox.cl/wp-content/uploads/2013/11/Prisma-Monitoreo-geotecnia-CST_2.jpg

sobre el estado de los sectores a evaluar. Este sistema de medición es denominado “Sistema de monitoreo por prismas”.

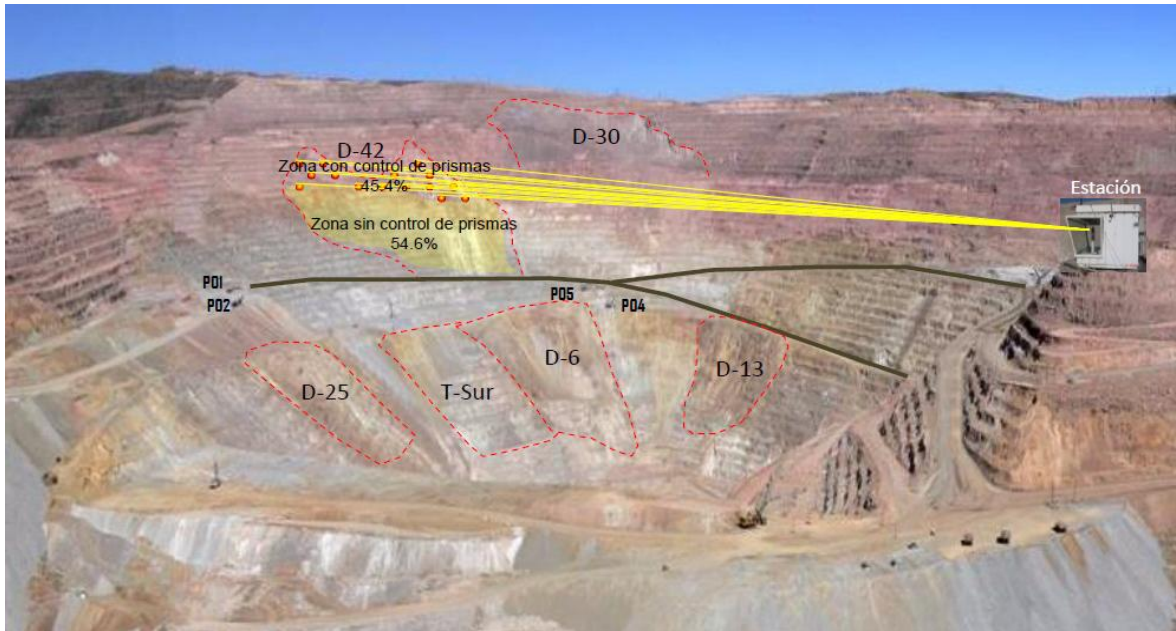


Figura N°4 Proceso del haz de luz de la estación total al prisma

En la figura N°4⁶ se aprecia el proceso de captación de datos en una mina a tajo abierto. Se prepara la estación total en la caseta a la derecha, un especialista determina luego de un arduo estudio de división de la mina en sectores (D-25, T-SUR, D-6, D-13, D-42 y D-30) que sector es el más apropiado, luego se instalan los prismas que en este caso están en el sector D-42, cubriendo la mayor superficie posible del sector D-42(Figura N°4). El topógrafo o el encargado establece un programa para que la estación total dispare su rayo láser, el cual rebota en el prisma indicando como está el suelo y sus distintos cambios con respecto al trabajo constante que se realiza en la mina, esta imagen que obtiene la estación total es una imagen en 3-D la cual sirve para evaluar y prevenir accidentes como también sirve para poder modificar a tiempo el crecimiento y el avance que se tiene para con la mina.

⁶ Fuente: <http://www.convencionminera.com/perumin31/encuentros/tecnologia/miercoles18/1200-Raul-Veramendi.pdf>

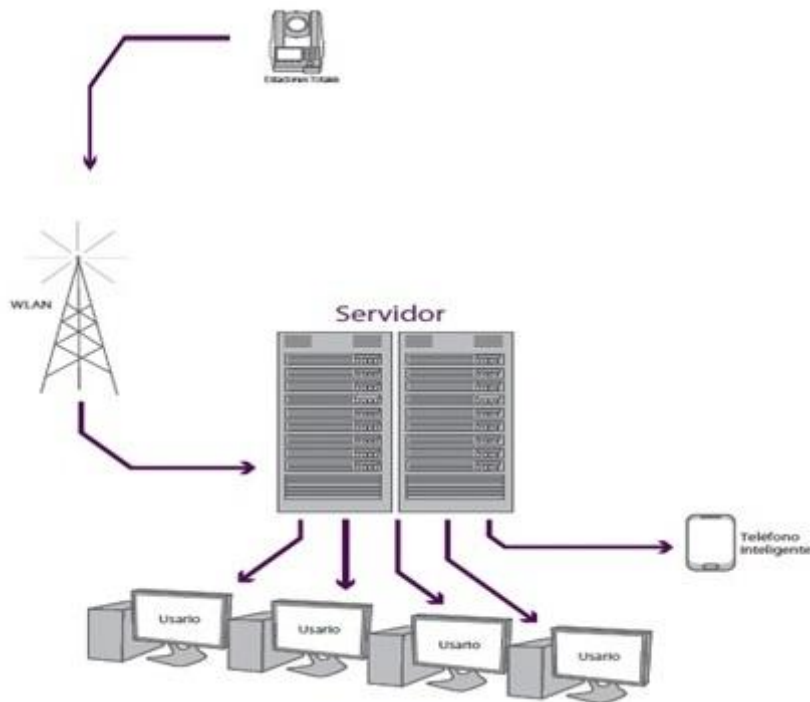


Figura N°5: Flujograma del uso y almacenamiento de información de monitoreo.

La ilustración N°5⁷ muestra como es el proceso de transmisión de la información desde la estación total para la medición de desplazamiento de taludes en la mina a la web, donde esta llega hasta los distintos Servidores para que esta pueda ser evaluada ya sea desde un computador hasta un smartphonne. El proceso de monitoreo por prisma se puede apreciar que funciona por un sistema WLan, la que consiste en una red que cubre un área equivalente a la red local de una empresa, con un alcance aproximado de cien metros.⁸

Las indemnizaciones y compensaciones por un derrumbe en una minera puede fluctuar entre 30 y 500 millones de pesos, según el número de afectados, ya que se tiene que tener en cuenta que si el accidente es muy grave se puede llegar a una paralización de obra y el no recibimiento de sueldo por parte de los trabajadores de la misma, como sucedió en la minera San José el 27 de febrero del 2010⁹

El sistema de monitoreo no presenta fallas, ni problemas hasta el día de hoy, pero si hay una oportunidad visible de negocio e innovación.

Como es de saber una mina no es un lugar seguro para una persona o para una máquina y menos para un instrumento tan caro y frágil como lo es la “ESTACION TOTAL”, por ende

⁷ Fuente: http://www.geocom.cl/assets/SiteMonitor4D_esp%C3%B1ol_rev1.pdf

⁸ Fuente: <http://es.kioskea.net/contents/817-wlan-lan-inalambrica>

⁹ Fuente: http://www.terra.cl/mineros/noticia.cfm?id_reg=1703438

la minería al invertir en un sistema de prevención y protección como lo es el “Sistema de monitoreo por prismas” debe invertir en conjunto un sistema de protección para la estación total llamado “Caseta Acondicionada”.

Esta acondicionada con todos los requerimientos para que la estación total realice su labor a la perfección.



Figura N°6: Caseta en terreno

Figura N°7: Representación virtual de caseta

La figura N°6¹⁰ detalla como la caseta acondicionada en la parte del techo posee un panel solar y como esta se ve en terreno, mientras que la figura N°7¹¹ exhibe a detalle cómo está compuesta por dentro confeccionada con un motor y los distintos implementos requeridos para que la estación total funcione sola. Estas casetas al ser confeccionadas para tener un ambiente idóneo son relativamente caras, el precio normal de una estación total es de 15.000 dólares y su caseta es 45.000 dólares también aproximadamente. Las casetas poseen una vida útil de 3 años mientras que la estación tiene una duración de 8 años¹².

2.2.- DISEÑO

A modo de definición el diseño industrial es una actividad proyectual que consiste en determinar las propiedades formales de los objetos producidos industrialmente. Por propiedades formales no hay que entender tan sólo las características exteriores, sino, sobre todo las relaciones funcionales y estructurales que hacen que un objeto tenga una unidad coherente desde el punto de vista tanto del productor como del usuario, puesto que, mientras la preocupación exclusiva por los rasgos exteriores de un objeto determinado conlleva el deseo

¹⁰ Fuente: <http://www.modulos.cl/casetas/>

¹¹ <http://www.convencionminera.com/perumin31/encuentros/tecnologia/miercoles18/1200-Raul-Veramendi.pdf>

¹² Fuente: GeocasSurveying&Technology

de hacerlo aparecer más atractivo o también disimular sus debilidades constitutivas, las propiedades formales de un objeto.”¹³

Estos productos o sistemas deben ser concebidos a través de un proceso metodológico interdisciplinario y como modo de producción de acuerdo a la complejidad estructural, funcional que los distingue y los convierte en unidades coherentes, ya que hablando del rubro minero una falla es como un efecto dominó, un error trae consigo más errores del mismo o mayor nivel de impacto en las funciones que realiza una mina.

El diseño industrial en la minería es un tema esencial a la hora de avances, debido a que es una disciplina proyectual, tecnológica y creativa, todo ello con la finalidad de colaborar en la optimización de los recursos de una empresa en función de sus procesos de fabricación y comercialización. En si se trata de proyectar productos o sistemas que tengan una interacción directa con el usuario, aprovechar oportunidades, desarrollar tecnología, evolucionar y dar el paso en el rubro minero.

La forma para lograr un diseño industrial apto es necesario tomar en cuenta alguno de los siguientes pasos de acuerdo al manual del diseño industrial¹⁴:

Establecimiento del fenómeno o situación por analizar

Consiste en observar las distintas situaciones que se desarrollan en el medio ambiente que nos rodea y seleccionar una de ellas para ver la posibilidad de intervención del diseño industrial como disciplina que trata de servir a la sociedad. Como posibles situaciones a analizar podemos mencionar: Vivienda, Educación, Transporte, Agricultura y la Industria.

Con respecto al presente trabajo el fenómeno la oportunidad se basa en la innovación del tema de las casetas y este corresponde a la industria minera.

Diagnóstico del fenómeno de acuerdo con el enfoque del diseñador industrial

Para poder determinar dentro de que situación o fenómeno elegido corresponden las acciones que pueden llevar a cabo el diseñador industrial y así detectar las necesidades con base en dichos criterios.

Si se toma el caso a trabajar en el proyecto de tesis, la innovación tecnológica y la mejora de la caseta actual se basa en todos los datos y encuestas a operadores, técnicos e ingenieros a cargo sobre aspectos técnicos del desarrollo del monitoreo por primas ya sea que se puedan aprovechar mejor o cambiarlos para un uso óptimo.

¹³Bonsiepe, Gui., Diseño Industrial, Tecnología y Dependencia, Editorial Edicol, México, S.A., México, 1978

¹⁴ Fuente: <http://www.faud.unsj.edu.ar/descargas/LECTURAS/Diseno%20Industrial/OBLIGATORIA/4.pdf>

Detección de necesidades a nivel de procesos o productos

En esta etapa se ven cuales son necesidades evidentes o parcialmente evidentes para la producción del diseño, factibles de resolverse por medio de la acción del diseño industrial y que surgen en función de la situación o fenómeno analizado de antemano. Las necesidades detectadas pueden ser muy variadas: un producto nuevo (un televisor de tercera dimensión), un proceso nuevo (conversión de algas marinas en harina para hacer pan), un programa nuevo (método para combatir la contaminación del aire) o la modificación de algún procedimiento obsoleto o poco eficiente (un sistema de comunicación submarina).

La innovación tecnológica consiste en darle un valor agregado a algo ya existente, tomar soluciones actuales y mejorarlas, por lo que con respecto a la innovación de la protección de una estación total constaría de modificar el procedimiento teniendo como necesidad la mejora y acondicionamiento de protección para las estaciones totales.

Formalización de problemas u oportunidades en el área de diseño de producto

Para poder visualizar una innovación hay que desarrollar un listado jerarquizado de necesidades en función del efecto que el diseño industrial puede tener sobre ellas ya sea en un problema o aprovechando una oportunidad.

Una manera de poder aprovechar la oportunidad y así realizar innovación listado obtenido en orden de importancia:

- 1- Mejorar estructura
- 2- Aumentar Maniobrabilidad
- 3- Minimizar costos de materiales y operación
- 4- Disminuir riesgos y mantenciones
- 5- Potenciar la innovación tecnológica

Definición en términos generales del problema por resolver o la oportunidad a aprovechar

Ya una vez seleccionada una necesidad específica se elabora un planteamiento claro y hasta cierto punto conciso, donde se incluye todos los elementos necesarios para delimitar cada una de las características del problema, para esto se realizan las siguientes preguntas:

- ¿Qué voy a hacer? Innovación tecnológica
- ¿Por qué lo voy a hacer? Aprovechar la oportunidad del constante desarrollo minero
- ¿Para qué? Fomentar la innovación y el emprendimiento
- ¿Para quién? Industria Minera

- ¿Dónde? Chile
- ¿Con que tecnología? Autodesk Inventor
- ¿Para qué mercado? Minería

Teniendo el producto o sistema de productos se delimitaron los siguientes parámetros con respecto al diseño industrial aplicado al actual proyecto de tesis.

- La causa: el aumento de inversión en la tecnología para prevenir riesgo en la industria minera.
- La finalidad: Minimizar la complejidad de la solución actual a menos costo y con los mismos beneficios
- El usuario: Mineras
- El sitio: Faenas o proyectos mineros
- Los recursos productivos: Metales y tecnologías de punta
- Los recursos económicos : Inversión CORFO y proyectos mineros
- La distribución del producto: De la primera a sexta región de Chile

Análisis de información y soluciones existentes

Esta etapa corresponde a la búsqueda de información la cual servirá para determinar si no existe el producto o el sistema de productos por diseñar, o si hay algún programa o proceso en otro país o sector que esté tratando de resolverlo lo anterior a fin de evitar la creación de un proyecto o la resolución de un problema ya resuelto. En caso de existir dicho proyecto, la información servirá para detectar cuáles son las desventajas que éste presenta y así poder superarlas.

Para llevar a cabo el estudio de soluciones existentes con respecto al nuevo diseño, el diseñador suele auxiliarse de los siguientes tipos de análisis:

- | | | |
|------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| • Análisis estructural | • Análisis histórico | • Fabricantes de productos |
| • Análisis funcional | • Análisis de mercado | • Centros de investigación |
| • Análisis de uso | • Asociaciones industriales | • Instituciones privadas |
| • Análisis morfológico | | |

Construcción de prototipo

Etapa que solo puede realizarse si todo lo anterior ha sido completado, corregido, aceptado, detallado y comprobado el concepto de diseño desarrollado, se procederá a la construcción del prototipo, el cual no es más que una pieza funcional única, escala 1:1 fabricada con los materiales definitivos. Es probable que el proceso de elaboración del prototipo desarrollado no se lleve a cabo en la forma en que se fabricará industrialmente.

Es en esta fase en donde el diseñador del producto y el del proceso presentarán su más íntima interrelación al tener que contemplar sobre la muestra física los distintos detalles de producción que implica dar respuestas a los requerimientos emocionales. Ambas partes se pueden desarrollar de forma independiente, pero siempre se llegará a un punto en donde confluirán los resultados obtenidos para tomar la decisión definitiva de cómo debe ser el producto a desarrollar.

El Diseño Industrial puede ser considerado un factor diferenciador de los productos de consumo, pero requiere una serie de relaciones de obligada definición:

Objetivos del nuevo producto.	Aumentar maniobrabilidad, mejorar las propiedades y disminuir el costo de fabricación y manutención
Expectativas hacia el nuevo producto.	Innovación constante, modelo volátil hacia tecnologías de punta
Características dominantes del producto.	Maniobrabilidad y accesibilidad a todo público
Componentes principales y definitorios del nuevo producto.	Diferenciación en composición estructural y modelo dinámico para el transporte

Pruebas y observaciones al prototipo

Método: Una vez construido el prototipo y contemplados todos sus detalles productivos se procederá a someterlo a pruebas y experimento- que corroboren su funcionalidad y valor de uso.

Introducción de eventuales modificaciones al prototipo

Método: al construir el prototipo y efectuarle las modificaciones que surjan de las distintas pruebas y experimentos planteados, se procederá a hacer un nuevo prototipo modificado. Éste será sometido al número de pruebas que sea necesario hasta que productiva y funcionalmente así como en cuanto a valor de uso satisfaga lo pretendido, es decir, se obtenga una aproximación de lo que será el modelo para la producción.

Resultado: pruebas y observación basadas en el resultado del programa “Autodesk Inventor”.

2.3.- ASPECTOS QUE SE DEBEN CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE UNA PROTECCIÓN PARA ESTACIÓN TOTAL

2.3.1.- SELECCIÓN DE MATERIALES

Para poder tener el mejor producto se debe proteger con los materiales adecuados, estos deben soportar tanto la corrosión como del desgaste, debido a que estos son los principales factores de fallas en equipos puestos en situación de intemperie.

Corrosión

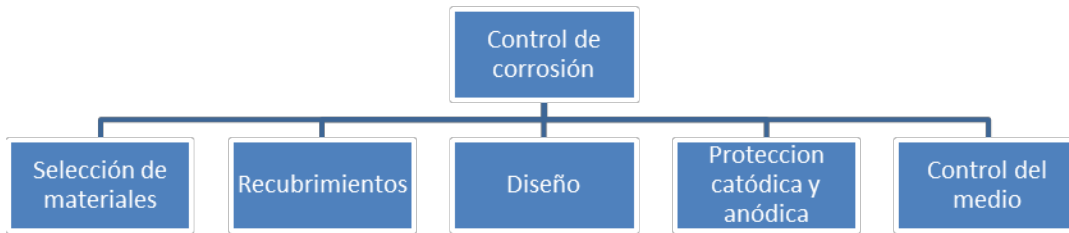
La corrosión ¹⁵puede definirse como el deterioro de un material como resultado de un ataque químico de su entorno. Puesto que esta es causada por una reacción química, la velocidad en que la corrosión tiene lugar depende en cierta medida de la temperatura y la concentración de reaccionante y productor. El esfuerzo mecánico y la erosión son factores que pueden contribuir también a la corrosión.

La corrosión se puede dividir en tipos los cuales pueden clasificarse convenientemente conforme a la apariencia del metal corroído. Entre ellas están las siguientes:

- ✓ Corrosión galvánica
- ✓ Corrosión uniforme
- ✓ Corrosión por picadura
- ✓ Corrosión por grieta
- ✓ Corrosión intergranular
- ✓ Corrosión por esfuerzo
- ✓ Corrosión por erosión
- ✓ Daño por cavitación
- ✓ Disolución selectiva

Los métodos comunes de control o prevención de corrosión se ven en la siguiente ilustración.

¹⁵ Capitulo corrosión: Manual de ingeniero mecánico Eugene A. Avallone & Theodore Baumeister



Desgaste

El desgaste ¹⁶ puede ser definido como el daño superficial sufrido por los materiales después de determinadas condiciones de trabajo a los que son sometidos¹. Este fenómeno se manifiesta por lo general en las superficies llegando a afectar la sub-superficie del material. El resultado del desgaste, es la pérdida de material y la subsiguiente disminución de las dimensiones por lo tanto la pérdida de tolerancias.

Criterios para prevenir o combatir el desgaste:

- ✓ Mantener baja la presión de contacto
- ✓ Mantener baja la velocidad de deslizamiento
- ✓ Mantener lisas las superficies de rodamientos
- ✓ Usar materiales duros
- ✓ Asegurar bajos coeficientes de fricción
- ✓ Usar lubricante

2.3.1.1.- DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS PARA LA APLICACIÓN CONSIDERADA.

Requerimientos científico—tecnológicos: Las estaciones totales están en terreno en un tráiler tirado por una camioneta. En si este sistema no está pensado en el óptimo para trabajar con una estación total porque si bien cumplen con los requerimientos al proteger de las condiciones ambientales y no dificultar el funcionamiento de la misma, no hay garantía que diga que la estación no se descalibrara o que pueda ocurrir cualquier error en el trayecto. Este proyecto tendrá que tener una mayor maniobrabilidad para poder utilizar las estaciones totales sin problemas, si bien funcionan con este sistema (tráiler) se tiene bastantes problemas, esto queda reducido en la siguiente tabla con las respectivas frecuencias:

¹⁶ Capítulo desgaste y deterioro ciencia e ingeniería de los materiales Askeland 3rd Ed

Problemas	Se le baja una llanta	Tijereteo	Inestabilidad	Volcamiento	Salto
Esporádicos	X			X	
Recurrentes		X			X
Constantes			X		

Tabla N°1: Problemas vs frecuencia¹⁷.

De la tabla N°1 se desprende problemas básicos con respecto a la movilización de las estaciones que pueden afectar tanto el funcionamiento como la carcasa con pequeños detalles que pueden ser provocados por caídas o golpes, si bien la estación total es resistente al desplazamiento de la caseta confeccionada, esta no tiene un lugar especial donde la estación total estén aseguradas, por lo que el cuidado es fundamental en el sistema anterior. Otros requerimientos en este aspecto es la necesidad de proteger la estación total de las condiciones ambientales, en tablas anteriores se mostraron los registros de temperaturas y radiación, condiciones que son importantes a evitar para que no afecte el funcionamiento del equipo, además se debe pensar en protecciones del polvo, del agua presente por humedad o lluvias esporádicas y por último se deben tener en cuenta las condiciones internas a las cuales funcionara la estación total ya que el ambiente debe ser el adecuado para que la estación funcione a cabalidad.

Requerimientos económicos: Maquinarias y equipos con averías dan lugar a tiempos ociosos, incapacidad de cumplir con los plazos de entregas previstos y altos gastos en conceptos de reparaciones con todo lo que ello implica en los costos.

Otro factor crítico a la hora disminuir tiempos de reparación de las máquinas es la reducción sistemática de preparación tomando en cuenta materia de costos, manipulación, seguridad, seguros y el espacio físico entre otros. Además la falta de fiabilidad y durabilidad de las máquinas lleva a los efectos de servirse de costos extras en caso de anomalías, como la interrupción o mal funcionamiento de determinados equipos. Las empresas tradicionales suelen utilizar cuatro veces el espacio que realmente necesitan, lo que se refleja en el sistema anterior cuando se tiene espacio para la estación total y varios trabajadores. Por lo se requerirá disminuir este espacio para así tener un sistema de protección y abastecimiento pensado en la estación total y su maniobrabilidad.

Requerimientos de calidad - costo: Se requiere una alternativa que pueda resistir cada una de las condiciones críticas, como son altos índices de radiación UV, resistencia a la corrosión, cambios de temperaturas, etc.

Todo esto debe estar incluido en un diseño robusto y resistente para que perdure en el tiempo con mantenciones periódicas, que no signifiquen reposición de la protección, ya que si

¹⁷ Fuente: Propia

esto ocurre será un gran problema a la hora de pensar en una evaluación económica en el tiempo, más allá de su producción. Los costos que se tiene que tener en cuenta son los de producción del artefacto y los de mantención, si bien se tiene el dato de la fabricación del sistema de protección anterior, 45.000 dólares, se supone que como la vida útil del sistema es de 3 años tendrá pequeñas mantenciones, ya que al largo plazo se tiene en cuenta el recambio de las casetas por su corta vida útil.

2.3.1.2.- ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS Y APTITUDES DE MATERIALES

Para realizar estos análisis se tomó la matriz “Despliegue Funcional de la Calidad” más conocida por “QFD” por sus siglas inglesas (Quality Function Deployment). Esta es una herramienta para escuchar a los clientes y entender lo que ellos esperan del producto o servicio que van a adquirir, usando un sistema lógico relaciona las características de calidad primarias (QUE’S) definidas por el cliente con las características de calidad técnicas (COMO’S) asegurando la mejor manera para satisfacer esas necesidades con los recursos disponibles. QFD es una metodología de diseño de productos y servicios para asegurar que “la voz del cliente” sea escuchada a lo largo de la planificación y del desarrollo del proceso. Escuchar, entender, interpretar y traducir la voz del cliente dicen, teniendo en cuenta al mismo tiempo las características de calidad científico técnica y los recursos disponibles es el corazón filosófico del QFD.

La meta básica del QFD es resolver los tres principales problemas en los métodos tradicionales de diseño de productos o servicios: desatención de la voz de cliente, pérdida de información y por ultimo diferentes individuos y funciones trabajando para diferentes requerimientos. En QFD estos tópicos son direccionados respondiendo efectivamente a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las "calidades" que los clientes desean?
- ¿Qué, funciones debe cumplir el producto y que funciones debemos usar para proveer ese producto o servicio?
- Basándonos en los recursos disponibles, ¿Cómo podemos proveer a nuestro cliente lo que él espera?

Los principales beneficios de la metodología QFD son: Asegura la satisfacción del cliente, establece una fuente de información (base de datos) para futuros diseños, servicios y mejoras del proceso, además de proporcionar un sistema fiable del seguimiento del producto o servicio a través del proceso.

Etapas en el diseño de la matriz de planificación QFD

En el QFD, académicamente podemos diferenciar dos partes: El diseño de la matriz de planificación QFD y el análisis de la matriz o lectura de la matriz (Tabla N°2).

El propósito de la matriz de planificación QFD es trasladar las necesidades del cliente a las características de las actividades del proceso, las cuales serán desplegadas a través del diseño del mismo. Esta matriz requiere de siete pasos:

- Paso 1.- Definir requerimientos de calidad en términos del cliente. (QUE's)
- Paso 2.- Enunciar las actividades del proceso. (COMO's)
- Paso 3.- Crear la matriz de relaciones entre los QUE's y los COMO's.
- Paso 4.- Análisis de cómo nos ven a nuestra organización y a la competencia. (Evaluación competitiva)
- Paso 5.- Objetivos de las actividades del procesos
- Paso 6.- Evaluación de los objetivos de las características de calidad de las actividades del proceso.
- Paso 7.- Importancia técnica o relativa de las actividades del proceso.

Formato de QFD																				Relación: Muy fuerte (9) Fuerte (3) Débil (1)				
QUE's ↓	COMO's →																				Importancia para el cliente (1 - 5)	EVALUACION COMPARATIVA 5 - MEJOR - PEOR		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		NOSOTROS	ORGANIZACIÓN 1	ORGANIZACIÓN 2
1																								1
2																								2
3																								3
4																								4
5																								5
DIFICULTAD (1 - 5)																								
EVALUACIÓN CARACT. DE NUESTRO SERVICIO	ABSOLUTA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	RELATIVA (%)																							
CARACT DEL SERVICIO A DESPLEGAR																								
PRIORIDAD																								

Tabla N°2 Matriz de despliegue funcional de la calidad.

Las necesidades de los clientes son muy importantes en relación a la construcción de cualquier tipo de producto, en este caso con la ayuda de Geocas logramos recabar una serie de necesidades que deben ser suplidas en la construcción de protecciones para las estaciones totales, como se dijo anteriormente estos equipos son muy delicados y ante cualquier movimiento brusco es necesario un re calibración. A modo de investigación se lograron identificar las siguientes necesidades:

- Que sea fácil de arreglar
- Que sea fácil de manejar
- Que tenga espacio suficiente
- Que sea resistente a los golpes
- Que sea económica
- Que sea duradera
- Que resista la fuerza del viento
- Que resista bajas temperaturas
- Que no se oxide
- Que sea liviana
- Que resista altas temperaturas
- Que no se abolle

Para completar el análisis por QFD es necesario identificar los COMO's es por esto que para cuantificar las necesidades de los clientes y enfocarlas en nuestro trabajo de titulación, la siguiente lista muestra los COMO's y sus respectivas unidades de medida.

En algunos casos la medida es subjetiva ya que la respuesta a ese ítem es si=posee o no= no posee.

- Resistencia al impacto (N/mt²)
- Facilidad de manejo
- Resistencia a temperaturas críticas (0°C 40°C)
- Volumen (m³)
- Elasticidad (Gpa)
- Peso (Kg)
- Resistencia carga del viento (Pa(Km/Hr))
- Resistencia a la corrosión
- Vida útil (años)
- Dureza (MPa)
- Costo (\$)

El siguiente paso es completar la matriz de relación entre los QUE's (necesidades de los clientes) y los COMO'. La Imagen N°2 muestra como es esta relación, para entender los criterios de medición se debe tener en cuenta los valores de relación entre necesidad y recurso:

- ✓ 0= Nula
- ✓ 1= Relación baja
- ✓ 3= Relación moderada
- ✓ 5= Relación muy fuerte

	Resistencia al impacto (N/mt ²)	Facilidad de manejo	Resistencia a temperaturas críticas (0°C 40°C)	Volumen(m ³)	Elasticidad(Gpa)	Peso(Kg)	Resistencia carga del viento(Pa(Km/Hr))	Resistencia a la corrosion	Vida util (años)	Dureza (MPa)	Costo(\$)	importancia para el usuario (1 a 5)
Que sea resistente a los golpes	5	3	0	3	3	1	0	1	1	5	1	5
Que sea fácil de manejar	1	5	0	3	0	5	0	1	1	3	1	4
Que resista bajas temperaturas	0	0	5	0	0	1	0	1	1	1	1	3
Que tenga espacio suficiente	0	1	0	5	0	0	0	1	1	1	3	4
Que sea fácil de arreglar	1	0	0	3	1	1	0	1	1	3	1	3
Que sea liviana	0	3	0	3	0	5	0	1	1	3	1	4
Que resista la fuerza del viento	3	0	0	3	3	1	5	1	1	3	1	3
Que no se oxide	0	0	0	0	0	0	0	5	1	1	1	4
Que sea duradera	5	0	0	0	3	0	5	1	5	5	3	5
Que sea económica	1	3	0	1	1	3	3	1	5	3	5	5
Que resista altas temperaturas	0	0	5	0	0	0	0	1	1	1	1	3
Que no se abolle	5	3	0	1	3	0	0	1	1	3	1	4

Tabla N°3 Matriz de relación QUE's y COMO's.

En la matriz anterior también a la derecha se ha agregado la importancia que el cliente entrega a cada una de las opciones en una escala que va de 1 a 5. Estos datos más adelante serán utilizados. En esta etapa de la matriz QFD se entablan relaciones entre los recursos y las necesidades (Cada recurso en análisis ideal y perfecto debería relacionarse fuertemente con una necesidad) para más adelante analizar los cambios que produzcan los recursos en el cumplimiento de necesidades y así priorizar el estudio.

A continuación es necesario saber cómo se comportan la competencia en relación al producto que pensamos entregar (paso 4 en la creación de la matriz QFD).

nuestro producto (1 a 5)	competencia (1 a 5)	competencia (1 a 5)	objetivo (1 a 5) mucho = es importante	ratio de mejora	argumento de venta	pondreacion absoluta	pond relativa (%)	Orden de importancia Necesidades
4	4	4	5	1,25	1,2	7,5	7,0	7
3	5	4	4	1,333	1,5	8	7,5	5
3	4	4	4	1,333	1	4,0	3,7	11
2	1	5	4	2	1	8	7,5	6
1	5	5	4	4	1,5	18	16,8	2
4	3	5	5	1,25	1,2	6	5,6	8
2	3	3	4	2	1	6	5,6	9
3	3	5	4	1,333	1	5,33333	5,0	10
2	4	4	4	2	1,2	12	11,2	3
2	4	4	5	2,5	1,5	18,75	17,5	1
3	5	5	4	1,333	1	4	3,7	12
2	1	1	4	2	1,2	9,6	9,0	4
						107,18	100	

Tabla N°4 Análisis de competencias.

En la tabla N°4 se muestra como la competencia, en este caso las mineras entregan el servicio, por lo tanto como son sus propios proveedores suplen muy bien sus necesidades, es por esto que tomar en cuenta este análisis sirve para construir un mercado para nuestro producto. Si bien las mineras ya crean su propia protección (caseta confeccionada) es necesario hacerles ver que una opción mejor es real y que esta puede ser fabricada. Se utiliza el análisis por ratio de mejora, el cual entrega el porcentaje que se debe mejorar para alcanzar el objetivo por ejemplo 1,25 quiere decir que estamos un 25% bajo el objetivo. Además se suma el argumento de venta que agrega el valor de importancia que la competencia le da a las necesidades identificadas anteriormente en tres rangos 1, 1.2 y 1.5.

El siguiente paso es hacer el mismo análisis pero en relación a los COMO's, es aquí donde se puede saber que recursos son los que se tienen para mejorar en relación al análisis anterior de competencia y así facilitar aún más el cómo se abrirá este nuevo mercado.

	Resistencia al impacto (N/mt ²)	Facilidad de manejo	Resistencia a temperaturas críticas (0°C 40°C)	Volumen(m ³)	Elasticidad(Gpa)	Peso(Kg)	Resistencia carga del viento(Pa(Km/Hr))	Resistencia a la corrosion	Vida util (años)	Dureza (MPa)	Costo(\$)	importancia para el usuario (1 a 5)
Que sea resistente a los golpes	5	3	0	3	3	1	0	1	1	5	1	5
Que sea fácil de manejar	1	5	0	3	0	5	0	1	1	3	1	4
Que resista bajas temperaturas	0	0	5	0	0	1	0	1	1	1	1	3
Que tenga espacio suficiente	0	1	0	5	0	0	0	1	1	1	3	4
Que sea fácil de arreglar	1	0	0	3	1	1	0	1	1	3	1	3
Que sea liviana	0	3	0	3	0	5	0	1	1	3	1	4
Que resista la fuerza del viento	3	0	0	3	3	1	5	1	1	3	1	3
Que no se oxide	0	0	0	0	0	0	0	5	1	1	1	4
Que sea duradera	5	0	0	0	3	0	5	1	5	5	3	5
Que sea económica	1	3	0	1	1	3	3	1	5	3	5	5
Que resista altas temperaturas	0	0	5	0	0	0	0	1	1	1	1	3
Que no se abolle	5	3	0	1	3	0	0	1	1	3	1	4
x												
Orientacion deseada	↑	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↓		
Ponderación abs	194,29	161,9	37,32	191,1	132,5	150,9	136,448453	119,9	214,8	296,6	207,2928005	
Ponderación rel	10,5	8,8	2,0	10,4	7,2	8,2	7,4	6,5	11,7	16,1	11,2	
Orden de importancia Recursos	4	6	11	5	9	7	8	10	2	1	3	
Valoracion tecnica	N/mt ²	subj.	°subj	m ³	Gpa	Kg	Pa(Km/Hr)	subj.	Años	Mpa	\$	
Nuestro producto	117	0	1	36	70	1050	800(130)	1	8	250	26400000	
Competencia	84	0	1	36	72	800	1000(160)	1	10	110	26400000	
Competencia	52	0	1	24	68	1100	750(100)	1	9	193	26400000	
Objetivo tecnico	100	1	1	2	74	3	600(80)	1	8	290	7000000	

Tabla N°5 Ponderación de recursos.

La tabla N°5 detalla cómo es posible elegir entre que recursos utilizar para cumplir con las necesidades del cliente, las ponderaciones se calculan sumando el efecto de cada relación en las diferentes necesidades que presenta el cliente, la cual da paso a la ponderación relativa que ayuda a identificar los recursos más importantes para efecto de analizar el orden de prioridad de acción, y así tener en cuenta que recurso es más importante para el futuro diseño, además se establecen datos técnicos de la competencia para contextualizar el uso actual de recursos, por ejemplo es necesario que la estructura protectora tenga una resistencia al impacto mayor a 100 N/mt² por lo que ellos no lo cubren, pero tienen valores cercanos. Este tipo de cosas pasa por que el cliente/competencia no investiga sino que solo supe su necesidad con fabricación de talleres poco especializados.

Lo que sigues es estudiar cómo se pueden utilizar las necesidades y recursos para identificar que materiales de todos los que existen se pueden someter a estudio es por eso que se necesita utilizar un gráfico de relevancia (basado en la ponderación relativa).

A continuación la figura N°8 muestra la relevancia de necesidades a satisfacer para lograr el mayor reconocimiento según la matriz QFD hecha anteriormente:

Que sea económica	17,5	17,49339
Que sea fácil de arreglar	16,8	34,28705
Que sea duradera	11,2	45,48282
Que no se abolle	9,0	54,43943
Que sea fácil de manejar	7,5	61,90328
Que tenga espacio suficiente	7,5	69,36713
Que sea resistente a los golpes	7,0	76,36448
Que sea liviana	5,6	81,96237
Que resista la fuerza del viento	5,6	87,56026
Que no se oxide	5,0	92,53615
Que resista bajas temperaturas	3,7	96,26808
Que resista altas temperaturas	3,7	100

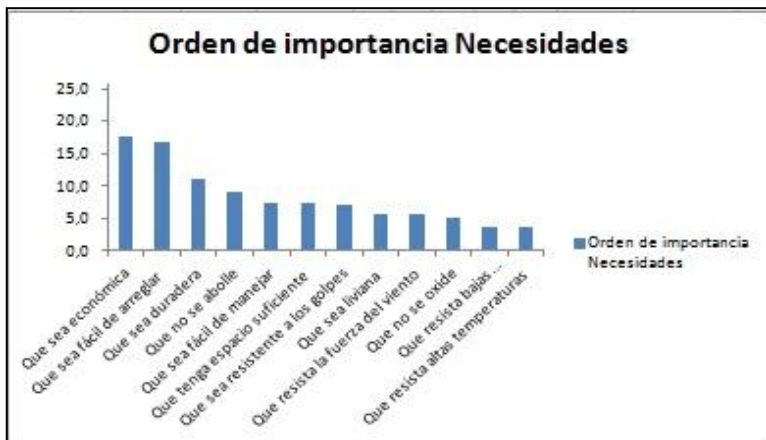


Figura N°8 Cálculo y diagrama de Relevancia necesidades.

Ahora es necesario entablar el mismo análisis pero a los recursos que se tienen para satisfacer las necesidades del cliente.

Resistencia al impacto (N/mt ²)	16,1	16,09156
Costo(\$)	11,7	27,74366
Volumen(m ³)	11,2	38,99079
Elasticidad(Gpa)	10,5	49,5326
Resistencia carga del viento(Pa(K	10,4	59,9023
Dureza (MPa)	8,8	68,68757
Peso(Kg)	8,2	76,87551
Resistencia a la corrosion	7,4	84,27882
Facilidad de manejo	7,2	91,46953
Vida util (años)	6,5	97,97516
Resistencia temperaturas critica	2,0	100



Figura N°9 Cálculos y diagrama de Relevancia recursos.

El orden de relevancia despeja dudas sobre que recursos tienen mayor relevancia a la hora de analizar lo que el cliente quiere en este caso en particular, si se sigue el diagrama de orden priorizado se podrán conseguir los mejores resultados en un futuro planteamiento de características para el producto.

Es así como culmina este análisis, los resultados ayudan a identificar las características más importantes que deben tener los materiales para que formen parte de una selección de alternativas para lo que es la creación de una protección de estaciones totales. En el siguiente subcapítulo se expondrán primero las características que dan relación con las necesidades de los clientes subdivididas en cualidades (ámbito subjetivo) para luego evaluar diversos materiales (alternativos, metales y superaleaciones) que podrían presentar estas cualidades por especificaciones de fabricante. Completado este ejercicio se dispondrá evaluar los mismos materiales pero en este caso desde la perspectiva de las características que tienen relación con los aspectos técnico, propiedades mecánicas, que suplirían las necesidades de los clientes (ámbito cuantitativo).

2.3.1.3.- MATERIALES DISPONIBLES Y SUS CARACTERÍSTICAS SUBJETIVAS.

En el capítulo anterior se deja en claro que características debían tener los materiales para pasar a la selección de materiales según las necesidades que los clientes (análisis subjetivo), la industria hoy en día ofrece catálogos con materiales y características sin rango que se pueden llamar subjetivas, si bien no son puntos esenciales o de gran importancia sirven para registrar características que la gente busca y tiene en mente para un material de excelente calidad, duradero, diferente y novedoso. Los puntos son los siguientes consultados al cliente como cumplimiento de necesidades identificadas en el subcapítulo anterior:

- ✓ Dureza: Se refiere a que un material entra en la categoría de duro o muy resistente.
- ✓ Flexibilidad: Tiene disposición para doblarse fácilmente.

- ✓ Maleabilidad: Que puede batirse y extenderse en planchas o láminas.
- ✓ Resistencia Eólica: Resiste la fuerza del viento.
- ✓ Resistencia a bajas temperaturas: Que logra resistir temperaturas mínimas de intemperie (cerca de 0°C).
- ✓ Resistencia a altas temperaturas: Que consigue mantener sus características a temperaturas máximas de intemperie (cerca de 40°C)
- ✓ Resistencia a la corrosión: Resiste cambios ante factores de corrosión.
- ✓ Resistencia a los Rayos UV: No presenta anomalías ante la exposición constante a rayos UV
- ✓ Duración del material: Que tiene una vida útil mayor a 6 años.
- ✓ Ductilidad: Que mecánicamente se puede extender en alambres o hilos.
- ✓ Maniobrabilidad: Es factible a aplicar operaciones que se hacen con otros vehículos para cambiar de rumbo

➤ **Materiales alternativos:**

Materiales	Fibra de carbono	Nanotubos	Áerogel	Ductal	Panel sándwich	Espuma metálica
Características						
Dureza	x	-	x	x	x	x
Flexibilidad	x	-	x	-	x	-
Maleabilidad	x	-	-	-	-	-
Maniobrabilidad	x	-	x	x	x	x
Resistencia Eólica	x	-	-	x	x	-
Resistencia a bajas temperaturas	x	-	x	x	x	-
Resistencia a altas temperaturas	x	-	x	x	x	-
Resistencia a la corrosión	x	-	-	-	x	x
Resistencia a los Rayos UV	x	-	x	x	x	-
Duración del material	x	-	-	x	x	x
Ductilidad	-	-	-	-	-	x

Tabla N°6: Características subjetivas materiales alternativos.¹⁸

¹⁸Fuente: Propiedades mecánicas y térmicas de los materiales A.M. Collie Manufactura, ingeniería y tecnología SeropeKalpakjian, Steven R. Schmid

Materiales	Kevlar	Krión	PVC Flexible	Hierro dúctil	Epoxi/fibra de vidrio	Grafano/ Grafeno
Características						
Dureza	x	x	x	x	x	x
Flexibilidad	x	x	x	-	x	x
Maleabilidad	x	x	x	x	x	-
Maniobrabilidad	x	x	x	x	x	x
Resistencia Eólica	x	x	-	-	x	x
Resistencia a bajas temperaturas	x	x	x	x	x	x
Resistencia a altas temperaturas	x	x	x	x	x	x
Resistencia a la corrosión	x	x	x	x	x	-
Resistencia a los Rayos UV	x	x	x	-	x	-
Duración del material	x	x	x	x	x	x
Ductilidad	x	x	x	x	-	-

Tabla N°7: Características subjetivas materiales alternativos.¹⁹

Materiales	Ionómeros/monómeros)	SAN (copolímeros de estireno-acrilonitrilo)	vidrio metálico	Nanocelulosa cristalina	PVDF (fluoruro de polivinilideno)	polímeros
Características						
Dureza	x	x	x	x	x	-
Flexibilidad	x	x	x	x	x	x
Maleabilidad	-	x	x	-	x	x
Maniobrabilidad	x	x	x	-	x	x
Resistencia Eólica	-	x	x	x	-	-
Resistencia a bajas temperaturas	-	x	x	-	-	-
Resistencia a altas temperaturas	x	-	x	x	-	-
Resistencia a la corrosión	-	-	x	x	x	-
Resistencia a los Rayos UV	-	-	x	x	-	-
Duración del material	x	-	x	-	-	-
Ductilidad	-	-	-	-	x	x

Tabla N°8: Características subjetivas materiales alternativos.²⁰

En las Tablas N°6, N°7 y N°8 se presentan por un lado las características subjetivas entregadas por las empresas en catálogos de ventas explicadas anteriormente y por otro la presencia de las mismas en cada uno de los materiales, en este caso materiales alternativos,

¹⁹ Fuente: Propiedades mecánicas y térmicas de los materiales A.M. Collie Manufactura, ingeniería y tecnología SeropeKalpakjian, Steven R. Schmid

²⁰ Fuente: Propiedades mecánicas y térmicas de los materiales A.M. Collie Manufactura, ingeniería y tecnología SeropeKalpakjian, Steven R. Schmid

llamados así por su bajo uso o investigación. A destacar está el nulo cumplimiento de los nanotubos por lo que quedara inmediatamente para análisis siguientes.

➤ **Metales:**

Materiales	aluminio	Serie 1000	Serie 2000	Serie 3000	Serie 4000	Serie 5000	Serie 6000	Serie 7000
Características								
Dureza		x	x	x	x	x	-	x
Flexibilidad		x	-	x	x	x	x	x
Maleabilidad		x	x	-	x	-	x	-
Maniobrabilidad		-	x	-	x	x	-	x
Resistencia Eólica		x	x	x	x	x	x	x
Resistencia a bajas temperaturas		x	x	x	x	x	x	x
Resistencia a altas temperaturas		x	x	x	x	x	x	x
Resistencia a la corrosión		x	-	x	-	x	x	x
Resistencia a los Rayos UV		x	-	x	-	-	-	x
Duración del material		x	x	x	x	x	x	x
Ductilidad		-	-	-	-	-	-	-

Tabla N°9: Características subjetivas metales.²¹

Materiales	Aceros al Carbón	Aceros inoxidables	Bábbit	Hierro Fundido
Características				
Dureza	x	x	x	x
Flexibilidad	x	x	x	-
Maleabilidad	x	-	-	x
Maniobrabilidad	x	x	-	x
Resistencia Eólica	x	-	-	x
Resistencia a bajas temperaturas	x	x	x	x
Resistencia a altas temperaturas	x	x	x	x
Resistencia a la corrosión	-	x	x	-
Resistencia a los Rayos UV	x	-	-	-
Duración del material	x	x	-	x
Ductilidad	x	x	-	-

Tabla N°10: Características subjetivas metales.²²

En las Tablas N°9 y N°10 se presentan las características subjetivas en la columna de la izquierda entregadas por las empresas en catálogos de ventas explicadas anteriormente y en la fila superior la presencia de las mismas en cada uno de los materiales en este caso

²¹ Fuente: Propiedades mecánicas y térmicas de los materiales A.M. Collie Manufactura, ingeniería y tecnología SeropeKalpakjian, Steven R. Schmid

²² Fuente: Propiedades mecánicas y térmicas de los materiales A.M. Collie Manufactura, ingeniería y tecnología SeropeKalpakjian, Steven R. Schmid

materiales metálicos. En las series de aluminio se destacan similitudes en cumplimiento por lo que es necesario sobre analizar el aluminio como una potencial alternativa.

➤ **Superaleaciones:**

Materiales	Hastelloy B	19.9 DL	Timken	L.C N-155	iconeIX	Hastelloy X
Características						
Dureza	x	x	x	x	x	x
Flexibilidad	-	x	-	-	x	x
Maleabilidad	x	-	x	x	-	x
Maniobrabilidad	-	x	x	x	-	-
Resistencia Eólica	x	-	x	x	-	x
Resistencia a bajas temperaturas	x	x	x	x	x	x
Resistencia a altas temperaturas	x	x	x	x	x	x
Resistencia a la corrosión	x	x	-	-	x	x
Resistencia a los Rayos UV	x	-	-	-	-	x
Duración del material	x	x	x	x	-	x
Ductilidad	-	x	-	-	-	-

Tabla N°11: Características subjetivas superaleaciones.²³

Materiales	M252	Inco 700	S-816	Nimonic-80A	J-1570	HS-R235
Características						
Dureza	x	x	x	x	x	x
Flexibilidad	-	x	-	x	x	x
Maleabilidad	x	-	x	-	x	-
Maniobrabilidad	x	-	x	-	x	x
Resistencia Eólica	x	-	x	x	x	x
Resistencia a bajas temperaturas	x	x	x	x	x	x
Resistencia a altas temperaturas	x	x	x	x	x	x
Resistencia a la corrosión	-	x	-	x	-	x
Resistencia a los Rayos UV	-	-	-	x	-	-
Duración del material	x	-	x	x	x	x
Ductilidad	-	-	-	-	-	-

Tabla N°12: Características subjetivas superaleaciones.²⁴

En las Tablas N°11 y N°12 se presentan las características subjetivas entregadas por las empresas en catálogos de ventas explicadas anteriormente y la presencia de las mismas en cada uno de los materiales en este caso materiales superaleaciones, llamados así por su composición química y fabricación extraordinaria. De estos materiales a destacar el Hastelloy e Iconel para potenciales alternativas por su superioridad de cumplimiento.

²³ Fuente: Propiedades mecánicas y térmicas de los materiales A.M. Collie Manufactura, ingeniería y tecnología SeropeKalpakjian, Steven R. Schmid

²⁴ Fuente: Propiedades mecánicas y térmicas de los materiales A.M. Collie Manufactura, ingeniería y tecnología SeropeKalpakjian, Steven R. Schmid

2.3.1.3.- MATERIALES DISPONIBLES Y SUS CARACTERÍSTICAS CUANTITATIVAS.

En capítulos anteriores se obtuvieron propiedades que debían tener los materiales para poder llevar a cabo una selección y cumplir a cabalidad con lo que el cliente quiere y necesita, el diseñador no busca un material, sino un perfil de propiedades (una combinación específica), por eso “piensa al material” como un conjunto de atributos: sus propiedades. En esta etapa se analizan propiedades mecánicas que están involucradas en análisis anteriores, los criterios a evaluar serán los siguientes:

- ✓ Dureza(Mpa): Resistencia de un material a la penetración o formación de huellas localizadas en una superficie
- ✓ Alargamiento a la rotura: Incremento de longitud que sufre un material antes de la rotura.
- ✓ Elasticidad (GPa): Capacidad de sufrir deformaciones reversibles cuando un material se encuentra sujeto a la acción de fuerzas exteriores.
- ✓ Resistencia al impacto(N/mt): Capacidad del material a absorber golpes y energía sin romperse.
- ✓ Vida util (años): Duración estimada que un objeto puede tener, cumpliendo correctamente con la función para el cual ha sido creado
- ✓ Densidad (g/cc)
- Materiales alternativos:

Materiales	Fibra de carbono	Nanotubos	Aerogel	Ductal
Características				
Dureza(Mpa)	4150	-	3000	750
alargamiento a la rotura	1,6	-	-	-
elasticidad(GPa)	231	-	240	60
resistencia al impacto(N/mt)	200	-	-	-
vida util (años)	15	-	3 a 5	10
densidad (g/cc)	1,78	-	0,4	2,45
esfuerzo de rotura(GPa)	1,5015	-	1,56	0,39

Tabla N°13: Características cuantitativas materiales alternativos.²⁵

²⁵ Fuente: Propiedades mecánicas y térmicas de los materiales A.M. Collie Manufactura, ingeniería y tecnología SeropeKalpakjian, Steven R. Schmid

Materiales	Panel sandwich	Espuma metálica	Kevlar 29	Krión	PVC Flexible	Hierro ductil	Epoxi/fibra de vidrio	Grafano/ Grafeno
Características								
Dureza(Mpa)	-	-	3620	2970	24	1650	5130	2000
alargamiento a la rotura	-	-	3,6	1,4	5,2	1,2	-	-
elasticidad(GPa)	-	-	80	8,7	0,0121	170	19,3	1000
resistencia al impacto(N/mt)	-	-	170	25	114	25	-	-
vida util (años)	-	-	10	-	20	20	5	20
densidad (g/cc)	-	-	1,44	1,8	1,68	7,2	1,85	0,0021
esfuerzo de rotura(GPa)	-	-	0,52	0,05655	-	1,105	0,12545	6,5

Tabla N°14: Características cuantitativas materiales alternativos.²⁶

Materiales	SAN (copolímeros de estireno-acrilonitrilo)	vidrio metálico	nanocelulosa cristalina	PVDF (fluoruro de polivinilideno)
Características				
Dureza(Mpa)	45	1650	214	714
alargamiento a la rotura	1,5	2	-	1,8
elasticidad(GPa)	3,8	275	-	7
resistencia al impacto(N/mt)	-	100	-	90
vida util (años)	-	-	-	10
densidad (g/cc)	1,8	2,23	3	2,2
esfuerzo de rotura(GPa)	0,0247	1,7875	-	0,0455

Tabla N°15: Características cuantitativas materiales alternativos.²⁷

En las Tablas N°13, N°14 y N°15 se presentan por un lado las características cuantitativas y por otro los datos para cada una de las categorías, en este caso de materiales alternativos. A destacar está la falta de información para nanotubos, panel sándwich, espuma metálica y nano celulosa cristalina. Estos materiales quedan eliminados para otros análisis posteriores.

²⁶ Fuente: Propiedades mecánicas y térmicas de los materiales A.M. Collie Manufactura, ingeniería y tecnología SeropeKalpakjian, Steven R. Schmid

²⁷ Fuente: Propiedades mecánicas y térmicas de los materiales A.M. Collie Manufactura, ingeniería y tecnología SeropeKalpakjian, Steven R. Schmid

➤ Metales:

Materiales				
Características	Aceros al Carbo	Aceros inoxi	Babbit	Hierro Fundido
Dureza(Mpa)	470	160	1800	157
alargamiento a la rotura	20	50	40	190
elasticidad(GPa)	1,2	1,1	1,2	1,3
resistencia al impacto(N/mt)	150	34	-	31
vida util (años)	-	-	-	-
densidad (g/cc)	17	-	7,39	7,87
esfuerzo de rotura(GPa)	0,33	0,825	0,66	1,235

Tabla N°16: Características cuantitativas metales.²⁸

Materiales								
Características	aluminio	Serie 1000	Serie 2000	Serie 3000	Serie 4000	Serie 5000	Serie 6000	Serie 7000
Dureza(Mpa)			442	110		193	290	504
alargamiento a la rotura		69	75	72	78	71	73	77
elasticidad(GPa)		1,4	1,18	1,06		1,18	1,2	1,05
resistencia al impacto(N/mt)		52	130	-	84	117	-	-
vida util (años)		7	10	6	8	10	8	8
densidad (g/cc)	2,8 relativo	2,705	2,84	2,72	2,69	2,66	2,7	2,81
esfuerzo de rotura(GPa)		0,4485	0,4875	0,468	0,507	0,4615	0,4745	0,5005

Tabla N°17: Características cuantitativas metales.²⁹

En las Tablas N°16 y N°17 se presentan por la izquierda las características cuantitativa y por la derecha los datos para cada una de las categorías este caso materiales metálicos. Las diferencias entre categorías de cada material crea una disyuntiva de elección ya que son materiales muy parecidos y de grandes cualidades, que solo se solucionara con el análisis de densidad ya que por tamaño y maniobrabilidad del producto final es necesario materiales poco densos.

➤ Superaleaciones:

Materiales				
Características	Hastelloy B	19.9 DL	Timken	L.C N-155
Dureza(Mpa)	931	1050	890	820
alargamiento a la rotura	45	62	55	52
elasticidad(GPa)	1,4	1,6	1,2	1,5
resistencia al impacto(N/mt)	170	182	170	165
vida util (años)	10	12	8	8
densidad (g/cc)	9,24	7,75	9,25	8,2
esfuerzo de rotura(GPa)	0,7425	1,023	0,9075	0,858

Tabla N°18: Características cuantitativas superaleaciones³⁰.

²⁸ Fuente: Propiedades mecánicas y térmicas de los materiales A.M. Collie Manufactura, ingeniería y tecnología SeropeKalpakjian, Steven R. Schmid

²⁹ Fuente: Propiedades mecánicas y térmicas de los materiales A.M. Collie Manufactura, ingeniería y tecnología SeropeKalpakjian, Steven R. Schmid

Materiales								
Características	iconelX	Hastelloy X	M252	Inco 700	S-816	Nimonic-80A	J-1570	HS-R235
Dureza(Mpa)	1130	950	1130	1200	895	1150	950	1200
alargamiento a la rotura	77	58	77	80	60	80	60	75
elasticidad(GPa)	1,3	1,6	1,3	1,8	1,4	1,6	1,5	1,7
resistencia al impacto(N/mt)	190	177	190	200	180	185	120	195
vida util (años)	12	10	8	14	10	10	8	10
densidad (g/cc)	8,33	7,88	8,25	8,32	8,66	8,33	8,66	7,88
esfuerzo de rotura(GPa)	1,2705	0,957	1,2705	1,32	0,99	1,32	0,99	1,2375

Tabla N°19: Características cuantitativas superaleaciones.³¹

En las Tablas N°18 y N°19 se presentan por la izquierda las características cuantitativa y por la derecha los datos para cada una de las categorías este caso materiales superaleaciones. Estos materiales son muy superiores en cuanto a las características en relación con los demás materiales pero todos estos elementos son muy densos por lo que su utilización solo sería posible en piezas importantes y muy pequeñas.

³⁰ Fuente: Propiedades mecánicas y térmicas de los materiales A.M. Collie Manufactura, ingeniería y tecnología SeropeKalpakjian, Steven R. Schmid

³¹ Fuente: Propiedades mecánicas y térmicas de los materiales A.M. Collie Manufactura, ingeniería y tecnología SeropeKalpakjian, Steven R. Schmid

2.4.- SUMINISTRO ENERGÉTICO.

Movimiento	
Velocidad de rotación	86 grados/s
Tiempo de rotación de cara 1 a cara2	3,2 segundos
Velocidad de posicionamiento	3,2 segundos
Abrazaderas y movimientos lentos	Servo-accionados, ajuste fino y continuo
Centrado	
Sistema de centrado	Trimble 3 pines
Plomada óptica	En plataforma nivelante
Aumento/distancia de enfoque mas corta	2,3x/0,5 m (1,6 pies) al infinito
Telescopio	
Aumento	30x
Apertura	40 mm (1,57 pulg)
Campo de vista	2,6 m a 100 m (8,5 pies a 328 pies)
Distancia de enfoque más corta	1,5 m (4,92 pies) al infinito
Puntero iluminado	Variable (10 pasos)
Luz de rastreo integrada	Estándar
Temperatura de funcionamiento	de -20 °C a +50 °C (-4 °F a +144 °F)
Impermeabilidad y protección contra el polvo	IP55
Humedad	100% con condensación
Alimentación de potencia	
Batería interna	Batería de ión-litio recargable 11,1 V, 4,4 Ah
Tiempo de funcionamiento	
Una batería interna	Aproximadamente 6 hrs
Peso	
Instrumento (Servo y Autolock)	5,6 kg (12,35 lb)
Instrumento (Robótico)	5,25 kg (11,57 lb)
Base nivelante	0,7 kg (1,54 lb)
Batería interna	0,35 kg (0,77 lb)
Altura del eje del muñón	196 mm (7,71 pulg)
Comunicación	USB, Serie

TablaN°20: Características de funcionamiento estación total³²

³² Fuente: <http://www.geocom.cl/assets/Trimble-GDM-CU-Manual-Usuario-GEOCOM.pdf>

Las estaciones totales funcionan en base a una batería de ion-litio y una conexión a corriente eléctrica, las características de funcionamiento, donde claramente se observan tres datos importantes para el normal funcionamiento de estaciones totales (temperatura de funcionamiento, alimentación de potencia e impermeabilidad).

Para que este proyecto pueda cumplir con los requerimientos funcionales, además se debe sumar el hecho de que la estación total efectúa sus análisis a la intemperie y muy lejos de una oficina o taller, por lo que los suministros energéticos deben ser alternativos, teniendo en cuenta los siguientes:

- Generadores
- Paneles fotovoltaicos
- Alimentación alternativa por automóvil
- Bancos de baterías

Las condiciones expuestas anteriormente facilitan la selección de un sistema de abastecimiento primario y uno alternativo:

- Panel fotovoltaico
- Alimentación alternativa por automóvil

Estas alternativas suplen cualquier necesidad de energía sin efectuar modificaciones en la utilización de nuevos sistemas, si se observa bien el banco de baterías viene incluido en un sistema fotovoltaico y el sistema auxiliar integrado al sistema fotovoltaico utiliza el motor de un vehículo como generador, siendo un sistema de menor tamaño y complementarios.

3.- DISEÑO DE UNA CASETA ACONDICIONADA



FiguraN°10: Tráiler en terreno ³³

La figura N°10 muestra un tráiler, los cuales son construidos en base a paneles de 38 mm de espesor con aislamiento de polietileno expandido de alta densidad con revestimiento interior y exterior de aluminio compuesto, cada panel se une mediante una perfilaría de aluminio estructural especial, ambos materiales permiten una estructura rígida y completamente firme. Los techos son fabricados de PRFV (polyester reforzado con fibra de vidrio) con aislamiento de poliuretano. Este tráiler además de los revestimientos está confeccionado interiormente para el desarrollo óptimo de la estación total, donde hay un climatizado, en su techo posee paneles solares para el abastecimiento y en el caso de emergencia tiene la opción de funcionar mediante generadores.

³³ Fuente: Fuente: <http://www.modulos.cl/casetas/>

3.1.- UBICACIÓN

Este proyecto está pensado para la industria minera que utiliza estaciones totales, que en Chile está acotado desde la primera a la sexta región del país en la zona del valle cercano a la cordillera.

3.2.- CLIMA

Lo primero fue buscar temperaturas mínimas, temperaturas máximas y radiación solar del año recién pasado, si bien son muchas más las condiciones que afectan a nuestro producto, por lo que se tienen que tener en consecuencias en los materiales al futuro, como por ejemplo medidas de reacciona a la corrosión o a la acción del viento, que si bien no estamos en una situación de altura, donde el viento afecta mucho más a los equipos, igual se averiguo la velocidad y dirección en la localidades en análisis. Las tablas y gráficos siguientes resumen las realidades de la diversas regiones en los lugares donde anteriormente se ha contextualizado (terreno pertinente a minas). Con estos datos más la contextualización se tiene una base pertinente para la selección de materiales.

T° min	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1ra Region	7,32	7,52	6,6	7,66	7,58	9,86	9,14	13,58
2da Region	0,55	-1,45	-2,25	-3,75	0,6	2,1	3,05	7,5
3ra Region	2,58	-0,57	0,92	2,43	0,53	4,92	5,73	9,28
4ta Region	3,84	1,07	-0,72	1,51	0,08	3,79	6,54	9,47
5ta Region	0,66	-1,85	-3,14	-0,12	-0,76	2,49	4,66	8,43
6ta Region	-2,5	-4,4	-3,1	-0,3	-1,2	1,7	5,1	7,5

Tabla N°21 Temperatura mínima mensual (°C) Temporada 2013³⁴

T° max	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1ra Region	25,06	23,62	23,92	21,54	22,64	23,2	25,88	24,96
2da Region	26,3	25,725	26,025	25,625	29,775	28,65	30,7	30,675
3ra Region	31,87	32,00	32,00	34,13	35,63	33,47	35,78	30,30
4ta Region	33,48	26,14	26,70	31,19	37,58	31,94	35,41	30,47
5ta Region	32,48	27,02	28,05	34,27	33,10	31,09	35,03	31,91
6ta Region	22,8	20,8	18,4	24,6	28,2	32,4	36,2	33,6

TablaN°22 Temperatura máxima mensual (°C) Temporada 2013³⁵

Radiacion	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1ra Region	15,18	14,58	13,88	17,1	19,2	19,44	19,6	19,68
2da Region	17,725	16,275	16,95	19,825	22,95	23,675	24,075	24,15
3ra Region	13,43	13,78	15,83	17,72	21,85	22,93	22,78	19,87
4ta Region	16,51	10,74	11,97	13,52	17,83	19,01	25,78	23,86
5ta Region	14,35	14,04	14,31	16,97	21,73	23,34	23,93	21,10
6ta Region	14,21	12,95	14,14	15,75	20,64	23,24	23,35	22,30

³⁴ Fuente: <http://www.meteochile.gob.cl/>

³⁵ Fuente: <http://www.meteochile.gob.cl/>

Tabla N°23 Radiación solar, máximas mensuales (w/m^2) Temporada 2013³⁶

El siguiente factor en análisis es el viento, el cual con su fuerza en algunos casos puede llegar a deformar ciertos materiales, por lo que siempre hay que tener en consideración la velocidad y cambios de dirección. Para este análisis se tomaron las siguientes ciudades de referencia por su cercanía a proyectos mineros: Putre, Sierra Gorda, Tierra Amarilla, Pan de Azúcar, Los Andes y Machalí.

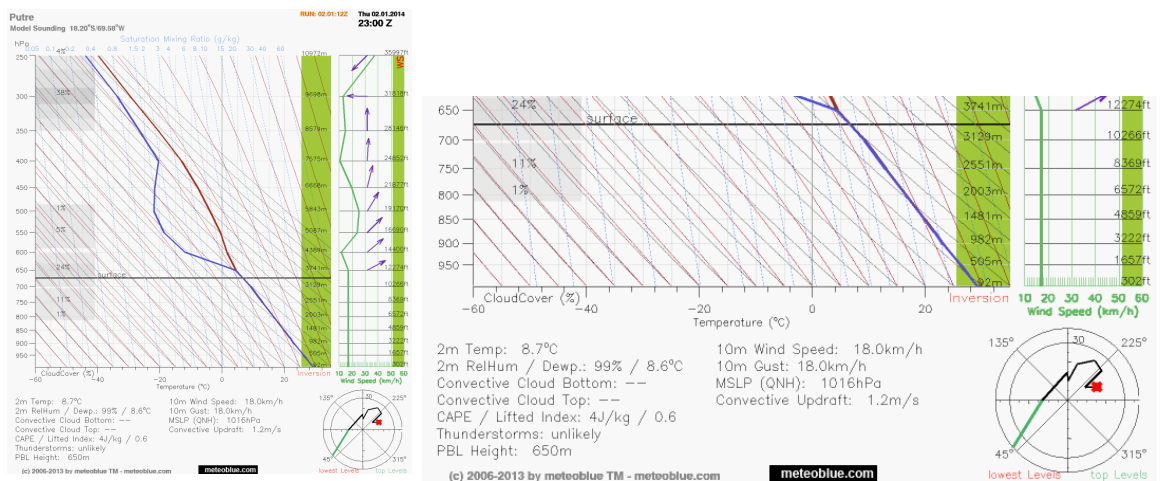
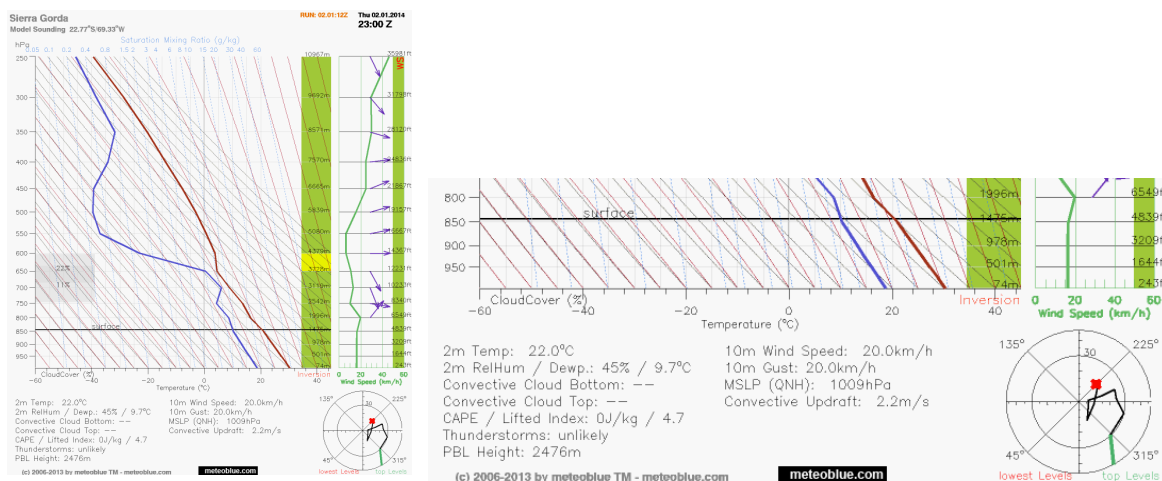


Figura N°11: Diagrama condición viento Putre³⁷

La figura N°11 muestra las condiciones del viento en la ciudad de Putre, del diagrama de la izquierda donde se muestran todas las condiciones del viento en relación a la altura se amplía en la derecha la zona inferior donde se muestra claramente la condición en la superficie que es lo que importa para este análisis. La velocidad del viento es en promedio de 18 Km/Hr, y la dirección varía levemente de sur-oeste al sur.

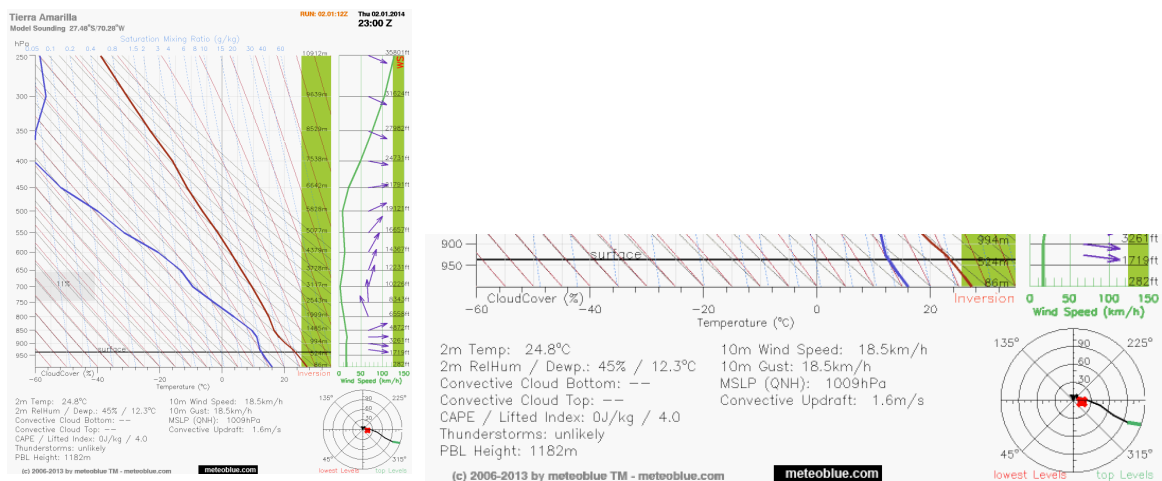


³⁶ Fuente: <http://www.meteochile.gob.cl/>

³⁷ Fuente: Figuras y datos de www.meteoblue.com

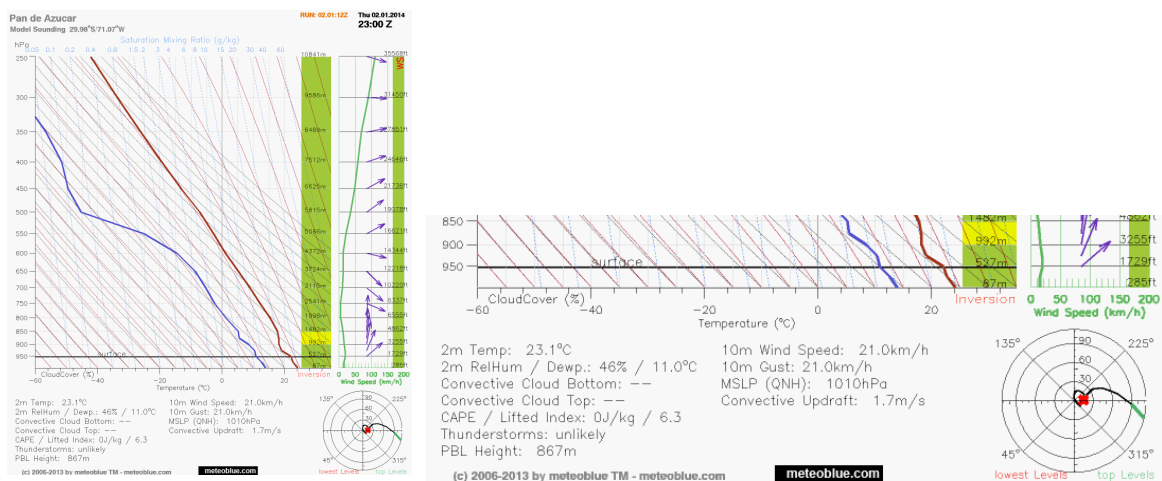
FiguraN°12: Diagrama condición viento Sierra Gorda³⁸

La figura N° 12 muestra las condiciones del viento para la ciudad de Sierra Gorda, al igual que en la figura anterior se ha ampliado el plano general de la izquierda en el costado derecho, así se destaca que la velocidad del viento promedio en la superficie es de 20 Km/Hr y su dirección varia de sur-oeste a nor-oeste más drásticamente.



FiguraN°13: Diagrama condición viento Tierra Amarilla³⁹

La figura N°13 muestra las condiciones del viento para la ciudad de Tierra Amarilla, la ampliación de la derecha muestra lo sucedido en la superficie, por lo que se tiene que la velocidad promedio es de 18,5 Km/Hr y la dirección varia de suroeste al sur muy levemente.



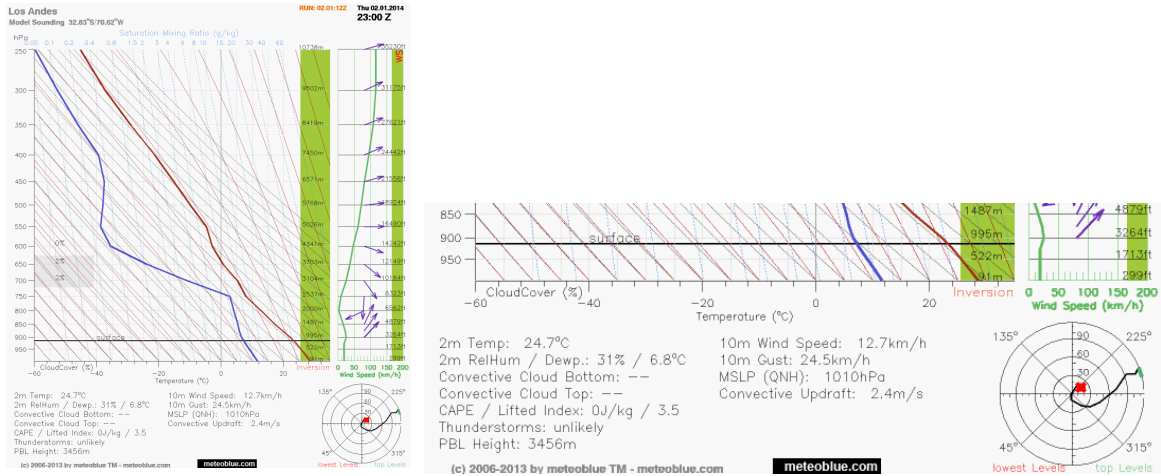
FiguraN°14: Diagrama condición viento Pan de Azúcar⁴⁰

³⁸ Fuente: Figuras y datos de www.meteoblue.com

³⁹ Fuente: Figuras y datos de www.meteoblue.com

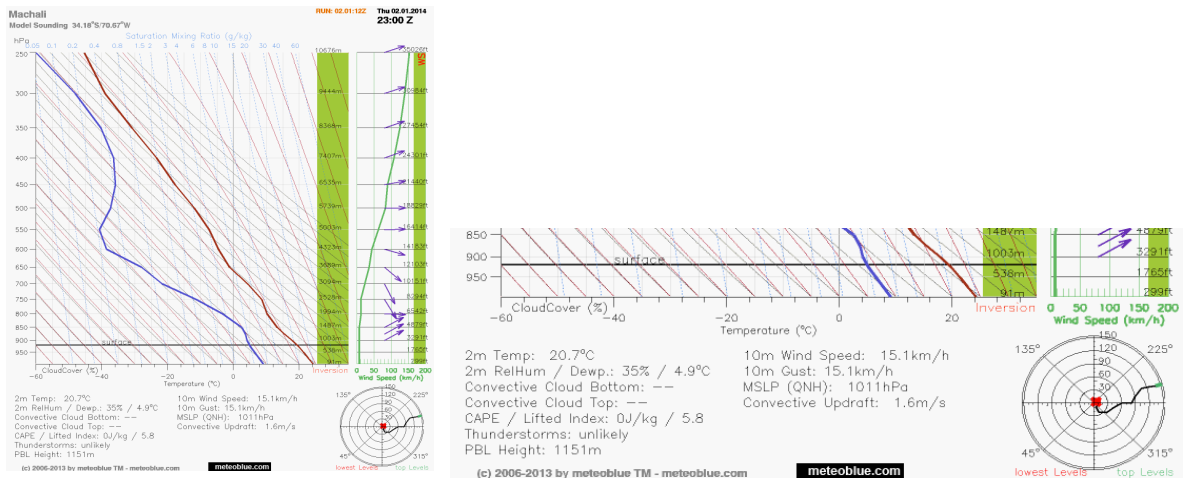
⁴⁰ Fuente: Figuras y datos de www.meteoblue.com

En la figura N°13 se aprecia las condiciones del viento de la ciudad de Pan de Azucar, la ampliación de la derecha destaca que la velocidad del viento en la superficie es de 21Km/Hr en promedio y sus dirección varia de sur a noroeste levemente .



FiguraN°15: Diagrama condición viento Los Andes⁴¹

En el caso de la figura N°15 la ciudad de Los Andes muestra en su diagrama mapeado en la derecha una velocidad promedio en la superficie de 12,7Km/Hr y una dirección que drásticamente varía de noreste anorte y a noroeste.



FiguraN°16: Diagrama condición viento Machali⁴²

⁴¹ Fuente: Figuras y datos de www.meteoblue.com

⁴² Fuente: Figuras y datos de www.meteoblue.com

La figura N°16 muestra las condiciones en la ciudad de Machalí, ampliado el diagrama se tiene que la velocidad promedio en la superficie para esta ciudad es de 15,1 Km/Hr y sudirección varía levemente de noroeste a sur oeste.

Con relación al viento se puede ver que en estas localidades el promedio de la velocidad del viento a niveles de altura bajos o llamados superficiales son de 17,55 Km/Hr por lo que nuestro proyecto no se vería afectado en el ámbito estructural ya que si bien ejerce fuerza contra la estructura de protección, no sería lo suficiente para hacer estragos o deformaciones en la estructura o parte de ella.

3.3.- NUEVO DISEÑO

Las necesidades del prototipo para su fabricación deben ser justificadas, para esto es necesario tener en cuenta que la planimetría detallada posteriormente presentará situaciones comunes de confusión como número de piezas, uniones, etc. Por eso es necesario enlistar todas aquellas situaciones críticas en la fabricación de un prototipo, para así evitar la percepción antojadiza del desarrollo del producto por parte de diseñadores industriales o fabricantes.

A continuación se presenta la lista con los elementos y procesos que queremos clarificar para la construcción del prototipo:

1. División
2. Uniones
3. Altura
4. Armado

Esta lista ayuda para crear un proceso lógico de construcción del prototipo en el futuro. Este análisis se llevará a cabo mediante herramientas de diseño de prototipos: Árboles de clasificación y tablas de combinación para dar solución al problema planteado anteriormente y solucionar cualquier duda futura en la forma lógica de construcción.

Los árboles de clasificación ⁴³(también llamados de decisión o de identificación) constituyen una aproximación radicalmente distinta a todas las estudiadas hasta el momento. Es uno de los métodos de aprendizaje inductivo supervisado no paramétrico más utilizado. Como forma de representación del conocimiento, los árboles de clasificación destacan por su sencillez. A pesar de que carecen de la expresividad de las redes semánticas o de la lógica de primer orden, su dominio de aplicación no está restringido a un ámbito concreto sino que pueden utilizarse en diversas áreas: diagnóstico médico, juegos, predicción meteorológica, control de calidad, etc.

⁴³ Fuente: Diseño y desarrollo de productos Ulrich

Un árbol de clasificación es una forma de representar el conocimiento obtenido en el proceso de aprendizaje inductivo. Puede verse como la estructura resultante de la partición recursiva del espacio de representación a partir del conjunto (numeroso) de prototipos. Esta partición recursiva se traduce en una *organización jerárquica* del espacio de representación que puede modelarse mediante una estructura de tipo árbol. Cada *nodo interior* contiene una pregunta sobre un atributo concreto (con un hijo por cada posible respuesta) y cada *nodo hoja* se refiere a una decisión (imagen N°9) (clasificación).

La clasificación de patrones se realiza en base a una serie de preguntas sobre los valores de sus atributos, empezado por el nodo raíz y siguiendo el camino determinado por las respuestas a las preguntas de los nodos internos, hasta llegar a un nodo hoja.

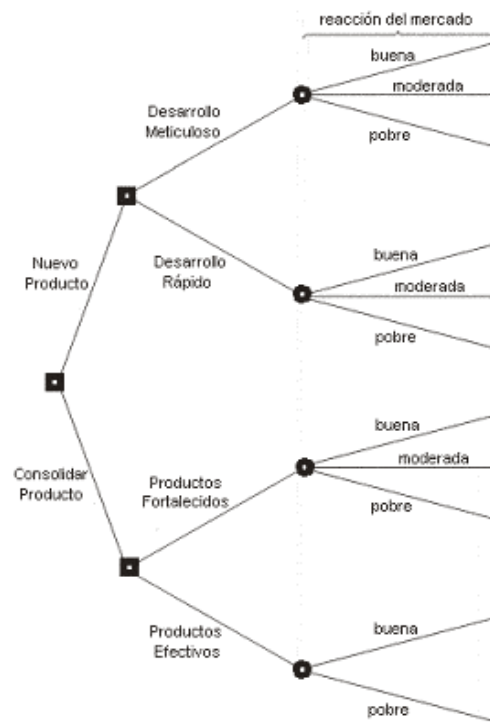
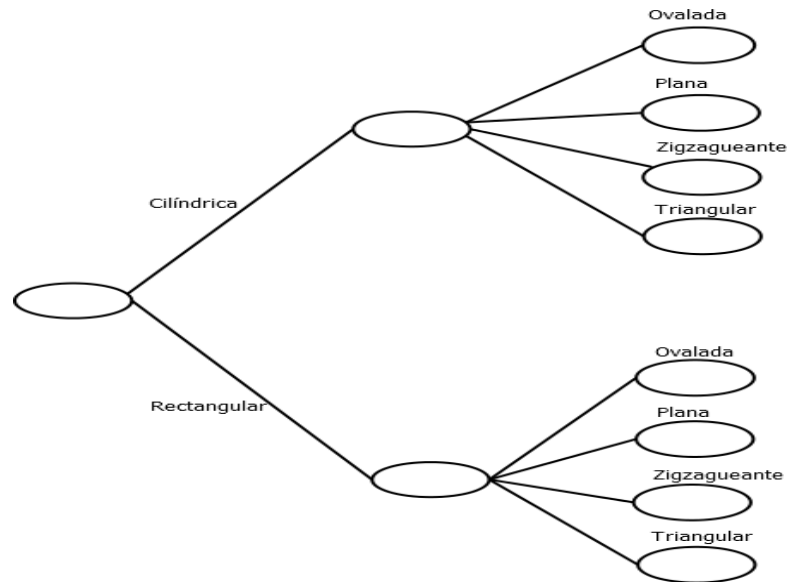


Figura N°17 Ejemplo árbol de clasificación desarrollo nuevo producto⁴⁴.

Para esta situación en particular tenemos 4 necesidades a suplir por lo que los diagramas de clasificación serán los siguientes:

⁴⁴Fuente: Diseño y desarrollo de productos Ulrich

Forma:



FiguraN°18 Árbol de clasificación para Forma.⁴⁵

Es posible detallar las formas cilíndrica y rectangular como opciones principales pensando que la forma de la estación total es irregular pero rectangular, por lo que es posible hacer al molde de esa forma, cilíndrica también es una opción ya que es compatible con la forma rectangular de la estación total sin tener mucho espacio sobrante. Hay que tener en cuenta que como estará a la intemperie la parte superior puede cambiar para así resistir a condiciones críticas (Radiación UV, polvo, lluvia, etc.) por lo que otra rama aparece en el árbol de clasificación con las opciones para esta parte de la protección (Ovalada, Plana, Zigzagueante y Triangular), por lo que se toman todas las opciones cambiante de la forma del prototipo, solo basta avanzar y en un posterior análisis decidir que opciones son las mejores.

⁴⁵ Elaboración propia

Uniones:

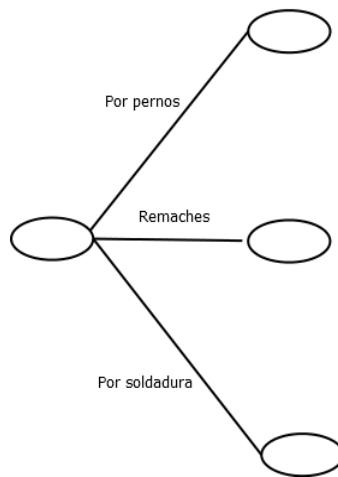


Imagen N°19Árbol de clasificación para las uniones⁴⁶.

Para este proyecto las opciones de uniones son tres (Apernada, Remaches y Por Soldadura⁴⁷), la primera opción es la más recomendada porque con los avances tecnológicos se han logrado fabricar pernos de alta resistencia, por lo que estas uniones logran excelentes resultados. Para los remaches es una unión que ha perdido popularidad por la tecnología y por la creación de mejores opciones. Por soldadura es un medio utilizado que necesita mucho esfuerzo y a veces no resiste o debilita la estructura unida si es que no se controla o llega a estar en un lugar inalcanzable.

⁴⁶ Elaboración propia

⁴⁷ Fuente: <http://www.arquitecturaenacero.org/soluciones-constructivas/41-uniones-y-conexiones>

Altura:

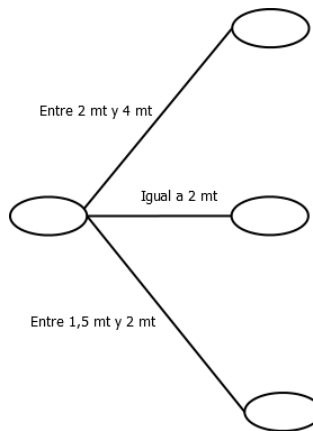


Figura N° 20Árbol de clasificación de la altura de SHIELD⁴⁸.

La altura máxima para la protección será de 4 metros, ya que la estación total con trípode mide máximo 1,60 y esta altura con elementos extras sería más que suficiente, la mínima altura de 1,5 está determinada por la altura más utilizada para la medición con estación total, además se establecen de estos extremos tres rangos de altura para el prototipo.

Armado:

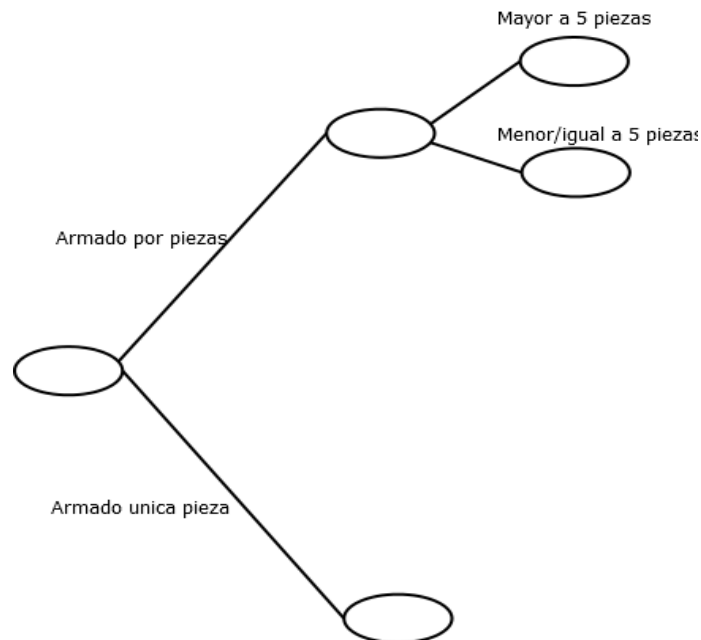


Figura N° 21Árbol de clasificación para el armado⁸⁶.

⁴⁸ Elaboración propia

El prototipo puede ser armado de dos formas:

- Por piezas
- Única pieza

Por la funcionalidad del mismo se determinó que existen dos rangos de piezas para la primera alternativa de armado:

- Menor/ igual a 5 piezas
- Mayor a cinco piezas

Cada uno de los diagramas de clasificación da vida a una columna de las tablas de combinación que ahora será utilizada para evaluar las opciones de fabricación clasificadas anteriormente.

La tabla de combinación⁴⁹ contiene una forma de considerar en forma sistemática combinaciones de fragmentos de solución, las columnas de la tabla corresponden a los subproblemas identificados. Las entradas de cada columna (imagen N°10) corresponden a los fragmentos de solución para cada uno de estos subproblemas derivados de búsquedas tanto internas como externas. La combinación de las columnas entregan potenciales soluciones por lo que el número de combinaciones depende de las entradas de cada una de las entradas, esto fomenta el pensamiento creativo al evaluar soluciones que quizás no tienen única solución, pero que deben ser analizadas.

Convertir energía eléctrica en energía traslacional	Acumular energía	Aplicar energía traslacional al clavo
Motor rotatorio con transmisión	Resorte	Un solo impacto
Motor lineal	Masa móvil	Impactos múltiples
Solenoides		Empujar clavo
Pistola eléctrica		

Tabla N°24 Ejemplo tabla de combinación pistola de clavos.

⁴⁹ Fuente: Diseño y desarrollo de productos Ulrich

Para el caso de este prototipo las tablas de combinación también estarán determinadas por las 4 necesidades de fabricación anteriormente detalladas:

1. Forma
2. Unión
3. Altura
4. Armado

Forma:

Con el análisis del árbol de clasificación se identificaron las alternativas de forma para dos situaciones particulares que definen este prototipo:

- I. Forma del cuerpo del prototipo
- II. Forma de la cubierta superior

La decisión en el ámbito de la forma tiene relación con estos dos subproblemas que darán paso a las columnas para así establecer posibles combinaciones de construcción. Figura N°22

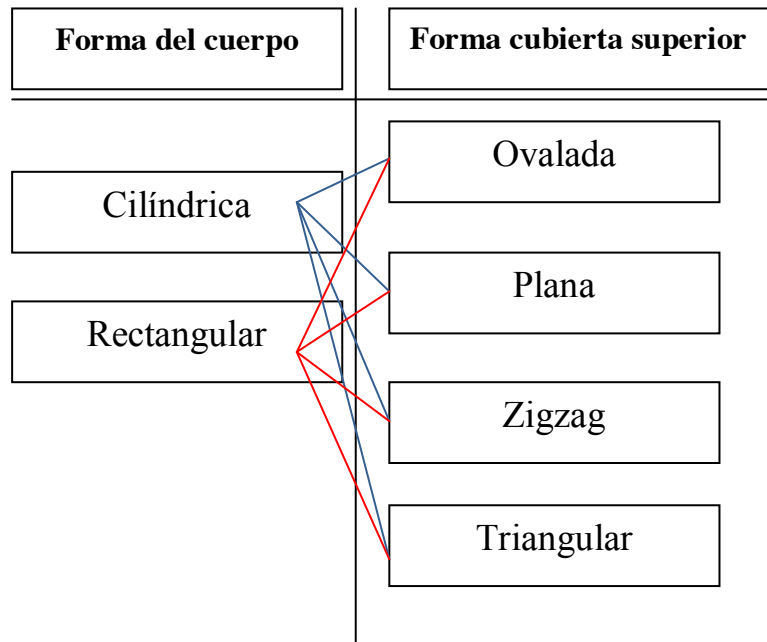


Figura N°22 Combinaciones forma del prototipo

Existe para este tipo de subproblemas 8 combinaciones de solución que abarca las dos ramas de análisis (Tabla N°25)

Forma del cuerpo	Forma cubierta superior
Cilíndrica	Ovalada
Cilíndrica	Plana
Cilíndrica	Zigzag
Cilíndrica	Triangular
Rectangular	Ovalada
Rectangular	Plana
Rectangular	Zigzag
Rectangular	Triangular

Tabla N°25 Lista de combinaciones de forma⁵⁰

Análisis de combinaciones:

Para poder elegir la mejor opción hay que tener en cuenta que es lo que tiene el cliente en el lugar de trabajo. Después de consultar con Geocas sabemos que hay que tener tres excepciones. La primera es que en la mina (Taludes) se encuentran empotramientos cilíndricos de 37,4 cm de radio para la utilización de las estaciones totales o cualquier otro tipo de equipo topográfico. La segunda excepción es que como la estación total funciona con un rayo láser la protección debe tener vidrios en un Angulo de 75° para que el vidrio no tenga efecto en la precisión de la estación total. Por último se debe tener en cuenta que la estación total estará en la parte más alta de la mina y que por lo mismo no tendrá sobras, lo que ayuda a determinar la mejor inclinación de la cubierta superior pensando en que el suministro eléctrico seleccionado fue un sistema fotovoltaico.

Es así que tomando esas tres excepciones de Geocas, lo mejor es que la base del prototipo sea cilíndrica para encajar con el empotramiento de la mina, el tronco o jaula que contendrá la estación total deberá ser rectangular acorde con las medidas de la misma, para así no dificultar su funcionamiento con el vidrio a su alrededor, se debe tener en cuenta dos pacas cilíndricas para la unión de la base y tronco donde ira el sistema de ventilación. Y por último ya que no se tiene sobra para la obtención de energía solar y que el funcionamiento será continuo o cíclico dependiendo de la obra lo más práctico es construir una cubierta o casco ovalado para la instalación de un panel solar flexible, el cual con este tipo de estructura todo el día obtendrá energía solar sin depender de la posición del sol.

⁵⁰ Elaboración propia

Unión:

Con el análisis del árbol de clasificación se identificaron las alternativas de unión que definen este prototipo:

- I. Unión por remaches
- II. Unión por soldadura
- III. Unión por pernos

Teniendo en cuenta esta problemática solo cabe decidir las uniones para todo el prototipo. Si se toma en cuenta los remaches, la tecnología y su continuo avance ha dejado de lado este tipo de unión tan popular en las antiguas construcciones. La unión por soldadura es una unión que requiere especial cuidado por donde se hace y como se hace, cualquier descuido puede llevar al debilitamiento mecánico de las piezas unidas. Por último el mejor sistema de unión hoy en día es el apernado ya que los avances tecnológicos han dado grandes pasos para el mejoramiento de los pernos, desde la creación de nuevos tipo hasta el mejoramiento de los clásicos, por lo que en este caso es muy importante tener en cuenta que una unión con pernos ayuda ante cualquier problema para desmontar el prototipo y revisarlo, sin afectar ni su resistencia ni durabilidad. Por lo que las uniones serán con pernos de cabeza plana para no interferir en las mismas uniones, con golillas para la repartición de la presión y por ultimo con tuercas auto bloqueantes para no tener problemas con algún tipo de vibración inesperada.

Altura:

Con el análisis del árbol de clasificación se identificaron 3 alternativas de altura que definen este prototipo:

- Entre 1,5 mt y 2 mt
- Igual a 2 mt
- Entre 2 mt y 4 mt

Las alternativas fueron entregadas por Geocas, ya que ellos utilizaban estos tres rangos con la caseta ya construidas por las minas, hay que tener en cuenta que estas casetas no tenían un estudio para la relación entre la altura y el funcionamiento de la estación total. Por lo que en este caso se debe tener en cuenta que la jaula o tronco de este prototipo tiene un vidrio en ángulo perfecto para no interferir con el funcionamiento del rayo láser de la estación total, además del empotramiento que tienen las minas, donde se insertara el prototipo por lo que es más sensato utilizar el rango que va desde los 2 mts. hasta los 4mts. ya que según los empotramientos se irán regulando, en este caso se utilizará una altura dentro de este

rango(2,21mt) para motivos de construcción del prototipo que no está relacionado con ningún empotramiento existente por lo que solo será utilizado en este trabajo de titulación .

Armado:

Con el análisis del árbol de clasificación se identificaron las alternativas de forma para dos situaciones particulares que definen este prototipo:

- I. Por piezas o única pieza
- II. Cantidad de piezas

La decisión en el ámbito de la forma tiene relación con estos tres subproblemas que darán paso a las columnas para así establecer posibles combinaciones de construcción. Figura N°23

Tipo de armado	Cantidad de piezas
Armado por piezas	Mayor a 5 piezas
Armado única pieza	Menor/igual a 5 piezas

Figura N°23 Combinaciones forma del prototipo

Existe para este tipo de subproblemas 3 combinaciones de solución que abarca las dos ramas de análisis (Tabla N°26)

Tipo de armado	Cantidad de piezas
Armado por piezas	Mayor a 5 piezas
Armado por piezas	Menor/igual a 5 piezas
Armado única pieza	

Tabla N°26Lista de combinaciones de forma⁵¹

Como se dijo anteriormente las dimensiones de construcción no serán muy grandes (alto 2,21 mt, radio 37,4cm), tendrá un sistema de ventilación y un sistema fotovoltaico para el suministro eléctrico por lo que todos estos factores ayudan a tomar la mejor decisión que es el despiece y por cantidad de piezas menor/igual a 5 piezas, ya que son 5 los lugares críticos para todos los sistemas externos que necesitarían revisión en caso de problemas, una mayor cantidad de piezas o una única pieza complicaría esta revisión, cosa que no se quiere. Uno de los principales objetivos de este trabajo de titulación es disminuir el tamaño de la protección y aumentar la maniobrabilidad de la misma, por lo que esta alternativa es la más conveniente para solucionar los subproblemas identificados anteriormente.

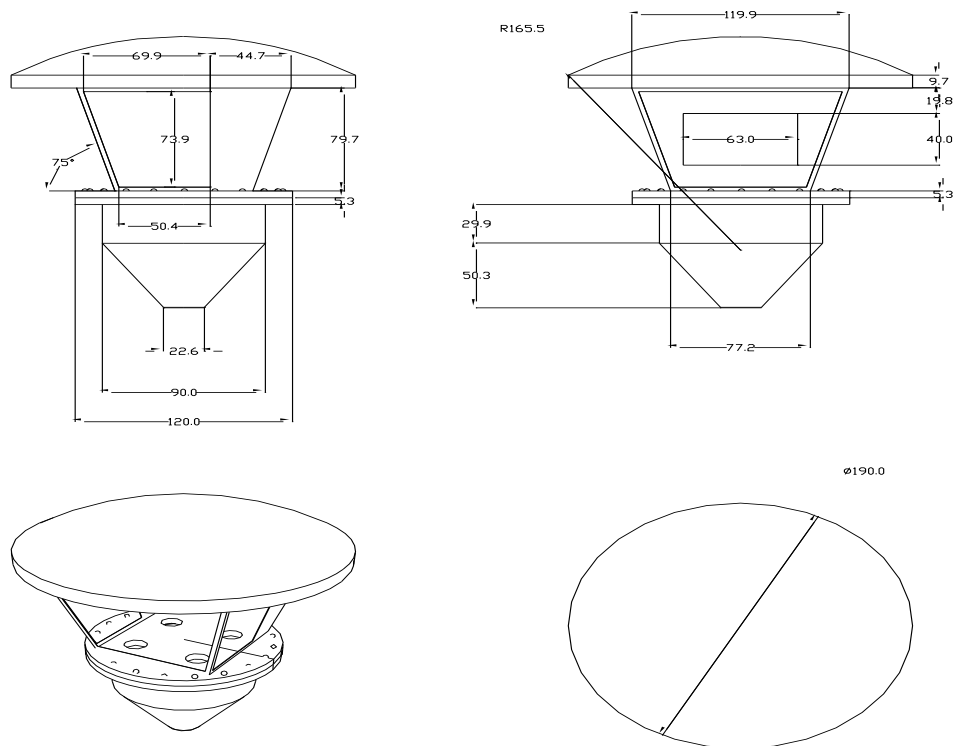
⁵¹Fuente: Elaboración propia

PROTOTIPO

El prototipo será llamado SHIELD para su posterior identificación. En comparación con la solución actual, SHIELD reduce sus dimensiones y modifica su forma de acuerdo al análisis anterior. Compuesto en su parte superior por un casco ovalado el cual tiene por función proteger en caso de derrumbes y es la base para poner los paneles solares, seguido por una parte similar a la caseta pero con más puntos de inspección para que la estación total pueda tener más puntos de referencias en comparación con la solución actual y su parte inferior cuenta con un anclaje autoajustable al empotramiento que posee la mina para la caseta actual.

Planimetría: La planimetría consiste en proyectar sobre un plano horizontal los elementos de la poligonal como puntos, líneas rectas, curvas, diagonales, contornos, superficies, cuerpos, etc., sin considerar su diferencia de elevación. Esta herramienta se puede utilizar para generar planos en papel de fuentes geográficas o proyectos con cotas y especificaciones en un ámbito general como también específico para despiece.

Prototipo “Shield”



FiguraN°24: Planimetría general SHIELD⁵²

⁵² Fuente: Propia

La figura N°24 muestra 3 caras del Prototipo Frontal, Horizontal y superior con las cotas correspondientes a las medidas de este. Parte topográfica sobre la representación a escala de todos los detalles interesantes del prototipo sobre una superficie plana (plano geométrico), prescindiendo de su relieve y se representa en una proyección horizontal.

A continuación la planimetría de cada pieza componente de SHIELD

Casco:

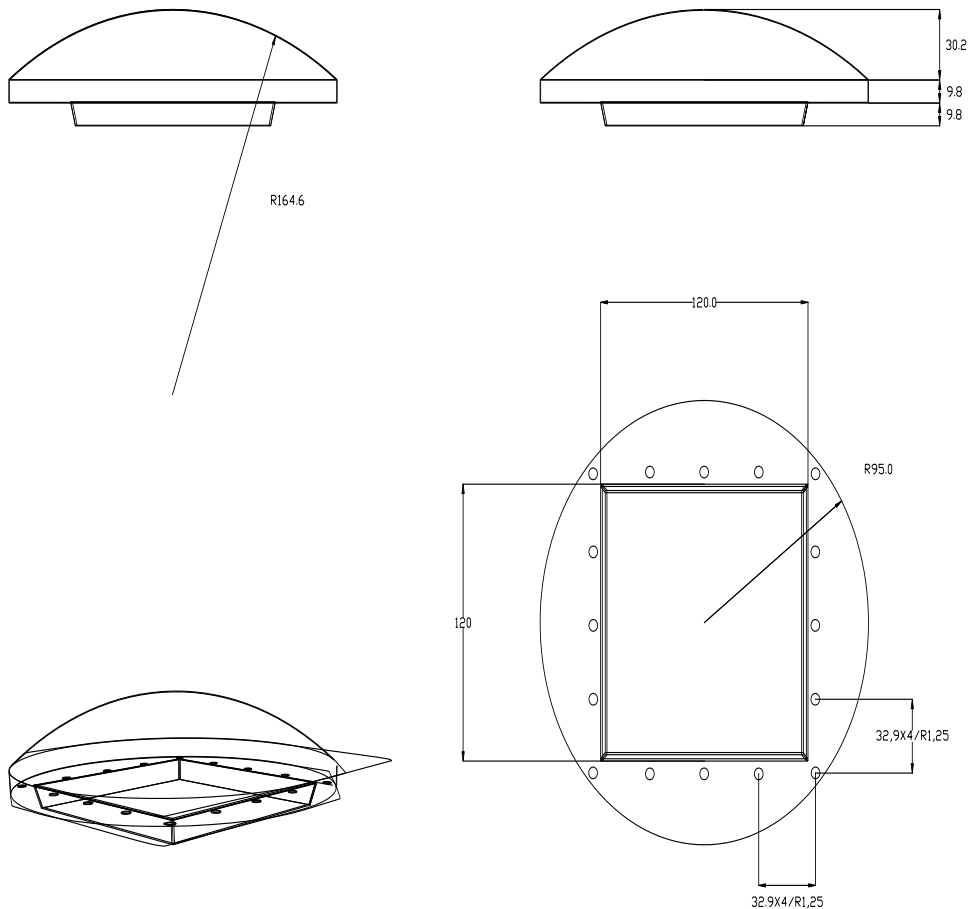


Figura N°25: Planimetría casco SHIELD ⁵³

La figura N°25 nos muestra la parte superior (casco) de SHIELD. De forma ovalada para no ofrecer resistencia al viento, de gran diámetro para una protección mayor ya sea de derrumbes u objetos que puedan dañar y sobre todo para proveer de sombra para que la radiación sea adquirida para los paneles solares y así no afectar a la estación total. Detalle los

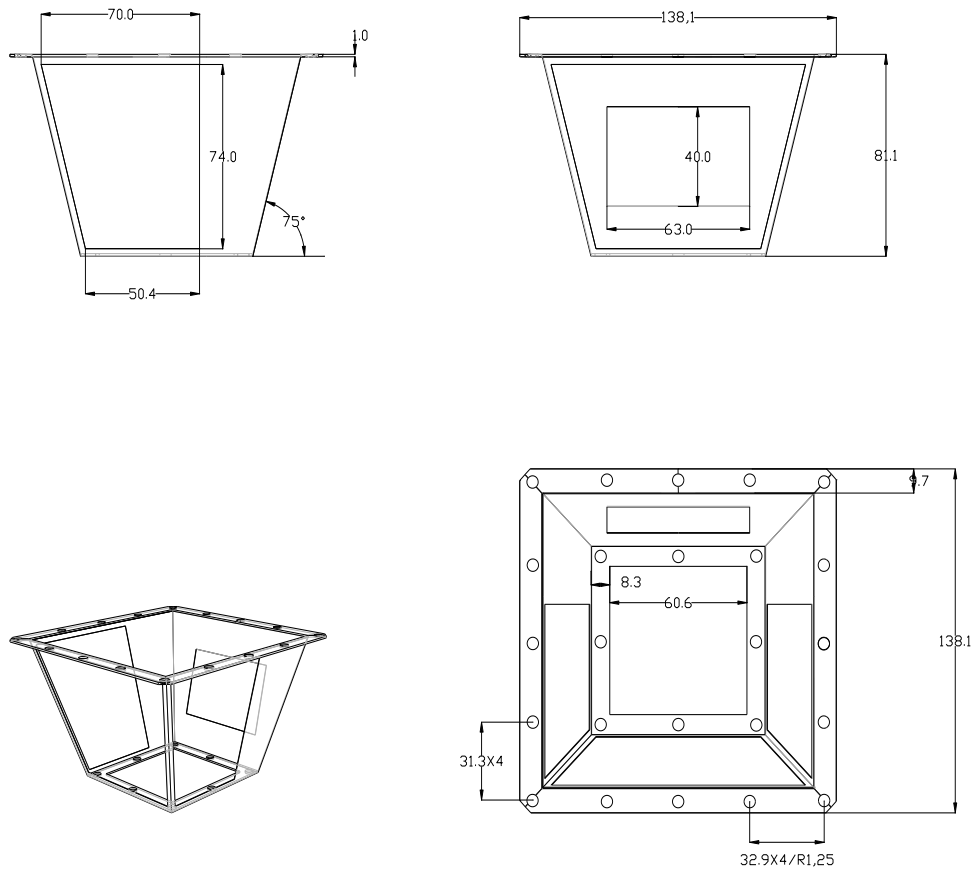
⁵³ Fuente: Propia

paneles que lo compondrán son el nuevo tipo de paneles solares flexibles para así poder tener el mayor rango para la obtención de energía.

Consta de un diámetro de 190 cm de ancho, por 40 cm de alto, el grosor del material es de 3mm la pretina es con el fin de hacer un encaje a la hora de unión con la jaula.

Interior compuesto por filtros de aire y la mecánica correspondiente al almacenamiento de energía de los paneles hacia las baterías y estación total para el abastecimiento de energía.

Jaula o tronco:



FiguraN°26: Planimetría jaula o tronco de SHIELD ⁵⁴

En la figura N°26 se muestra la parte media de Shield (jaula o tronco), estructurada en forma de jaula para dar firmeza y cohesión a la hora de unión de la base y el casco. Consta de una altura de 81 cm y largo superior 118 cm y largo inferior de 77 cm y un grosor de 3mm para cada placa de esta parte. Compuesto de 4 ventanas, 1 frontal, 2 laterales y una posterior, estas

⁵⁴ Fuente: Propia

tiene una inclinación de 75° para que el rayo laser que emite la estación total pueda ser dirigido con exacta precisión. La ventana frontal es de 74 cm de alto, de 108 cm de largo superior y 67 de largo inferior, las ventanas laterales poseen igual alto que la frontal pero su largo superior es de 74 cm e inferior de 50,4 cm, ambas son con el fin de brindar una visión extra para el monitoreo de la estación total. Posterior se encuentra una ventana ubicada en la parte de atrás estratégicamente para cubicación de la estación total en el espacio desde dentro de la protección Shield, alto 40 cm y largo 63 cm. Los vidrios poseen foto-cromado para mantener la temperatura idónea para la estación total.

Placa Superior:

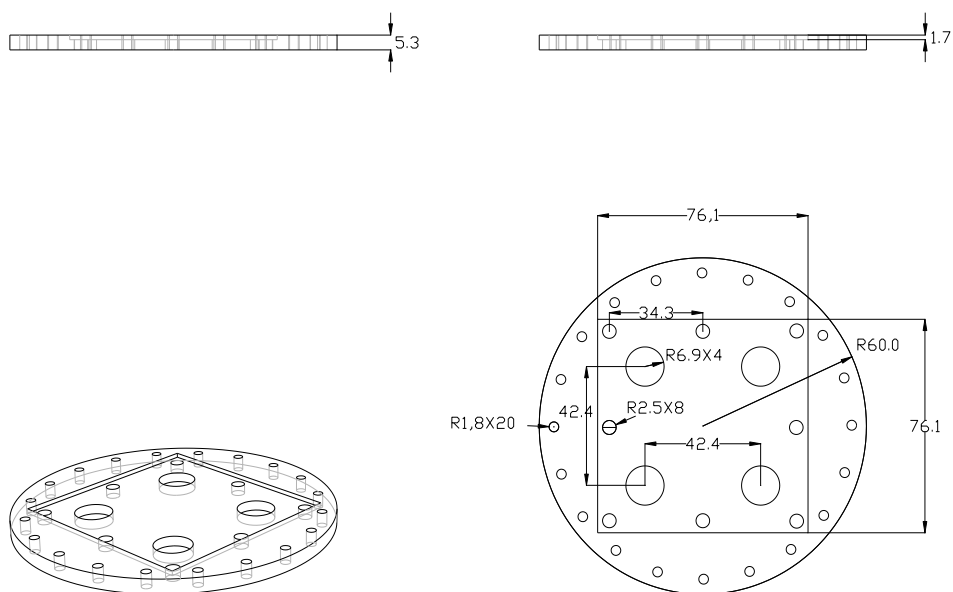


Figura N°27: Planimetría placa superior SHIELD⁵⁵

La figura N°27 destaca la placa superior que es el soporte donde se sitúa la estación total, además allí la unión del casco y jaula descansan, destaca por poseer 4 orificios, los que están hechos para los ventiladores que mantendrán en temperatura ideal a la estación total. Esta placa es gruesa debido a ser el soporte de unión de Shield. Con un diámetro de 120 cm, y un espesor de 5,3 cm.

Nota: para dar mayor cohesión entre la jaula y la placa superior esta posee un descanso de 1,7 cm, así la jaula encaja de manera perfecta a la placa.

⁵⁵ Fuente: Propia

Placa inferior:

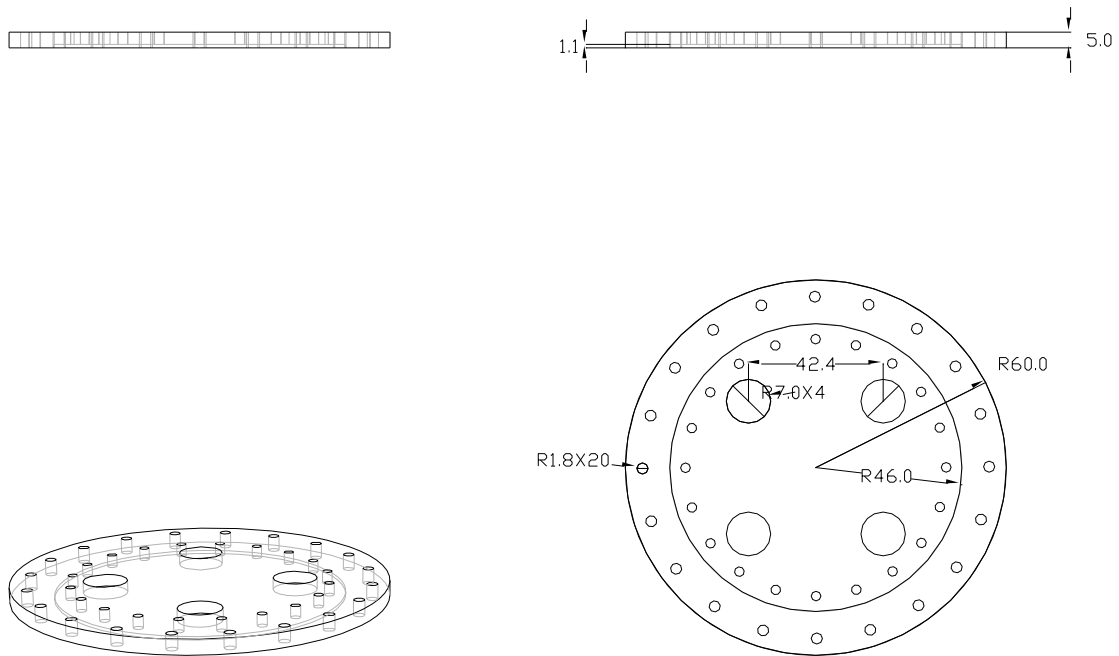


Figura N°28: Planimetría placa inferior SHIELD ⁵⁶

En este caso la figura N°28 muestra un punto clave en la estructura, la placa inferior, que es el soporte donde se sitúa el casco y la jaula unidos a la base para así encajar en el tubo empotrado. Al igual que la placa superior posee 4 orificios, los que están hechos para los ventiladores. Con un diámetro de 120 cm, y un espesor de 5 cm.

Nota: para dar mayor cohesión entre la base y la placa inferior esta posee un descanso de 1,1 cm, así la base encaja de manera perfecta a la placa.

⁵⁶ Fuente: Propia

Base o anclado:

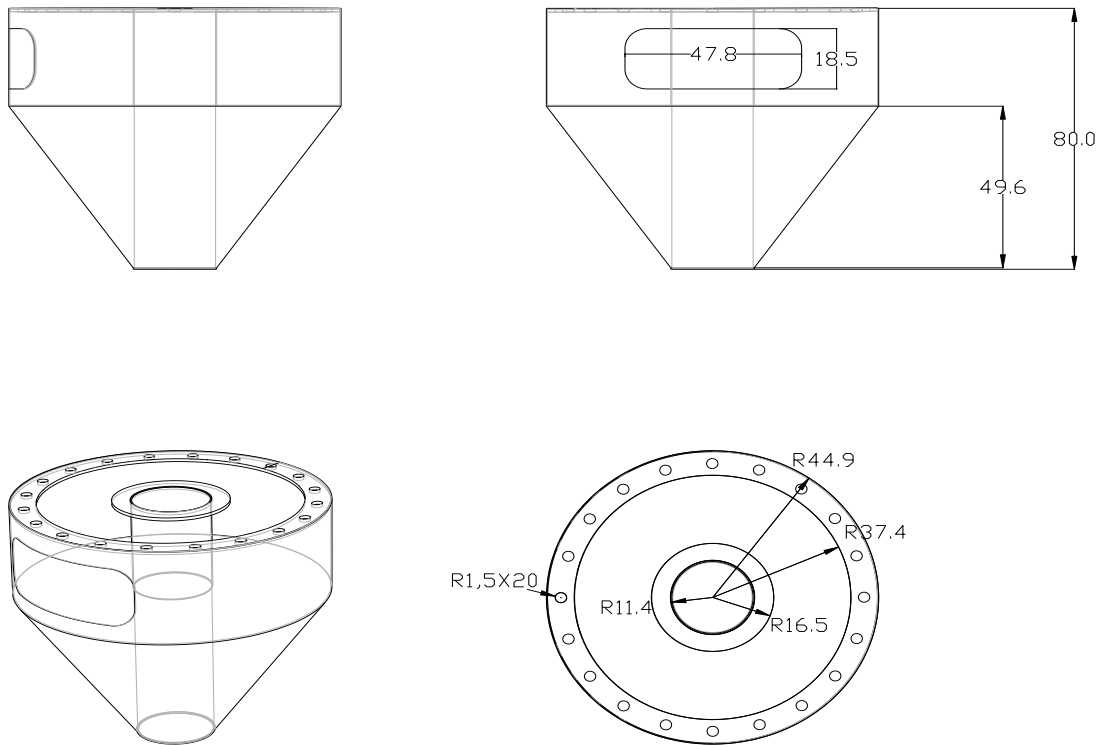


Figura N°29: Planimetría base SHIELD ⁵⁷

En la figura N°29 aparece la base de SHIELD, la cual está dividida en 2 partes, un cilindro el cual está hecho con la función de almacenar todo lo que tenga que ver con el aspecto energético y de abastecimiento para la estación total. La segunda parte corresponde a un cono el cual cumple la función de dar unión a Shield con el tubo empotrado en el punto donde se situara la estación total. Cilindro posee 90 cm de diámetro y una altura de 30,4 cm, la puerta para la manipulación del tema energético es de un 47,8 cm de largo por 18,5 cm de alto. Estas medidas son en base a la medida estándar de una mano humana con el fin de que la manipulación sea sin problemas. El cono que descende es de material sólido para que el empotrado sea firme, el diámetro del agujero es de acuerdo a los tubos que poseen en las minas 22,8 cm, una altura de 49,6 cm y diámetro superior 44,9. La forma de cono es para proveer de estética a Shield siendo más accesible al tema abastecimiento y cualquier detalle con respecto a la estación total. Los 80 cm sumados entre cilindro y cono, corresponden a los 80 cm que sobresale el tubo del empotramiento.

⁵⁷ Fuente: Propia

3.4.- SELECCIÓN DE MATERIALES.

Suelen existir múltiples soluciones correctas de un problema de selección de materiales, por esto es preciso investigar varias soluciones alternas antes de llegar a la solución definitiva. Los materiales que se seleccionen deben funcionar juntos como un sistema sin desagradar las propiedades de los demás materiales. Los resultados se explicitan en la siguiente tabla que sirve para filtrar los materiales para una preselección de parte subjetiva. Los materiales fueron divididos en grupos para simplificar el análisis, ya que es mucho más sencillo cuando las características son similares en el caso de elegir según estos criterios; los grupos son: materiales alternativos, superaleaciones, metales.

Según la tabla anterior se tiene la siguiente preselección en cada uno de los grupos que si bien es en el plano subjetivo de este proyecto, simplifica mucho el sistema de selección ya que existen muchos materiales que pueden cumplir en ciertos ámbitos con los requerimientos anteriormente descritos, de los siguientes preseleccionados se compararan con los preseleccionados en la etapa siguiente que tiene relación con las propiedades mecánicas de los materiales:

- | | | |
|-----------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| • <u>Materiales alternativos:</u> | • <u>Metales:</u> | • <u>Superaleaciones:</u> |
| ✓ Fibra de carbono | ✓ Aceros inoxidables | ✓ Hastelloy X |
| ✓ Espuma metálica | ✓ Aluminio Serie 2000 | ✓ HS-R235 |
| ✓ Kevlar | ✓ Aluminio Serie 7000 | |
| ✓ Krión | ✓ Hastelloy B | |
| ✓ Epoxi/fibra de vidrio | ✓ 19.9 DL | |
| ✓ Aceros al Carbón | | |

Cuando se tienen este tipo de materiales en el proceso de diseño lo fundamental es poder conocer a cabalidad sus propiedades y así poder elegir de mejor forma el material a utilizar. Lo primero que se tiene que tener en cuenta es la densidad, ya que, según las dimensiones de la parte a construir con un material pesado, puede ser un problema a la hora de movilizarlo, si es que es muy grande, en cambio si se necesita el material pesado en una pieza para unión o de dimensiones pequeñas no afectará tanto el peso final de nuestro producto. Si bien también hay que tener en cuenta tensiones o fuerzas tanto puntuales como totales, se tomó en cuenta otras propiedades antes nombradas, por ultimo y no menos importante hay que pensar en la vida útil de estos materiales; como ya se dijo las estaciones totales tienen una

vida útil que no va relacionada con el producto ya existente, por lo que nosotros tratamos de relacionar las vidas útiles para que si bien existan mantenciones estas no consten en cambiar la protección si tal vez hacer arreglos menores o refuerzos.

Si bien son los mismos materiales analizados subjetivamente, no son los mismos seleccionados, ya que se tiene en cuenta un criterio muy diferente:

- | | | |
|---|--------------------------|---------------------------|
| • <u>Materiales</u>
<u>alternativos:</u> | • <u>Metales:</u> | • <u>Superaleaciones:</u> |
| ✓ Fibra de carbono | ✓ Aceros al Carbón | ✓ 19.9 DL |
| ✓ Aerogel | ✓ Aceros inoxidable | |
| ✓ Kevlar | ✓ Aluminio Serie
2000 | |
| ✓ Krión | ✓ Aluminio Serie
6000 | |
| ✓ Epoxi/F. de vidrio | ✓ Aluminio Serie
5000 | |
| ✓ Vidrio metálico | ✓ Hastelloy B | |
| ✓ Aluminio Serie
7000 | | |

3.5 SELECCIÓN DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN DE ENERGÍA.

3.5.1.- DETERMINACIÓN DE LA POTENCIA DE CONSUMO PARA EL SISTEMA

El consumo de energía alcanza un valor aproximado de 280 Wh (Watt Hora), se debe tener en cuenta que cada uno de los elementos electrónicos de fábrica define su consumo detallado y que este consumo está relacionado a un periodo de tiempo en específico, en este caso 1 hora. A los 280Wh debemos aplicar un factor de diversidad, el cual representa una estimación de la porción de artefactos que se encuentran en funcionamiento en forma simultánea. Para este caso utilizaremos un factor de diversidad igual a un 92%, es decir, se estima que se utilizará en forma simultánea un 92% del consumo total considerado por concepto de carga de baterías y la utilización de ventiladores intermitentemente, lo cual corresponde a un consumo aproximado de 257 Wh Tabla N°27.

Estimación consumo Energético	
Descripción	Consumo KWh
Estación total	0,25
Ventilador (4)	0,03
Consumo total	0,28
Factor de diversidad	0,92
Consumo estimado	0,257

TablaN°27: Calculo consumo estimado⁵⁸

Una vez estimado el consumo energético total teórico de iluminación (ET (Wh)), es necesario calcular el consumo real (E) que tendrá el sistema una vez realizada la instalación fotovoltaica, esto es, considerando además el consumo de los equipos propios de la instalación (inversor, baterías, otros), producto de las pérdidas asociadas al funcionamiento. Para esto, se utilizará la Ecuación:

$$E = \frac{Et}{R} (Wh)$$

Ecuación de Consumo Energético Real

Donde R corresponde al factor de rendimiento global de la instalación fotovoltaica, y se calcula según la Ecuación

$$R = (1 - Kb - Kc - Kv) * \left[1 - \frac{Ka * N}{Pd} \right]$$

Ecuación del Factor de Rendimiento Global de la Instalación Fotovoltaica⁵⁹

⁵⁸ Fuente: Elaboración propia

Donde los factores de la Ecuación son los siguientes:

kb: Coeficiente de pérdidas por rendimiento del banco de baterías

- 0,05 en sistemas que no demanden descargas profundas
- 0,1 en sistemas con descargas profundas

kc: Coeficiente de pérdidas en el inversor

- 0,05 para inversores senoidales puros, trabajando en régimen nominal
- 0,1 para inversores trabajando fuera del régimen nominal

kv: Coeficiente de pérdidas varias (pérdidas en conductores, efecto joule, etc.) se consideran valores de referencia entre 0,05 y 0,15

ka: Coeficiente de auto-descarga diario

- 0,002 para baterías de baja auto-descarga Ni-Cd
- 0,005 para baterías estacionarias de Pb-ácido
- 0,012 para baterías de alta auto-descarga (arranque de vehículos)

N: Número de días de autonomía de la instalación

Días en que la instalación trabajará bajo condiciones de irradiación mínimas (días nublados continuos), se consumirá más energía de la que se genera.

pd: Profundidad de descarga diaria de la batería

- No deberá exceder el 80% de su capacidad nominal, a fin de evitar afectar la vida útil del banco de baterías.

Los valores utilizados para los cálculos son los siguientes:

- kb: 0,1
- kc: 0,05
- kv: 0,05
- ka: 0,005
- N: 4
- pd: 0,7

⁵⁹ Fuente: Montaje mecánico en instalaciones solares fotovoltaicas Antonio Aguilera Nieves

Por lo tanto, y según la Ecuación anteriormente descrita el rendimiento de la instalación será:

$$R = (1 - 0,1 - 0,05 - 0,05) * \left[1 - \frac{0,005 * 4}{0,7} \right] = 0,777$$

De acuerdo a lo anterior la energía real consumida (E) será:

$$E = \frac{257}{0,777} = 330,76 \text{ (Wh)}$$

3.5.2 CÁLCULO DEL BANCO DE BATERÍAS

Ya conocido el valor real del consumo energético de la instalación es posible calcular la capacidad del banco de baterías (CBat) necesario para acumular la energía generada por el sistema, esto se hará de acuerdo a la Ecuación:

$$C_{bat} = \frac{E * N}{V * Pd}$$

Ecuación Capacidad del Banco de Baterías⁶⁰

Donde V corresponde al voltaje nominal de la batería Ah (Amper Hora), teniendo en cuenta que tiene estrecha relación con los watts hora que se consumen. Por lo tanto, la capacidad del banco de baterías es:

$$C_{bat} = \frac{330,76 * 4}{12 * 0,7} = 157,5 \text{ (Ah)}$$

3.5.3 CÁLCULO DE LOS PANELES SOLARES

Como ya se obtuvo la capacidad del banco de baterías, se está en condiciones de calcular la cantidad de paneles solares necesarios para la instalación. Para esto se hará uso de los datos obtenidos de la irradiación solar mensual promedio de la zona de estudio:

Radiacion	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Promedio Zona	15,24	13,73	14,51	16,81	20,70	21,94	23,25	21,83

Tabla N°28: Radiación solar promedio mensuales (w/m²) Temporada 2013⁶¹

⁶⁰ Fuente: <http://eliseosebastian.com/calculador-banco-de-baterias-parte-1/>

⁶¹ Fuente: <http://www.meteochile.gob.cl/>

A los datos indicados en la Tabla N°28 se le deberán descontar las pérdidas de Radiación por concepto de Orientación e Inclinación de los paneles, junto con las pérdidas por sombras.

Cálculo de Pérdidas por Orientación e Inclinación

Para realizar estos cálculos, primero se deben estimar los valores de elevación y acimut de los paneles y luego comprobar si estos valores están dentro de los límites para este tipo de proyecto (10%), esto se puede hacer de acuerdo a ciertas recomendaciones para el diseño de instalaciones fotovoltaicas. Por ejemplo, la elevación de los paneles puede ser de +/- 10° la latitud del lugar donde se realizará la instalación, mientras que la orientación para el hemisferio sur, es apuntando hacia el norte. Es de acuerdo a lo anterior los valores estimados son los siguientes:

- Inclinación de los Paneles (β): 0° (Por ser flexibles)
- Acimut (α): 0°

Para determinar si la inclinación y orientación estimadas se encuentran dentro de los límites aceptables, se debe recurrir al diagrama polar de pérdidas, en esta, los distintos anillos de color indican distintos niveles de pérdidas, así el primer anillo de color blanco corresponde a una pérdida del 0%, el segundo indica pérdidas entre el 0 y 5%, el siguiente entre 5 y 10%, el cual corresponde al anillo de nuestro interés, ya que como se ha dicho, las pérdidas por este concepto no deberán superar el 10%.

Pues bien, en el diagrama se debe ubicar el valor de acimut 0°, la cual corresponde exactamente a la dirección norte, luego se identifica el anillo que indica el 10% de pérdidas, este corresponde al anillo de color amarillo de borde negro.

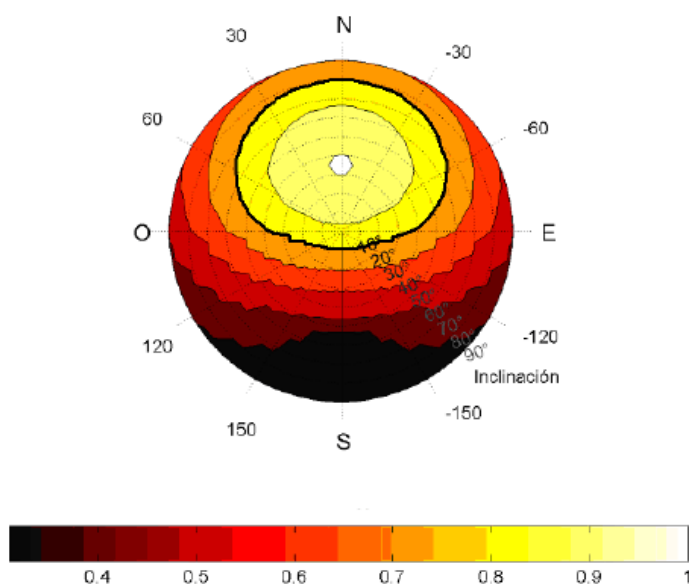


Figura N°30: Diagrama cálculo de límites de pérdida por orientación e inclinación.⁶²

La intersección de la recta de acimut con los límites de pérdidas, nos indican los valores de inclinación máxima y mínima presentes en la figura N°22. En caso de no existir intersección entre ambas, significa que las pérdidas están fuera de las aceptadas.

Se observa que la recta acimut interseca al anillo amarillo para una inclinación mínima de 0° y máxima de 70°. Estos valores deben ser corregidos de acuerdo a una ecuación en función de la diferencia entre la latitud del lugar y la de $\phi=22^\circ$.

- Inclinación máxima = Inclinación límite máx. = $m - (0^\circ - \text{latitud del lugar})$
- Inclinación mínima = Inclinación límite mín. = $n - (0^\circ - \text{latitud del lugar})$, siendo 0° su valor mínimo.

Corrección de los Límites Aceptables de Orientación e Inclinación. De acuerdo a lo anterior nuestros límites serán los siguientes:

- Inclinación máxima = $70^\circ - (0^\circ - (-22,5)^\circ) = 47,5^\circ$
- Inclinación mínima = $0^\circ - (0^\circ - (-22,5)^\circ) = -22,5^\circ \approx 0^\circ$ (Valor Mínimo)

Por lo tanto, la inclinación y orientación estimadas, están dentro de los valores aceptados.

⁶² Fuente: http://www.cte-solar.es/data/DEMO_PERDIDAS1.pdf

Ahora bien, como método de comprobación se utilizarán ecuaciones, las que son utilizadas en caso donde los valores se encuentran cerca del límite, estas nos servirán además para estimar el porcentaje de pérdidas de nuestra instalación.

- Pérdidas (%) = $100 \times [1,2 \times 10^{-4} * (\beta - \phi + 10)^2]$ para $\beta \leq 15^\circ$
- Pérdidas (%) = $100 \times [1,2 \times 10^{-4} * (\beta - \phi + 10)^2 + 3,5 \times 10^{-5} * \alpha^2]$ para $15^\circ < \beta < 90^\circ$

Ecuaciones de Estimación del Porcentaje de Pérdidas

En nuestro caso utilizaremos la primera ecuación, ya que la inclinación es de 0° , por lo que las pérdidas serán:

- Pérdidas (%) = $100 \times [1,2 \times 10^{-4} * (0 - 22 + 10)^2 + 3,5 \times 10^{-5} * 0^2] = 1,728\%$

Con el valor anterior comprobamos que nuestra estimación no solo está dentro de los límites aceptables, sino que también es un valor muy bajo.

Completado el análisis anterior, es necesario estimar las horas de sol diarias, o también conocidas como Horas Solares Pico (HSP), las que corresponden a las horas solares equivalentes por día, en base a un nivel de radiación estándar de 1 KW/m^2 . Las HSP son mostradas en la Tabla N°29.

HSP Mensuales (h)

HSP Mensuales(h)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
HSP(h)	5,7	5,2	3,7	2,5	1,7	1,2	1,5	2,2	2,7	3,9	3,8	5,4

Tabla N°29: Horas Solares Pico (h) Mensuales para la Zona de estudio⁶³

El número de paneles está determinado por la siguiente ecuación:

$$NP = \frac{E}{0,9 * Wp * HSP}$$

Donde Wp corresponde a la potencia pico del panel, la cual debe ser definida por el fabricante. Para nuestra instalación consideraremos un panel de 200 Wp (en base a que se considerara hacer un sistema de 400Wp o dos de 200Wp). Como el clima hace variaciones en las horas solares, por lo que tomaremos el mes con mínimas horas solares, ya que si se logra abastecer con el mínimo los otros meses no presentarían problemas.

⁶³ Fuente: Propia

$$HSP_{min}=1,2Hrs$$

$$NP(Prom) = \frac{330,56}{0,9 * 200 * 1,2} = 1,53 \approx 2$$

Como se puede apreciar en los cálculos anteriores, el utilizar el criterio del mes más desfavorable en términos de HSP, hace necesario utilizar un panel de mayor potencia, o bien utilizar mayor cantidad de paneles de baja potencia, aumentando también el costo de la instalación.

A continuación se muestra un método de comprobación de la cobertura entregada por la instalación para cada uno de los meses del año, el cual corresponde al Factor de Utilización (Fi) o Factor de Cobertura del mes i.

$$F = \frac{\text{Energía disponible}}{\text{Energía consumida}} = \frac{Np * 0,9 * Wp * HSPi}{E}$$

Factor de Cobertura⁶⁴

Donde HSPi, corresponde a las Horas Solares Pico de un mes específico.

Los valores del Factor de Cobertura para cada uno de los cálculos anteriores, con las respectivas potencias de cada panel son indicados en la Tabla N°30.

Datos: NP=2 Wp=200W E=330,56Wh

Factor de cobertura												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
HSPi(h)	6,2	5,66	4,03	2,72	1,85	1,3	1,63	2,4	2,94	4,25	4,14	5,88

Tabla N°30: Factor de cobertura mensual⁶⁵.

Con este cálculo anterior se puede apreciar que la instalación cubre a cabalidad los requerimientos de energía, incluso el mes de junio (mes más crítico) los supera en un 30%, esto muestra además que la instalación puede independizarse de la red eléctrica, generando el 100% de la energía que consume. El promedio, situado en 3,6 (360%), indica que la instalación produce anualmente 3,2 veces más energía de la que requiere, esto es porque el cálculo se realizó para el mes con menor cantidad de radiación solar y con menos horas de sol diarias.

El excedente de energía en los meses de mayor producción podría ser utilizado para recargar baterías de emergencia de la estación total externas a este prototipo.

⁶⁴ Fuente: Montaje mecánico en instalaciones solares fotovoltaicas Antonio Aguilera Nieves

⁶⁵ Elaboración Propia

3.5.4 CÁLCULO DEL REGULADOR

Para estimar el regulador de carga necesario, debemos utilizar los datos indicados por el fabricante del panel solar a utilizar, específicamente nos centraremos en la corriente de cortocircuito (I_{sc}) entregado por el fabricante, luego este valor será multiplicado por la cantidad de paneles necesarios para la instalación. Esto se puede observar en la ecuación siguiente: $I_{máx} = I_{sc} * NP$

3.5.5 CÁLCULO DEL REGULADOR DE CARGA

Por lo que el regulador será:

- Para $NP=2$, $W_p=200W$, $I_{sc}=8,12 A$
 $I A máx = 8,12 * 2 = 16,24 A$

3.5.6 CÁLCULO DEL INVERSOR

Para el seleccionar el inversor, se debe estimar la potencia máxima instantánea demandada, de la cual podemos decir que el máximo consumo instantáneo puede alcanzar los 280 Wh, esto es, funcionando todos los equipos al mismo tiempo dentro de una hora. Pero de acuerdo al factor de diversidad aplicado, es decir, se estima que se utilizará en forma simultánea un 92% del consumo total considerado por concepto de carga de baterías y la utilización de ventiladores intermitentemente, esta potencia alcanza un valor de 257 Wh, y sumando a esta el consumo por parte de los equipos propios de la instalación, la potencia instantánea alcanza los 330,56Wh, estimaremos que la potencia del inversor será de 350Wh. A modo de recomendación se debe decir que los inversores deben trabajar a plena carga, o cercano a esta, a fin de no afectar su eficiencia de funcionamiento.

3.5.7 CÁLCULO DEL CONMUTADOR

El conmutador podrá ser del tipo manual o automático, y permitirá realizar el cambio de alimentación eléctrica entre el sistema de generación fotovoltaico y el suministro de energía por medio de la red cableada. Este actuador funcionará en condiciones de baja carga de las baterías (20% de la capacidad máxima, según lo estipulado en puntos anteriores, para el cálculo del banco de baterías), el cual al detectar un nivel inferior al 20% de la carga máxima, realizará un aviso para cambio a carga por conexiones auxiliares.

Si bien el generador fotovoltaico tiene capacidad de sobra para llevar a cabo la carga de este sistema, se tiene en cuenta emergencias de cualquier tipo donde la carga no puede ser obtenida del panel y el trabajo debe hacerse, se tiene el modulo de cargas de baterías por cargador integrado con dispositivo de carga conectado al encendedor de un auto modelo cualquiera.

DATOS TÉCNICOS	BC 9000 EVO
Tensión CA	220÷240 Vac, 50÷60 Hz
Tensión de carga	13,8 V / 14,4 V - nominal 12 V
Corriente de carga	9,0 A max (CAR MODE), 1,0 A max (BIKE MODE)
Algoritmo de carga	Automático en 8 etapas(Inicialización, Recuperación, Carga Ligera,Carga Principal, Regeneración, Análisis de la batería,Mantenimiento y Nivelación)
Tipos de baterías	12 V de plomo-ácido(de gel, abiertas, MF, AGM, VRLA, Ca/Ca...)
Capacidad de la batería - CAR MODE	40 Ah a 120 Ah (Carga),hasta 200 Ah (Mantenimiento)
Capacidad de la batería - BIKE MODE	3 Ah a 60 Ah (Carga),hasta 100 Ah (Mantenimiento)
Temperatura de funcionamiento	-20° a +50°C
Clase de aislamiento	IP44 - Impermeable - Protegido contra salpicaduras de agua - Adecuado para uso en exteriores

Tabla N°31: Datos técnicos cargador BC9000EVO ⁶⁶

⁶⁶ Fuente: <http://www.batterycontroller.com/es/9000evo.html>

4.0 VALIDACIÓN DE DISEÑO Y MATERIALES

Programa de diseño AutoCAD, Rhinoceros e Inventor (empresas Autodesk).

Descripción AutoCAD:

Autodesk AutoCAD, software usado para dibujo 2D y modelado 3D. Desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk. Su nombre es atribuido a la compañía Autodesk, Auto referenciando la empresa creadora y CAD debido a “Diseño Asistido por Computadora” (por sus siglas en inglés), este teniendo su primera aparición en 1982.

Usualmente usado para el dibujo digital de planos de edificios o la recreación de imágenes en 3D, es uno de los programas más usados por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros. Es el programa más básico para el uso de diseño industrial.

Descripción Rhinoceros:

Software para modelado en tres dimensiones . Basado en el diseño asistido por computadora, creado por Robert McNeel & Associates, originalmente como un agregado para AutoCAD deAutodesk.

Preferentemente usado para el diseño industrial, la arquitectura, el diseño naval, el diseño de joyas, el diseño automotriz, CAD/CAM, prototipos, así como en la industria del diseño gráfico y multimedia.

Rhino 3D se ha ido popularizando en las diferentes industrias, por su diversidad, funciones multidisciplinarias y el relativo bajo costo. Las vastas opciones para importación y exportación en el programa es una razón del crecimiento de su uso. La gran variedad de formatos con los que puede operar, le permite actuar como una herramienta de conversión, permitiendo romper las barreras de compatibilidad entre programas durante el desarrollo del diseño.

Descripción Autodesk Inventor:

Autodesk Inventor es un paquete de modelado paramétrico de sólidos en 3D producido por la empresa de software Autodesk. Agrego series de Diseño Mecánico de Autodesk como una respuesta de la empresa a la creciente migración de su base de clientes de diseño mecánico en dos dimensiones hacia la competencia, permitiendo que las computadoras personales ordinarias puedan construir y probar montajes de modelos extensos y complejos.

Funcionalidad:

Basado en técnicas de modelado paramétrico. Los usuarios comienzan diseñando piezas que se pueden combinar en ensamblajes. Corrigiendo piezas y ensamblajes pueden obtenerse diversas variantes. Como modelador paramétrico, no debe ser confundido con los programas tradicionales de CAD. Inventor se utiliza en diseño de ingeniería para producir y perfeccionar productos nuevos, mientras que en programas como Autocad se conducen solo las dimensiones. Un modelador paramétrico permite modelar la geometría, dimensión y material de manera que si se alteran las dimensiones, la geometría actualiza automáticamente basándose en las nuevas dimensiones. Esto permite que el diseñador almacene sus conocimientos de cálculo dentro del modelo, a diferencia del modelado no paramétrico, que está más relacionado con un “tablero de bocetos digitales”. Inventor también tiene herramientas para la creación de piezas metálicas.

Los bloques de construcción cruciales de Inventor son las piezas. Se crean definiendo las características, que a su vez se basan en bocetos (dibujos en 2D). También pueden utilizarse los planos de trabajo para producir los bocetos que se pueden compensar de los planos útiles de la partición. La ventaja de este diseño es que todos los bocetos y las características se pueden corregir más adelante, sin tener que hacer de nuevo la partición entera. Este sistema de modelado es mucho más intuitivo que en ambientes antiguos de modelado, en los que para cambiar dimensiones básicas era necesario generalmente suprimir el archivo entero y comenzar de cero.

Como parte final del proceso, las partes se conectan para hacer ensamblajes. Los ensamblajes pueden consistir en piezas u otros ensamblajes. Las piezas son ensambladas agregando restricciones entre las superficies, bordes, planos, puntos y ejes.

Este método de modelado permite la creación de ensamblajes muy grandes y complejos, especialmente porque los sistemas de piezas pueden ser puestos juntos antes de que se ensamblen en el ensamblaje principal; algunos proyectos pueden tener muchos sub-ensamblajes parciales.

Diseño en 3D “Rhinceros”: Rhinceros sirvió para construir las representaciones en 3D del despiece de SHIELD, en las figuras N°31, N°32, N°33, N°34 y N°35.

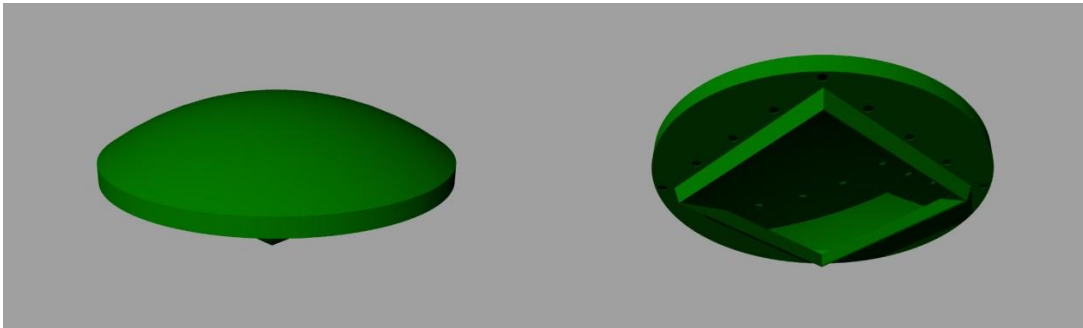


Figura N°31: Representación Casco SHIELD⁶⁷

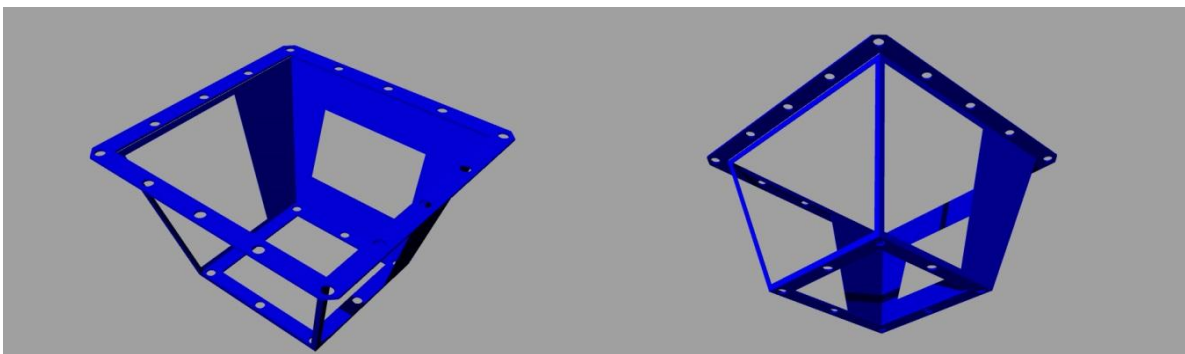


Figura N°32: Representación Jaula o Tronco SHIELD

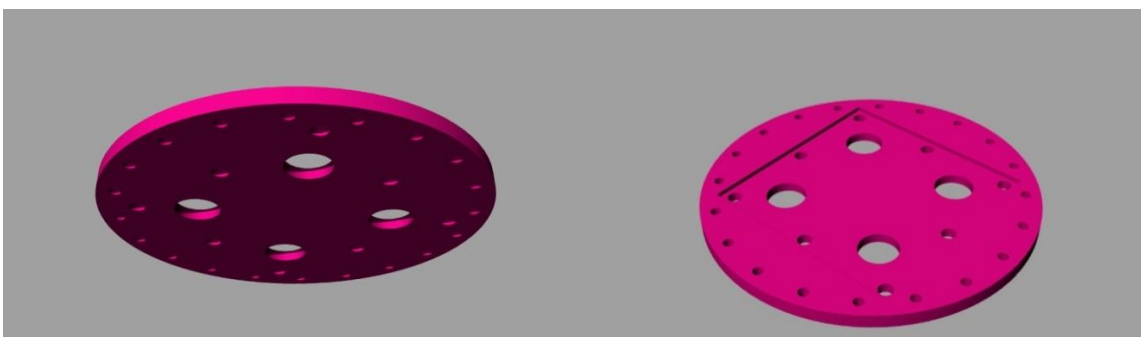


Figura N°33: Representación Placas de unión superior SHIELD⁶⁸

⁶⁷ Fuente: Propia

⁶⁸ Fuente: Propia

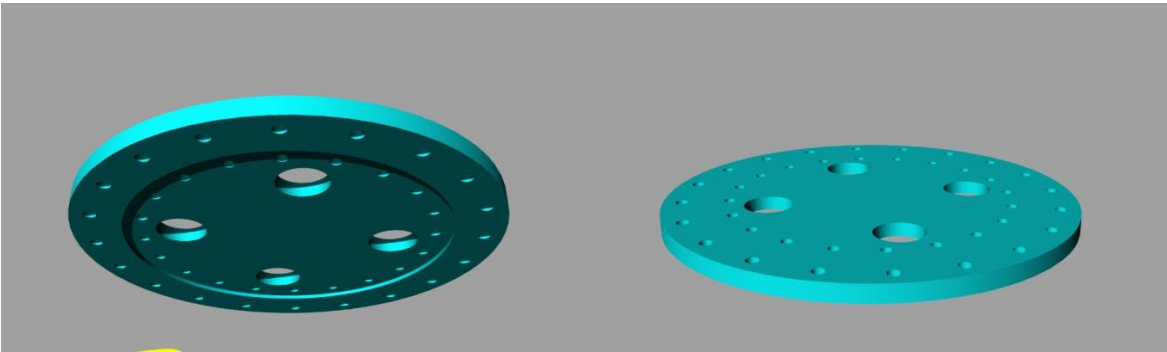


Figura N°34: Representación Placas de unión Inferior SHIELD⁶⁹



Figura N°35: Representación Base SHIELD⁷⁰

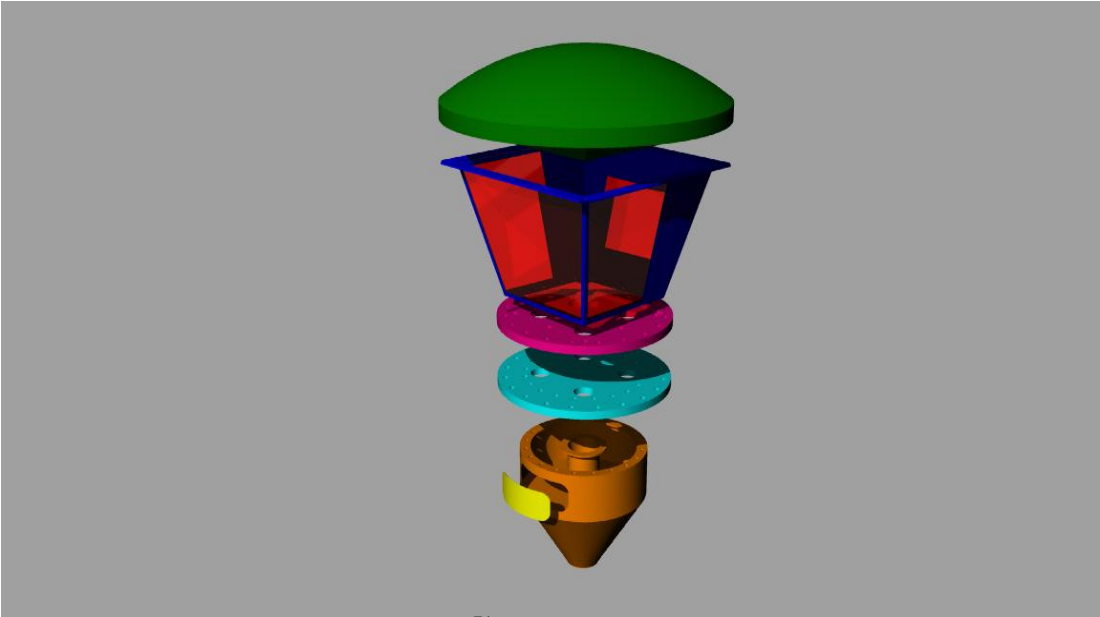


Figura N°36: Despiece de SHIELD⁷¹

⁶⁹ Fuente: Propia

⁷⁰ Fuente: Propia

⁷¹ Fuente: Propia

Se tomó la planimetría en 2D de Autocad y se diseñó el prototipo en 3D para poder ver su ensamblaje, ver sus dimensiones en un plano 3D y el mayor motivo poder exportarlo a Inventor y poder validar cada pieza de SHIELD figura N°28.

Diseño y volúmenes:

Casco 15,29 m³

Jaula 5,83 m³

Validación del prototipo “Inventor”:

Se plantearon de acuerdo a los materiales propuestos 3 tipos de combinaciones para ver cómo se comporta el prototipo diseñado a través de Rhinoceros 3D y validando su desempeño con respecto a su peso en Autodesk Inventor.

Los elementos elegidos para componer Shield fueron elegidos de acuerdo a las características y condiciones a las cuales este se vería enfrentado:

Radiación, Corrosión, Humedad, Calor, Viento, Golpes, Viajes y transporte, etc. Materiales elegidos con el Aluminio 6061, Acero al Carbono, Inconel X, Kevlar y Fibra de Carbono.

Se plantean 3 prototipos de acuerdo a las propiedades y accesibilidad del material.

Primero un modelo completo de Aluminio 6061, este material cumple con las propiedades técnicas, es uno de los más accesibles, no es muy pesado, ofrece una alta resistencia a los golpes y el detalle más alto que se puede reparar en caso de golpes.

Segundo una combinación de metales, Aluminio, Inconel 718 y Acero al Carbono. Aluminio 6061 al ser más liviano y poseer resistencia a los golpes además de su fácil reparación y accesibilidad se puso en la parte del Casco Inconel 718 al ser el más duro y más completo se tomó la Jaula que une la Base y Casco, esta Superaleación está probada en naves espaciales, así que sus propiedades están más que certificadas. Y para las placas y base se tomó Acero al Carbono, este es igual de rígido y resistente que una Superaleación por eso se tomó para la base ya que el contacto con golpes es nulo, pero el soporte de peso es su fuerte.

Tercer modelo un combinación de Polímeros, Kevlar 29 y Fibra de Carbono, estos 2 polímeros no solo ofrecen las mismas cualidades de un metal como la dureza, rigidez, tenacidad, un buen límite de rotura y un excelente límite de elasticidad, sino que tiene un factor que los diferencia y en algunos casos los hace mucho mejores el cual es el peso y densidad, al ser livianos y su composición ser más dúctil estos materiales pueden ofrecer la misma cualidad que cualquier otro y mejor.

Luego de haber elegido los 3 prototipos y sus composiciones se ingresan los datos al Autodesk Inventor el cual evalúa por medio del ensayo de “tensión de Von Mises”. La tensión Von Mises es una magnitud física proporcional a la energía de distorsión. En ingeniería estructural se usa en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles. La tensión de Von Mises es un escalar proporcional a la energía de deformación elástica de distorsión que puede expresarse en función de las componentes del tensor tensión, en particular admite una expresión simple (fuerza ejercida MPA) en función de las tensiones principales (lugares posibles a ser afectados por la deformación), por lo que la tensión de Von Mises puede calcularse a partir de la expresión de la energía de deformación distorsiva.

Primera evaluación Aluminio 6061

Tabla N°32: Datos técnicos de la evaluación⁷²

Nombre	Aluminio 6061	
General	Densidad de masa	2,71 g/cm ³
	Límite de elasticidad	55 MPa
	Resistencia máxima a tracción	62 MPa
Tensión	Módulo de Young	68,9 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,33
	Módulo cortante	25,9023 GPa

Tabla N°33: Datos físicos⁷³

Material	Genérico
Densidad	1 g/cm ³
Masa	0,200559 kg
Área	196335 mm ²
Volumen	200559 mm ³
Centro de gravedad	x=9,67939 mm
	y=51,5449 mm
	z=64,4178 mm

Tabla N°34: Cargas ejercidas⁷⁴

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	579,920 N
Vector X	-16,455 N
Vector Y	49,923 N
Vector Z	-577,533 N

Evaluación mediante Inventor:

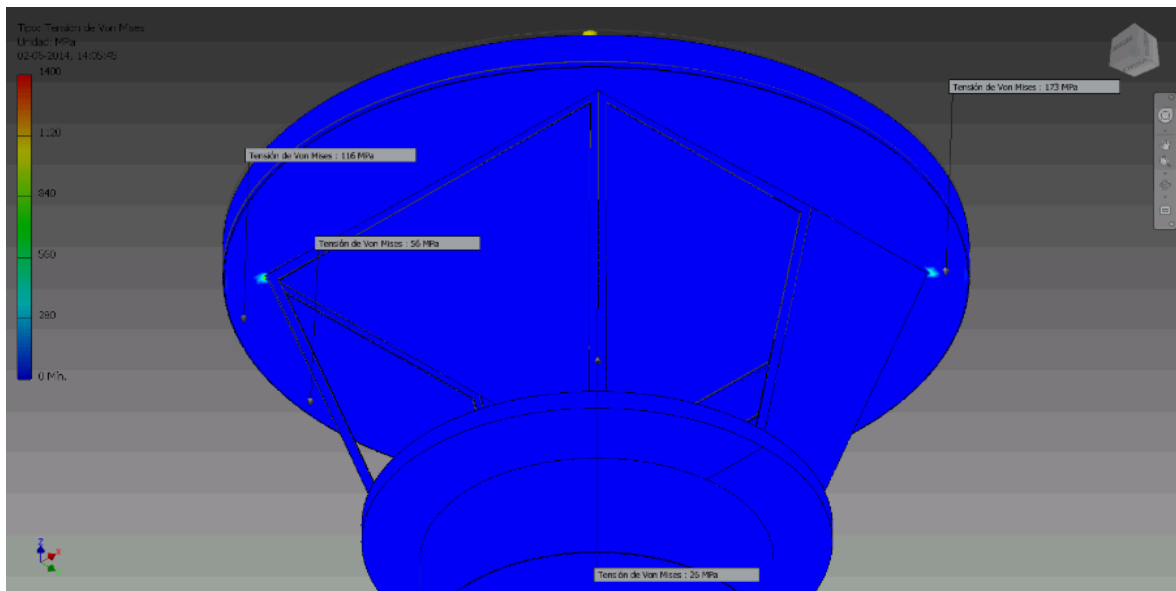


Figura N°37: Representación resultados inventor Von Mises 1⁷⁵

⁷² Fuente: Propia

⁷³ Fuente: Propia

⁷⁴ Fuente: Propia

⁷⁵ Fuente: Propia

En el caso de la figura N°37 al prototipo hecho de aluminio se evalúa por medio de su umbral de rotura. De acuerdo al volumen de cada pieza y el umbral correspondiente del Aluminio 6061, el análisis por medio de inventor no ofrecía cambios ya que el aluminio se comportaba correctamente sin verse deformaciones en las placas.

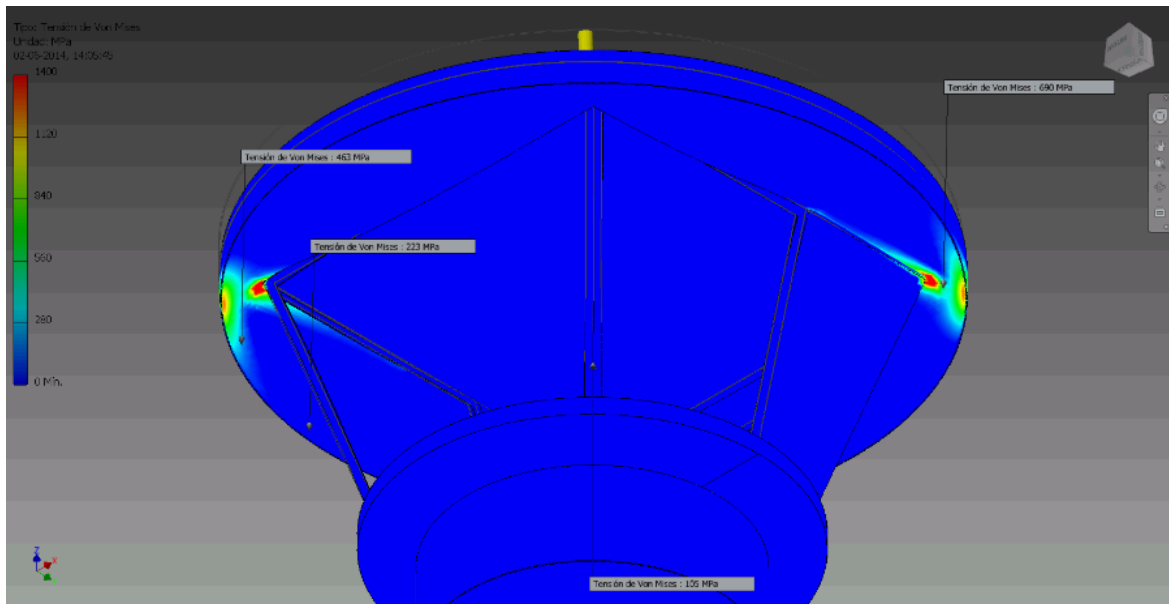


Figura N°38: Representación resultados inventor Von Mises 2⁷⁶

Para obtener datos sobre cómo se comportaría el material a la deformación, se aplicó un umbral mucho menor y así ver el comportamiento de este y en parte las placas serian afectadas. Se aplica un umbral nuevo de 1400MPa. En la figura N°38 se destaca el comienzo de la deformación del casco con respecto a la jaula. Las partes rojas es donde comienza la deformación y el desgaste del material de acuerdo a la fuerza aplicada.

⁷⁶ Fuente: Propia

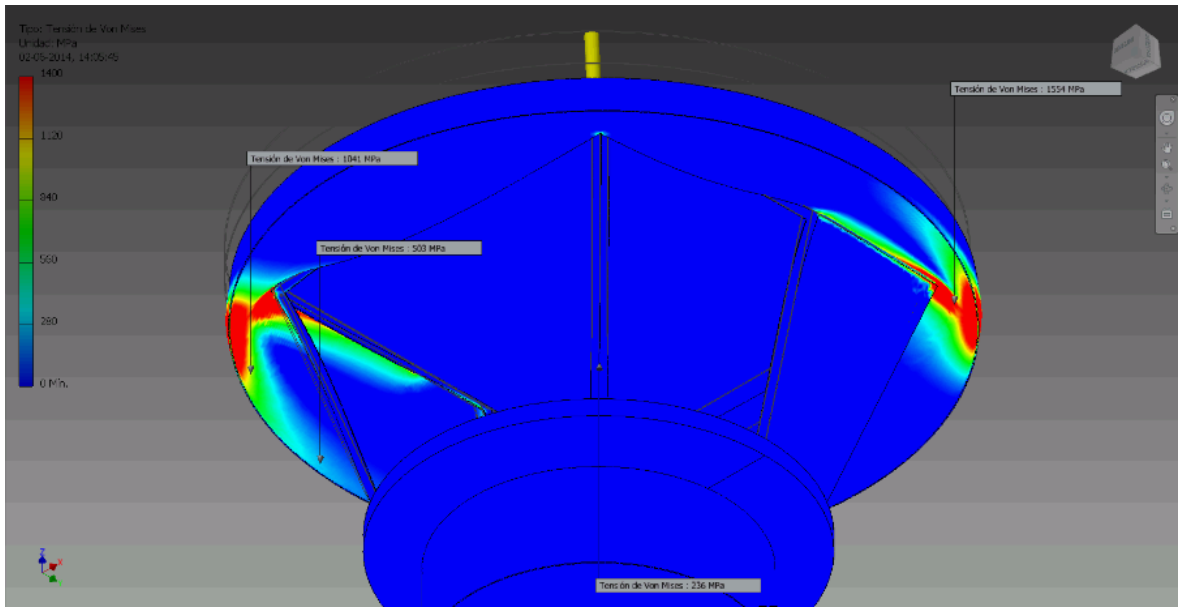


Figura N°39: Representación resultados inventor Von Mises 3⁷⁷

En la figura N°39 se aprecia que aun a pesar de cambiar el umbral, no llega al punto de flexión de traspasar el esfuerzo de rotura en los puntos de máxima deformación los cuales son indicados con color rojo, pero se destaca que solo en una esquina el esfuerzo supera los 1400 MPa, la cual corresponde a una deformación de 1554 Mpa. Al ser una diferencia mínima al umbral estimado no se toma en cuenta la hora de evaluación.

Fuerza de reacción		Pares de reacción	
Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
579,92 N	16,4553 N	5,27638 N m	5,05228 N m
	-49,9229 N		1,50851 N m
	577,533 N		-0,197653 N m

Tabla N°35: Evaluación de desplazamiento en los vectores 3D⁷⁸

El Aluminio 6061 cumple no solo con los aspectos requeridos, sino también cumple con el peso y con el diseño planteado sin producir daños colaterales, soportando los esfuerzos de roturas para proveer estabilidad del prototipo, y la seguridad y protección a la estación total.

⁷⁷ Fuente: Propia

⁷⁸ Fuente: Propia

Segunda Evaluación

El segundo prototipo evaluado corresponde a la siguiente división de los metales:

- Casco Aluminio 6061
- Jaula Iconel 718
- Placas y Base Acero al Carbono

Esta evaluación solo es requerida los datos del Aluminio y el Iconel, debido a que el Acero a estar en la base es la parte más sólida por ende para efecto de análisis solo saldrían datos positivos.

Tabla N°36: Datos Técnicos de la evaluación de Iconel⁷⁹

Nombre	Iconel 718	
General	Densidad de masa	7,87 g/cm ³
	Límite de elasticidad	350 MPa
	Resistencia máxima a tracción	420 MPa
Tensión	Módulo de Young	200 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,29
	Módulo cortante	77,5194 GPa

Tabla N°37: Detalles técnicos del Aluminio 6061⁸⁰

Nombre	Aluminio 6061	
General	Densidad de masa	2,71 g/cm ³
	Límite de elasticidad	55 MPa
	Resistencia máxima a tracción	62 MPa
Tensión	Módulo de Young	68,9 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,33
	Módulo cortante	25,9023 GPa

Tabla N°38: Datos físicos⁸¹

Material	Genérico
Densidad	1 g/cm ³
Masa	0,200559 kg
Área	196335 mm ²
Volumen	200559 mm ³
Centro de gravedad	x=9,67939 mm
	y=51,5449 mm
	z=64,4178 mm

Tabla N°39: Carga ejercida⁸²

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	1615,560 N
Vector X	-45,842 N
Vector Y	139,077 N
Vector Z	-1608,910 N
Centro de gravedad	x=9,67939 mm
	y=51,5449 mm
	z=64,4178 mm

⁷⁹ Elaboración Propia

⁸⁰ Elaboración Propia

⁸¹ Elaboración Propia

⁸² Elaboración Propia

Evaluación mediante Inventor

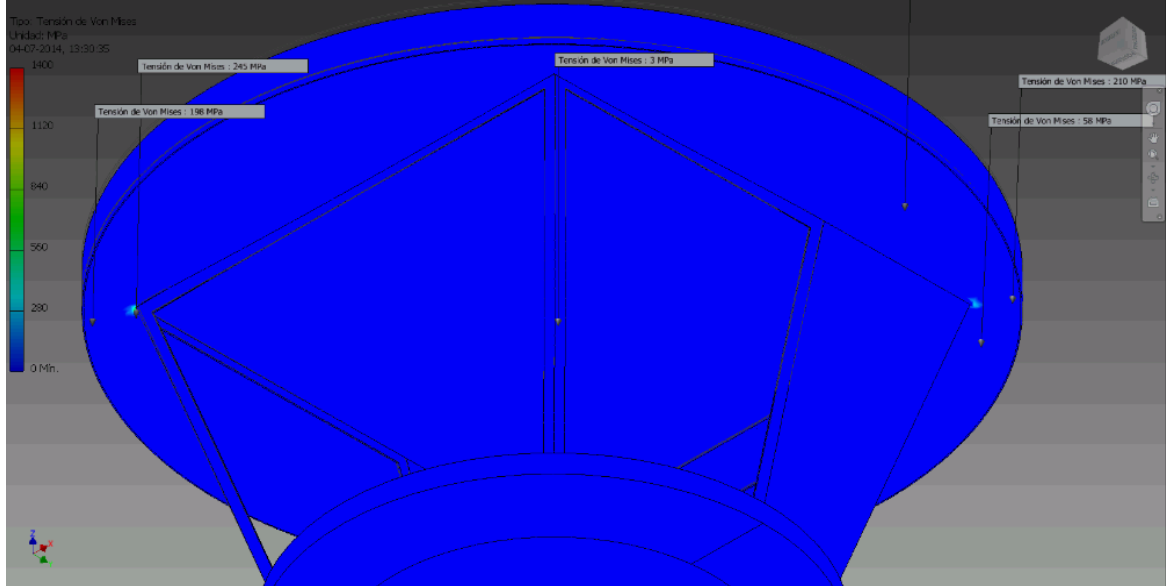


Figura N°40: Representación resultados inventor Von Mises 4⁸³

| El umbral aplicado en la figura N°40 es de 1400 MPa, porque al igual que la evaluación anterior en su umbral correcto Shield no presentaba deformaciones. Corresponde al principio de la fuerza ejercida sobre la estructura.

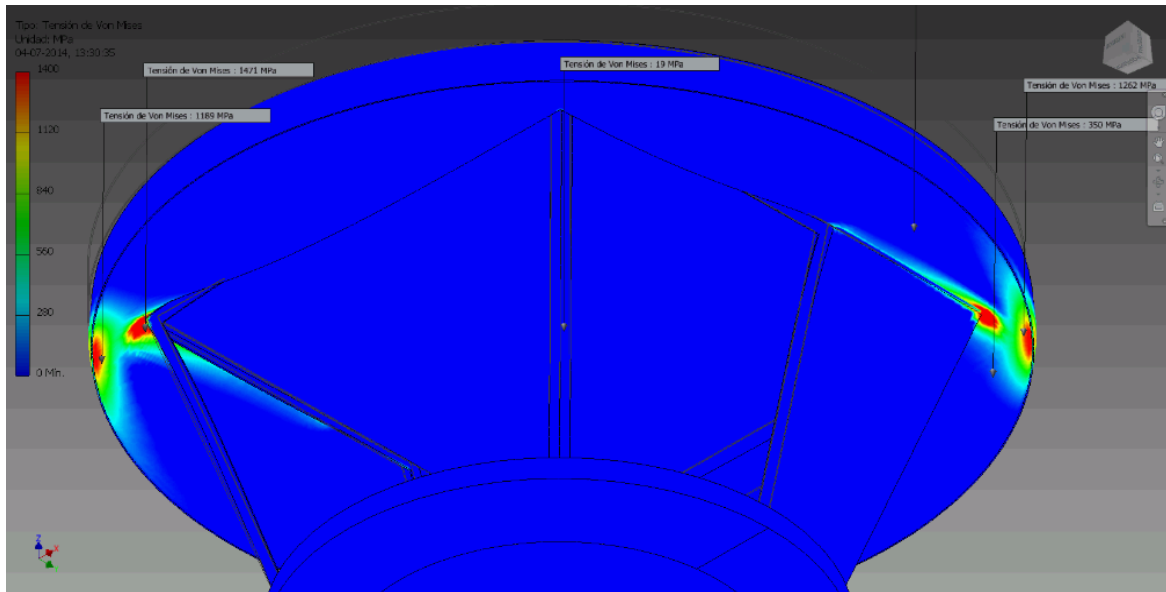


Figura N°41: Representación resultados inventor Von Mises 5⁸⁴

⁸³ Elaboración Propia

⁸⁴ Elaboración Propia

En este punto la figura N°41 muestra el desplazamiento con respecto al prototipo anterior es mucho más las cotas muestran que las deformaciones en ambas esquinas se producen superando los 1000 MPa y aun así no llegando a su límite. Otro punto a destacar es que el material que se deforma es el Aluminio 6061 con respecto Iconel 718, y esto se debe a su esfuerzo y límite de rotura.

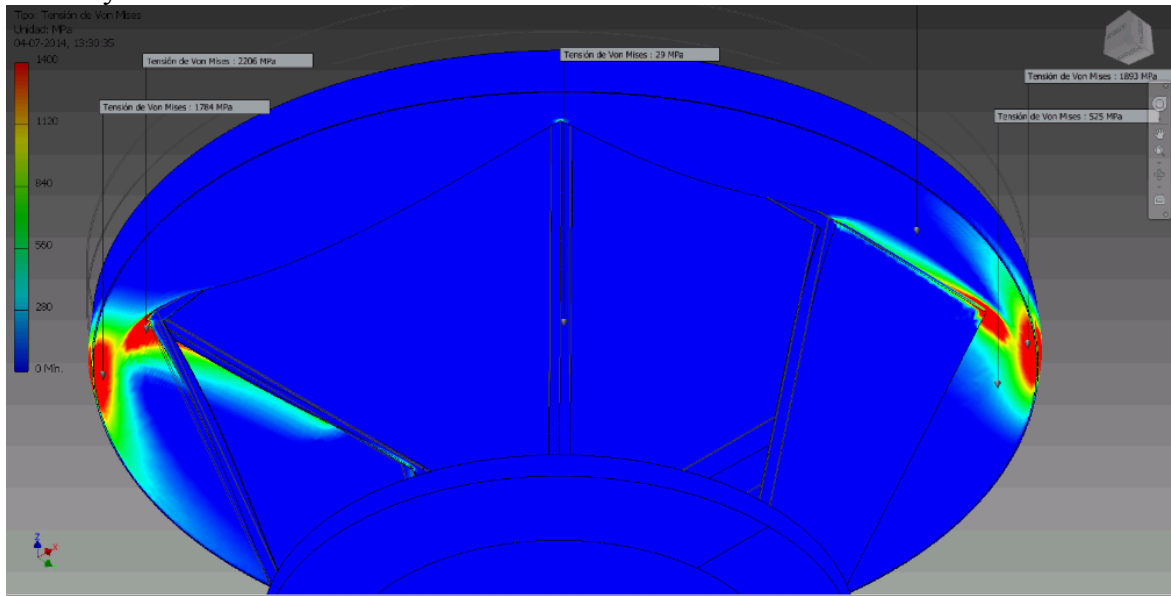


Figura N°42: Representación resultados inventor Von Mises 6⁸⁵

En la figura N°42 muestra el límite máximo en el que la deformación del casco alcanza con respecto al umbral de los 1400 Mpa, todos los puntos de la deformación superan el umbral lo que indica que la deformación del Aluminio 6061 con respecto la Jaula de Iconel, es mucho mayor con respecto a la evaluación de Aluminio 6061.

Tabla N°40: Evaluación de desplazamiento en los vectores 3D⁸⁶

Fuerza de reacción		Pares de reacción	
Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
579,92 N	16,4553 N	5,27638 N m	5,05228 N m
	-49,9229 N		1,50851 N m
	577,533 N		-0,197653 N m

El prototipo queda valido, inclusive al aplicar un umbral mayor las deformaciones son nulas, dando como resultado valido que el combinar 2 metales de distinto punto de rotura sea apto para el modelo. La deformación se da en el Aluminio debido a que el Iconel es más duro y resistente, el Acero al Carbono al no presentar problemas, no fue reevaluado.

⁸⁵ Elaboración Propia

⁸⁶ Elaboración Propia

Tercera Evaluación

El tercer prototipo evaluado corresponde a la siguiente división de los polímeros:

- Casco Fibra de carbono
- Jaula Kevlar 29
- Placas Kevlar 29
- Base Fibra de carbono

Esta evaluación se tomó una mezcla de polímeros, nuevamente la base no presenta problemas ni detalles por ende ha sido descartada para efecto de análisis.

Se tomó la decisión de ocupar un casco de fibra de carbono de acuerdo a sus características físicas, su poca rigidez y su buena capacidad de reparación y accesibilidad, y por otra parte la jaula fue escogida para ser de Kevlar de acuerdo a su composición dura, parecida a la de una Superaleación, al ser el soporte debe ser del material más duro.

Tabla N°41: Datos físicos Kevlar⁸⁷

Material	Kevlar
Densidad	1,44 g/cm ³
Masa	0,288805 kg
Área	196335 mm ²
Volumen	200559 mm ³
Centro de gravedad	x=9,67939 mm
	y=51,5449 mm
	z=64,4178 mm

Tabla N°42: Datos físicos Fibra de Carbono⁸⁸

Material	Fibra de carbono
Densidad	1 g/cm ³
Masa	0,200559 kg
Área	196335 mm ²
Volumen	200559 mm ³
Centro de gravedad	x=9,67939 mm
	y=51,5449 mm
	z=64,4178 mm

Tabla N° 43: Carga ejercida⁸⁹

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	325,000 N
Vector X	-9,222 N
Vector Y	27,978 N
Vector Z	-323,662 N

⁸⁷ Elaboración Propia

⁸⁸ Elaboración Propia

⁸⁹ Elaboración Propia

Evaluación mediante Inventor

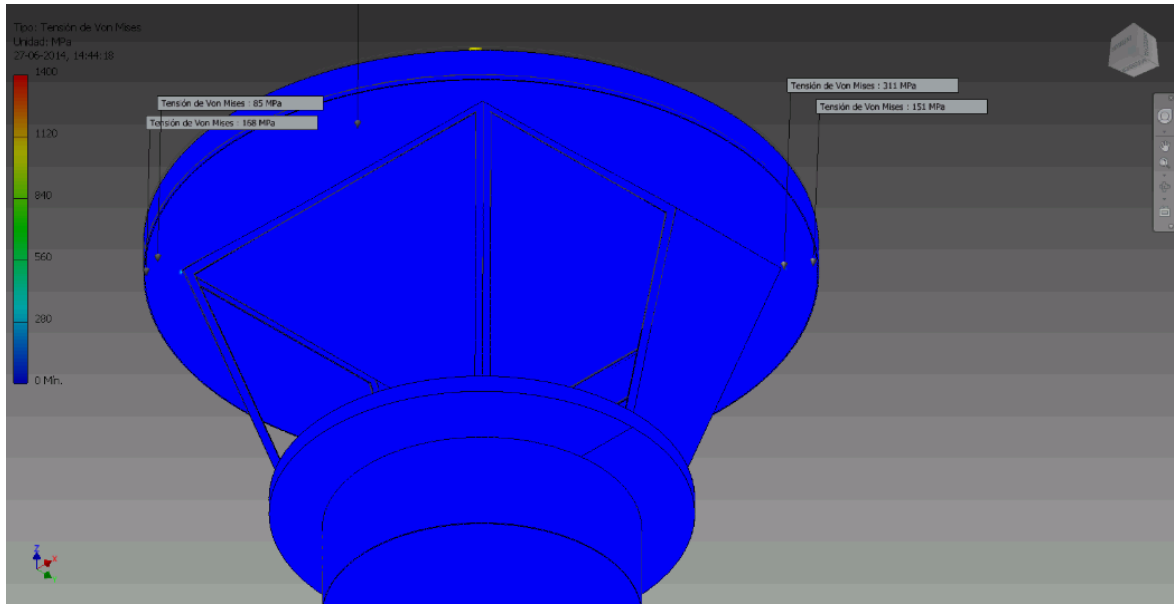


Figura N°43: Representación resultados inventor Von Mises 7⁹⁰

En la figura N°43 al igual que los otros 2 prototipos, el de polímero paso bien las pruebas mostrando una base sólida a la hora de deformaciones. Por lo que se puso el rango de 1400 MPa para ver las deformaciones y desplazamiento en el material.

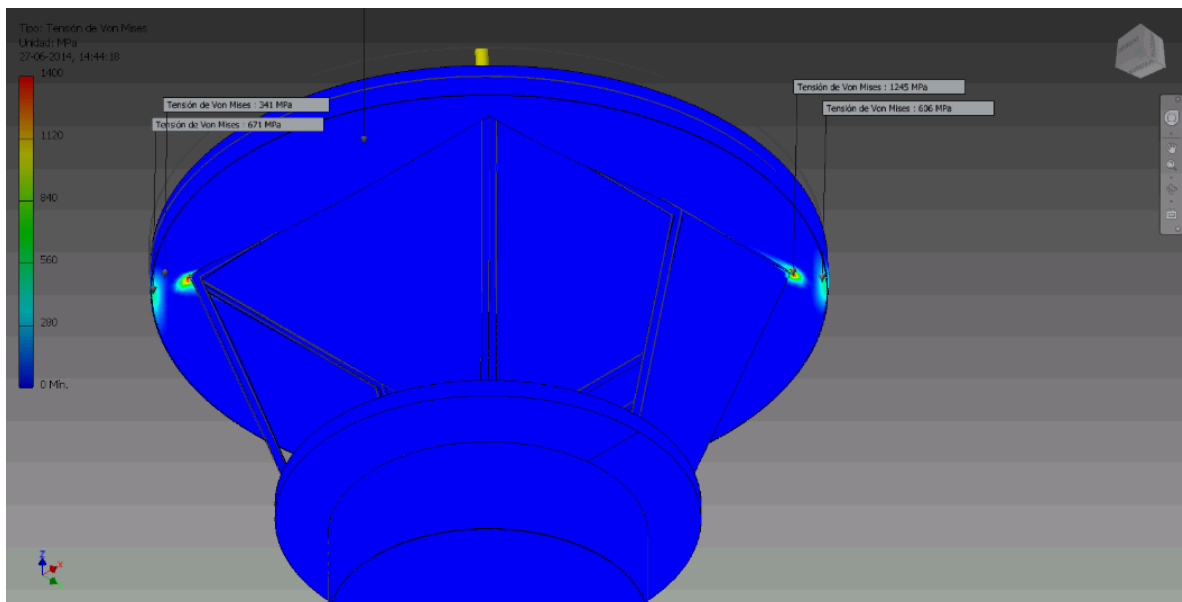


Figura N°44: Representación resultados inventor Von Mises 8⁹¹

⁹⁰ Elaboración Propia

⁹¹ Elaboración Propia

En la figura N°44 se ve como la fibra de carbono se hunde en contra de la jaula de Kevlar 29, pero a diferencia de los metálicos, el polímero funciona de una manera espectacular, manteniendo el rango del umbral controladísimo.

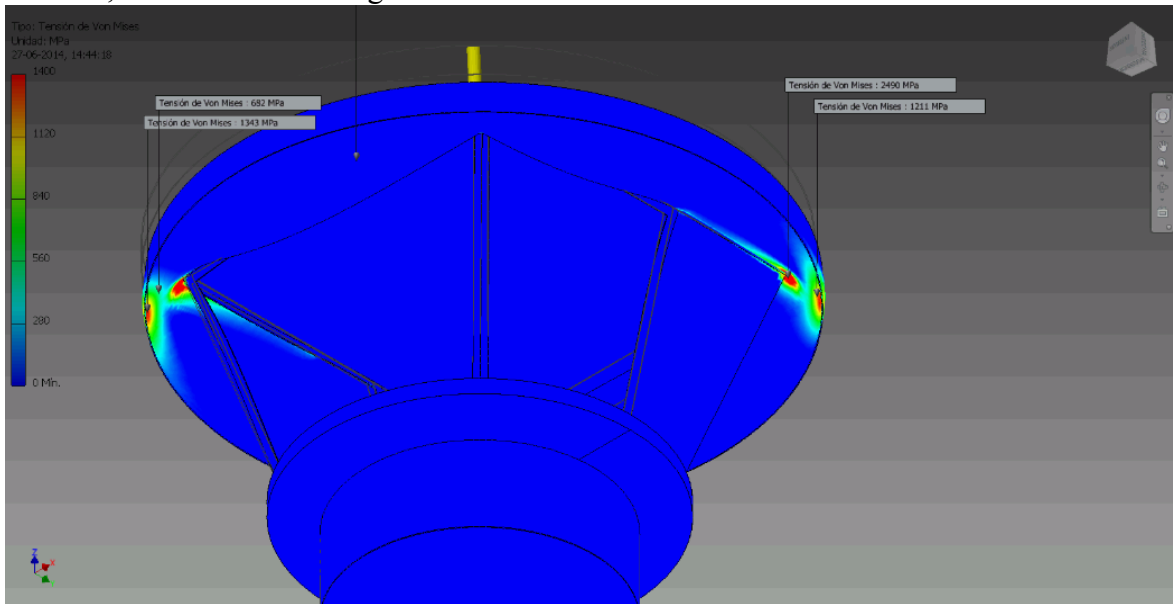


Figura N°45: Representación resultados inventor Von Mises 9⁹²

Figura N°45, los puntos críticos que son los del casco elevaron su MPa con respecto a la figura anterior, inclusive superan el rango, en si el daño es de manera más puntual, pero un poco más agudo con respecto al Aluminio 6061.

Tabla N°44: Evaluación de desplazamiento en los vectores 3D⁹³

Fuerza de reacción		Pares de reacción	
Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
325 N	9,22193 N	2,93495 N m	2,81317 N m
	-27,9779 N		0,82341 N m
	323,662 N		-0,148337 N m

El prototipo de polímero presenta menos deformación con respecto a la presión ejercida para ver su comportamiento, pero en ciertos puntos la deformación resulta ser mucho más aguda con respecto al prototipo evaluado de aluminio.

Al igual que las otras 2 validaciones anteriores, este responde de manera positiva en el umbral que le corresponde. Dicho análisis es solo para ver deformaciones en el tiempo, de manera interpretativa.

⁹² Elaboración Propia

⁹³ Elaboración Propia

5.- COSTOS

Costos de fabricación: La cotización en este caso se hará en dos tramos, el primero de ellos toma en cuenta Shield como estructura y los materiales a utilizar en la fabricación del mismo, para luego pasar al segundo tramo de cotización que tiene relación con implementos y suministro eléctrico.

Para la cotización se hizo uso del sistema de evaluación de Bacigalupo, empresa que recibió la planimetría de cada pieza para obtener un mayor detalle y un precio 100% de referencia pero preciso y exacto en este tipo de evaluación económica. La evaluación de los modelos es el siguiente:

Modelo 1: Aluminio 6061

Costo Material y fabricación 3.985.980 pesos⁹⁴

Modelo 2: Aluminio 6061, Iconel 718 y acero al carbono

Este modelo presenta un problema de mercado, el precio del Iconel 718 solo está para fabricación de engranajes y piezas relativamente pequeñas, por lo que se cambió la estructura de Iconel por acero, quedando:

- Casco y Jaula Aluminio 6061
- Placas y Base Acero al carbono

Costo Material y fabricación 3.645.980 pesos + costos mantenciones extras por cambio de Iconel por acero al carbono (10% costo fabricación), quedando un nuevo costo 4.010.578 pesos.⁹⁵

Modelo 3: Kevlar 29⁹⁶ y Fibra de Carbono

La fibra de carbono es apta para la fabricación de las piezas, pero el Kevlar no puede ser utilizado para trabajos detallados ya que la venta de este es solo a base de pulpa, así que es necesario invertir en la transformación del mismo para fines específicos, cosa que el mercado no hace en estos tiempos. El precio de hacer el prototipo completo de fibra de carbono sobrepasa los 45000 dólares de la solución actual así que fue completamente descartado.

⁹⁴ Fuente: “Mecánica Bacigalupo y Cia. Ltda.”

⁹⁵ Fuente: “Mecánica Bacigalupo y Cia. Ltda.”

⁹⁶ Fuente: “http://www2.dupont.com/Kevlar/en_US/assets/downloads/KEVLAR_Technical_Guide.pdf”

Para lo que es extra a la fabricación de Shield se tienen en cuenta los materiales de unión entre las partes (tornillos, tuercas, etc.), además el costo de los implementos de abastecimiento (paneles solares, baterías, etc.) y los ventiladores con sistema de sensores de temperatura. Obteniendo la tabla N°45

Descripción	Cantidad	\$/Cantidad	Total(pesos)
Pernos cabeza plana	100	9.250	9.250
Golillas	250	5460	5.460
Tuercas Auto bloqueantes	100	9.612	9.612
Baterías 100ah	2	101.000	202.000
Panel flexible	2	296.065	592.130
Ventiladores	2	7.240	144.80
Sensores de temperatura	2	4.200	8.400
Cableado 6 mm	12	1.500	18.000
Inversor	1	335.000	335.000
Regulador de carga	1	23.070	23.070
Conmutador	1	28.300	28.300
Conexión auxiliar	1	97.200	97.200
	Total		1.342.902

Tabla N°45: Costos totales de fabricación implementos⁹⁷

Para todos estos implementos la condición en común para el análisis posterior que se relajara es que tiene mayor probabilidad de presentar problemas en diferentes rangos que van desde el efecto del ambiente a una falla completa, por esta misma condición no se toma en cuenta como un evaluación completa de todo el prototipo Shield. Algunos de estos implementos complementan el funcionamiento de uno a otros (conexiones auxiliares a sistema fotovoltaico) por lo que en esta fabricación se toman en una evaluación completa para luego en el ítem mantención se desplegara una evaluación diferenciada.

Costos de mantención: La mantención de Shield se deberá hacer cada año y así revisar toda la estructura, implementos y suministro eléctrico. Para esta evaluación se estima que cada año será necesario utilizar un 20% del costo de fabricación en las mantenciones para así tener Shield en perfectas condiciones. A continuación se presenta un análisis de posibles fallas identificables para posibles mantenciones extras que tendrán el mismo presupuesto que la mantención anual ya que si bien se presenta un problema específico, se debe revisar todo Shield y así asegurar que no existan otras fallas.

En este ítem cada sistema independiente será evaluado en sus potenciales mantenciones las cuales serán además evaluadas en sus respectivas formas o grados.

⁹⁷ Fuente: Propia

Problemas en pernos, golillas y tuercas: Estos elementos suelen presentar cargas axiales que pueden ser por mala manipulación o por accidentes en terreno, lo que trae como consecuencia problemas en tres puntos distintos; en la rosca, en la cabeza del perno y en la unión de la rosca y la tuerca; para estos tres potenciales problemas se debe tener en cuenta que las pérdidas son totales en los elementos y en algunos casos afectar el prototipo en los posibles arreglos, por lo que ante este tipo de problemas además de hacer el reemplazo de la pieza afectada se debe revisar la estructura Shield para prevenir futuros problemas en las uniones de piezas y así evitar situaciones mucho más graves.

Problemas en sistema fotovoltaico: Este es un sistema más complejo que presenta diversos grados en el ámbito de problemáticas. Cada potencial problema será analizado en detalle para que así se pueda abarcar la mayor cantidad de situaciones límites pensando en las mantenciones de las mismas.

- **Problemas en panel solar:** Las instalaciones solares fotovoltaicas, en su conjunto, son fáciles de mantener. Sin embargo, una instalación que no tenga el mantenimiento adecuado fácilmente tendrá problemas en un plazo más o menos corto. Hay tareas de mantenimiento que de no llevarse a cabo conducirán simplemente a una reducción del rendimiento de la instalación, pero la omisión de otras podrían provocar el deterioro de algunos de los elementos o el acortamiento de su vida útil. Por todo lo anterior hay un conjunto de tareas que pueden ser realizadas perfectamente por el usuario para alargar la vida útil de estos sistemas:
 - i. Limpiar sistemáticamente la cubierta frontal de vidrio del panel solar fotovoltaico (se recomienda que el tiempo entre una limpieza y otra se realice teniendo en cuenta el nivel de suciedad ambiental).
 - ii. Verificar que no haya terminales flojos ni rotos, que las conexiones estén bien apretadas y que los conductores se hallen en buenas condiciones.
 - iii. No utilizar elementos corrosivos o que opaquen el panel solar, ya que esto disminuye su eficiencia en un 15%.
 - iv. No utilizar elementos filosos para limpiar ya que también afecta el correcto funcionamiento del panel.
- **Problemas en baterías:** Las baterías a utilizar en este proyecto son de libre mantenimiento, por lo que solo se deberá estar preparado para la renovación de baterías.

- Problemas en controlador de carga: Para este tipo de elementos se debe prevenir problemas ya que por ser elementos sensibles se deben cambiar ante problemas. Se pueden prevenir problemas:
 - v. Mantener el controlador de carga colocado en posición correcta, lugar limpio, seco y protegido de los rayos solares.
 - vi. Chequee el funcionamiento correcto del controlador de carga.
 - vii. Verifique que las conexiones estén correctas y bien apretadas.
 - viii. Chequee que el fusible de entrada esté en buen estado.
- Problemas en inversor: Este tipo de este elemento al igual que el anterior solo puede revisarse y prevenir posibles fallas ya que solo se puede cambiar y no reparar.
- Problemas de cableado: Solo se debe verificar que todos los empalmes y conexiones estén fuertemente apretados para evitar falsos contactos, y protegidos adecuadamente con cinta aislante, ante contactos solo se puede remplazar.

Problemas de sistema de control de temperatura: Cuando se tiene un sistema tan simple de prevención de alzas de temperaturas, el cambio de componentes es viable ante cualquier problema en los controles de funcionamiento.

La tabla N°46 resume posibles cambios o reparaciones en los diversos implementos o sistemas que integran Shield:

Descripción	Reparación	Reemplazo	Costo acción(Pesos)
Tornillo cabeza plana	-	X	9.250
Golillas	-	X	5.460
Tuercas Auto bloqueantes	-	X	9.612
Baterías 100ah	-	X	101.000
Panel flexible	-	X	296.065
Ventiladores	-	X	7.240
Sensores de temperatura	X	-	0
Cableado 6 mm	X	-	1.500
Inversor	-	X	335.000
Regulador de carga	X	-	0
Conmutador	-	X	28.300
Conexión auxiliar	-	X	97.200
	Total		890.627

Tabla N°46: Costos totales de mantención implementos⁹⁸

En el peor de los casos si todas las fallas estuviesen presentes, solo habría una pequeña diferencia entre el costo total de la mantención y el presupuesto de la misma, esto es poco probable, por lo que solo se menciona para aclarar una posibilidad de exceder el presupuesto de mantención.

⁹⁸ Fuente: Propia

6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La utilización de estaciones totales en la actualidad por parte de la industria minera es de gran importancia, estas estaciones ayudan a prevenir derrumbes en los taludes y así minimizar accidentes con el personal y maquinaria presente día a día en las faenas. Este proyecto tomo como foco la oportunidad de la constante inversión en tecnología por parte del rubro minero, además de hacer resaltar el ámbito de seguridad que hoy en día es primordial ya sea en la minería como en cualquier faena. La manera de contribuir fue aportando un prototipo totalmente diseñado para estas condiciones específicas, proporcionando protección y a su vez abastecimiento energético.

Se investigó sobre las diferentes opciones con las que se cuentan hoy en día observando que aún existe mucho trabajo e investigación a realizar en esta área, inclusive cuando se trata de un área bastante específica (condiciones ambientales-mercado).

Mecánicamente las casetas que hoy se utilizan han ido evolucionado junto con el desarrollo de las estaciones totales, pero es hasta recientemente donde cualquier individuo que investigue puede darse cuenta de que son diseños limitados.

La introducción de análisis de condiciones ambientales, características de materiales y opciones de abastecimiento, abren un mundo de posibilidades para crear una protección que se comporte de acuerdo a las exigencias reales que ofrece la minera, una opción que cumpla a cabalidad con cada requisito, con una maniobrabilidad accesible sin tener un experto y a un costo aceptable.

Tomando esto como premisa, se abordó este trabajo de titulación, donde se pudo desarrollar dos modelos que tienen como base una investigación de condiciones externas y comportamiento de materiales ante las mismas por lo que se concluyó a manera abierta para que el usuario elija la mejor opción ya sea para economía de la empresa, el proyecto en el que se desenvuelva o el aspecto monetario lo favorezca. A continuación se hará la comparación del modelo compuesto por Aluminio 6061 y el modelo actual para simplificar resultados.

Comparación Shield AL6061 versus Modelo actual:

	SHIELD AL6061	MODELO ACTUAL
Armado	Simple y accesible	Especializado
Reemplazo estructural	Por Partes	Reemplazo completo
Vida útil	8 años	4 años
Costo fabricación	\$ 5.328.882	\$ 26.400.000
Costo Mantenimiento	\$ 1.065.780	\$ 500.000
Numero de Mantenciones	1 vez al año	2 veces al año

Tabla N°47: Comparación de cualidades SHIELD AL6061 vs Modelo Actual⁹⁹

El modelo actual no es un modelo que presente problemas de gran impacto, por lo que se dio que no exista una inversión o una mejora constante para adecuarlo al sistema de las mineras, mientras Shield AL6061 presenta presente mejoras en diseño simple y accesible para

⁹⁹ Fuente: Propia

el desarrollo de la función de la estación total acotándole más facilidades al desarrollo del trabajo de la estación total, gran capacidad de maniobrabilidad para que este sea armado o desarmado por cualquier usuario, presenta mayor comodidad en el reemplazo estructural, ya que a diferencia de la solución actual este dependiendo del fallo de la pieza, esta puede ser reemplazada o si el daño o desgaste es leve repararla para que Shield siga funcionando y por lo demás lo supera en el ámbito económico, ofreciendo todo el plan incluido, donde se toman los costos del prototipo más la mantención anual e inclusive algún reparo de pieza o fallo no logra alcanzar a representar ni un 50% del costo de fabricación sin mantención de la solución actual.

Comparación Shield AL6061AC versus Modelo actual:

	SHIELD AL6061AC	MODELO ACTUAL
Armado	Simple y accesible	Especializado
Reemplazo estructural	Por Partes	Reemplazo completo
Vida útil	6 años	4 años
Costo fabricación	\$ 4.988.882	\$ 26.400.000
Costo Mantención	\$ 997.780	\$ 500.000
Numero de Mantenciones	1 vez al año	2 veces al año

Tabla N°48: Comparación de cualidades SHIELD AL6061AC vs Modelo Actual¹⁰⁰

Mismo caso que con Shield AL6061, con la única diferencia que aquí el prototipo tiene una menor vida útil y es debido a que el Acero al Carbono no posee las mismas propiedades que el Aluminio con respecto al ambiente a desenvolverse, pero esto no solo reduce su vida útil si no que trae consigo la reducción del costo de mantención y así reduciendo su costo total en el periodo de funcionamiento y aun así manteniéndose por debajo del 50% del costo de fabricación.

Teniendo en cuenta que ambos modelos superan a la solución actual ya sea técnicamente como en la parte de costos, se puede tomar la decisión de elegir cualquiera de los 2 prototipos. Si se trata de un proyecto a corto plazo, un proyecto que no supera los 6 años no habría problemas con elegir el prototipo de la combinación de Aluminio 6061 con Acero al Carbono, pero si el proyecto debe durar más o si las condiciones exigen una mayor protección el prototipo a elegir debe ser Shield AL6061 no solo por su duración, sino también por la calidad del material que lo compone.

Hoy en día el tema que abarca la innovación tecnológica y el darle valor agregado a una materia prima está produciendo cada vez más ruido tanto en el ámbito público como en el privado. Casos son que en el ámbito público cada vez hacen más concursos o financiamientos a proyectos innovadores con mayor viabilidad. Por otra parte el ámbito privado destaca también en dar aportes de capital para que sus gestores realicen proyectos de investigación e

¹⁰⁰ Fuente: Propia

innovación tecnológica. Una manera en que este tema se establece en nuestro país es a través del método reconocido a nivel mundial “*Design Thinking*”¹⁰¹ el que consiste en una metodología para abordar la innovación centrándose en los usuarios. El Design Thinking proviene de Stanford y de una consultora internacional llamada IDEO que se ha masificado en empresas, organizaciones y Universidades alrededor del mundo. Se utiliza en centros de estudio e investigación tan connotados como Aalto University (Finlandia), Harvard, MIT, Stanford, UCLA, Navarra, Barcelona, entre otras.

Chile de poco va cambiando y está buscando la manera en como darle un valor agregado a sus exportaciones, pero si se quisiera conseguir algo más concreto este debería focalizarse en esta rama como lo es la innovación tecnológica.

Recomendaciones:

Para el caso de las mantenciones, es necesario dejar en claro que problemas anexos al prototipo en si como por ejemplo:

1. Limpieza de paneles fotovoltaicos
2. Fugas en el panel fotovoltaico
3. Desperfectos en la ventilación
4. Mal funcionamiento del circuito eléctrico
5. Fallas en componentes de suministro (baterías, inversor, conmutador, conexión auxiliar)

Se recomienda el cambio o utilización de sistemas formales de reparación, para así asegurar el buen funcionamiento del prototipo a todas las condiciones analizadas anteriormente.

¹⁰¹Fuente:http://www.academia.edu/5259105/Design_Thinking_e_Innovaci%C3%B3n_T%C3%ADtulo_Completo_Design_Thinking_e_Innovaci%C3%B3n_Tecnol%C3%B3gica_a_Trav%C3%A9s_del_Dise%C3%B1o

7.- ANEXOS

Serie Zoom80

Datos técnicos



Modelos de estación total	Zoom80 S (Servo)	Zoom80 R (Robótica)
Mediciones del ángulo (Hz, V)		
Precisión (std. dev. acc. ISO 17123-3)	2" (0.6 mgon) 5" (1.5 mgon)	2" (0.6 mgon) 5" (1.5 mgon)
Método	Absoluto, continuo, diametral	
Compensación	Sistema de compensación de cuádruple eje	
Medidas de distancia (EDM en modo estándar)		
Prisma (alcance, precisión, tiempo med. std.)	3,500 m, 1 mm + 1.5 ppm, 2.4 s	
Prisma, modo largo alcance (alcance, precisión, tiempo med. std.)	10,000 m, 5 mm + 2.0 ppm, 2.5 s	
Sin-prisma* (alcance, precisión, tiempo med. std.)	1,000 m, 2 mm + 2.0 ppm, 3 - 6 s	* accXess10™
Motorización		
Velocidad de rotación	45° (50 gon)/s	
Scout360		
Alcance	300 m	
Tiempo de búsqueda habitual	5 - 10 seg.	
Área de búsqueda	Valor predeterminado: Hz: 360°, V: 36°, Ventana de búsqueda definida por usuario	
Track360		
Rango (prisma circular/prisma 360°)	800/600 m	
Velocidad	5 m/s a 20 metros, 25m/s a 100 metros	
Aim360		
Rango (prisma circular/prisma 360°)	1,000/800 m	
Precisión (std. dev. acc. ISO 17123-3)	1" (0.3 mgon)	
NavLight		
Luz de navegación	• •	
Teclado y pantalla		
	Zoom80 S / R	Zoom80 C (Controlador)
Display	¼ VGA (320x240 pixels), pantalla táctil, LCD, gráfica, en color, con iluminación	
Teclado	34 teclas (12 de función, y 12 teclas alfanuméricas), iluminación	62 teclas, incluyendo 12 de función, iluminación
Interfaz y almacenamiento de datos		
Memoria de almacenamiento	Tarjeta CompactFlash (256 MB)	
Interfaz	Bluetooth® tecnología inalámbrica RS 232, ZRT80 radio (opcional)	Rádío integrada de 2,4 GHz Spread Spectrum, Bluetooth® tecnología inalámbrica, RS 232
Peso y protecciones ambientales		
Peso	5.5 kg (estación total equipada)	0.8 kg (2.7 kg con jalón y prisma)
Temp. de func./almacenamiento	-20°C to +50°C / -40°C to +70°C	-30°C to +65°C / -40°C to +80°C
Protección contra el agua y el polvo	IP54, 95% sin condensación	IP67, a prueba de polvo, impermeable 1m, (inmersión temporal)
Administración de energía		
Batería	Batería interna de ion-litio ZBA400	Batería interna de ion-litio ZBA200
Tiempo de funcionamiento	8 h	10 h
Software incorporado		
	XSite, varias aplicaciones (opcional - módulo de carreteras), tecnología WinCE	

El Bluetooth® marca y logotipos son propiedad de Bluetooth SIG.
Otras marcas y nombres comerciales son los de sus respectivos propietarios.



Copyright GeoMax AG. Ilustraciones, descripciones y especificaciones técnicas no son vinculantes y pueden cambiar.
Impreso en Suiza / 10.2011 / ???????es

GEOMAX
Part of Hexagon Group

GeoMax AG
www.geomax-positioning.com
info@geomax-positioning.com

Facturación “Mecánica Bacigalupo y Cia. Ltda.”

CONSTRUCCION Y REPARACION
DE MAQ. INDUSTRIALES
REPUESTOS PARA MAQUINARIAS
MECANICA DE PRECISION
TRABAJO EN ACERO INOXIDABLE



CALDERERIA
MONTAJE INDUSTRIAL
ESTRUCTURAS METALICAS
PROYECTOS-TORNO-FRESA
CEPILLO-RECTIFICADO

COTIZACION N° 2014008700

Valparaíso, 25 de Agosto 2014

Sr(es). Lorena Alvarez

At: Sr. Victro Tapia Bassi / Joan
Ref. Solicitud de Cotización
Rut:

Nos dirigimos a ustedes con el objeto de cotizar los siguientes items de acuerdo a lo solicitado:

Cantidad	Especificaciones	Precio Unit.	Total
1	Estructura en Aluminio	3.985.980	3.985.980
1	Estructura de aluminio y Acero al carbano	3.645.980	3.645.980

NOTA: Agregar 19% IVA
Entrega: 40 dias

TOTAL	7.631.960
--------------	------------------

Atentamente, y a la espera de vernos favorecidos con vuestras siempre apreciadas órdenes

Luigi Bacigalupo R.
Mecánica Bacigalupo y Cia. Ltda.

Chacabuco 2184 Valparaíso Tel. 56-32-234358 Fax. 56-32-213814

Condiciones climática:

Región de Arica:

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
8,6	9,6	7,2	9,4	7,7	10,7	10,3	14,6
5,9	6,3	6,7	5,7	5,9	7,8	7,6	11,7
6,3	5	5,3	5,6	8,7	9,5	7,9	11,6
7,4	7,5	6,2	8,2	6,7	9,9	9,3	14,4
8,4	9,2	7,6	9,4	8,9	11,4	10,6	15,6

Temperatura mínima mensual (°C) Temporada 2013

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
24,9	22,6	23,6	20,3	21,8	22,4	24	24,3
25,8	24,8	25,7	22,4	24,5	24,4	27,8	26,2
26,6	24,1	25,9	22,3	24,9	24,8	27,2	24,6
24,3	23,8	22,1	21,9	21,2	22,6	25,7	25,5
23,7	22,8	22,3	20,8	20,8	21,8	24,7	24,2

Temperatura máxima mensual (°C) Temporada 2013

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
18,7	17,7	17,1	20,0	23,4	24,3	23,6	24,5
17,3	15,1	15,4	21,0	21,6	21,8	22,2	21,5
7,4	7,1	6,6	8,1	8,5	9,1	9,0	8,5
15,9	16,0	14,9	17,6	20,9	20,9	20,3	21,6
16,6	17,0	15,4	18,8	21,6	21,1	22,9	22,3

Radiación solar, máximas mensuales (w/m2) Temporada 2013

Región de Antofagasta:

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
4,4	0	1,7	-1	5,2	5	6,6	11,5
-2,2	-2,9	-5	-5,6	-0,8	0,4	1,3	5,8
0,5	-1,2	-2	-2,1	-0,4	2,2	2,9	6,6
-0,5	-1,7	-3,7	-6,3	-1,6	0,8	1,4	6,1

Temperatura mínima mensual (°C) Temporada 2013

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
28,3	27,1	27,8	28,9	32,3	32,2	34,8	34,4
26,8	24,4	26,5	25,1	31,2	30	32,7	33,6
28,5	30	27,7	28	29,9	28,3	29,1	27,6
21,6	21,4	22,1	20,5	25,7	24,1	26,2	27,1

Temperatura máxima mensual (°C) Temporada 2013

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
18,5	18,5	16,5	19,8	22,0	24,8	24,9	24,5
18,4	15,9	18,7	19,4	24,9	24,3	24,6	24,6
15,8	12,9	14,9	18,5	19,4	21,4	22,1	22,4
18,2	17,8	17,7	21,6	25,5	24,2	24,7	25,1

Radiación solar, máximas mensuales (w/m2) Temporada 2013

Región de Atacama:

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2,2	0,1	2,3	3,4	1,8	6,1	5,9	10,2
-1,4	-4,9	-3,4	-3,3	-3,4	1	2,8	6,8
2,2	-1,4	0	2,3	-0,3	4,3	5,4	7,9
5,3	0,9	2,1	4,2	2,8	7,1	7,4	11,4

Temperatura mínima mensual (°C) Temporada 2013

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
32	32,1	33,4	34,3	34,9	32,8	35,6	32,3
31,2	31,8	31,9	34	36,1	34	34,1	27,6
31,7	32,1	30,8	33,9	35,7	33,4	36,7	28,8
32,4	32,4	34,3	34,8	35,8	34,6	37,6	33,7
32,3	32,3	31,4	34,2	35,2	33,2	35,9	29,1
31,6	31,3	30,2	33,6	36,1	32,8	34,8	30,3

Temperatura máxima mensual (°C) Temporada 2013

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
14,4	16,5	17,5	19,6	23,9	25,4	26,1	21,7
10,0	11,0	13,8	15,2	16,5	19,9	16,2	14,4
13,0	12,5	15,8	17,7	23,2	21,4	22,2	19,6
14,4	14,3	16,1	20,3	23,4	23,6	21,6	19,0
13,2	13,9	15,9	16,1	22,2	25,8	27,4	22,2
15,6	14,5	15,9	17,4	21,9	21,5	23,2	22,3

Radiación solar, máximas mensuales (w/m2) Temporada 2013

Región de Coquimbo:

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2,4	-0,6	-1,9	0	-0,6	2,4	6,2	7,7
4,8	2,2	0,4	2,8	1,3	5,1	7,7	9,2
1,6	-2,3	-1,4	0,3	-1,9	1,4	5	6,9
7,2	6	0,9	2,8	-0,3	6,2	7	14,3
3,9	1,2	-1,9	0,5	-0,3	3,2	6,5	8,1
6,9	2,7	0,6	3,5	2,1	5,1	8,3	9,7
3,6	1,3	-0,8	1,1	-0,7	5,4	6,6	12,9
2,3	0,2	-0,6	1,4	1,2	2,9	6,2	8,3
1,9	-1,1	-1,8	1,2	-0,1	2,4	5,4	8,1

Temperatura mínima mensual (°C) Temporada 2013

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
34,1	27,5	26,2	31,9	39,3	32,8	35,8	30,9
32,1	24,9	24,4	30	37,2	31,5	34,9	30,1
34,7	29,3	28,3	32,8	39	33,9	36,4	30,3
34,2	24,2	32,4	35,2	36,3	33,2	35,9	33,6
33,8	23,7	23,3	29,6	38,8	32,6	37,3	28,1
33,4	26,2	25,3	30,8	38,7	33	36,5	30,9
35,2	29,8	31	33,3	37,1	32,4	36,2	33,6
29,4	22,3	22,2	24,9	35,8	27,1	30,8	25
34,4	27,4	27,2	32,2	36	31	34,9	31,7

Temperatura máxima mensual (°C) Temporada 2013

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
16,7	14,2	16,0	16,3	20,3	20,6	25,3	23,2
14,9	12,9	15,9	16,1	21,4	22,1	23,0	22,4
14,8	13,9	15,7	18,5	24,7	25,2	27,3	25,0
22,8	-19,0	-19,0	-19,0	-19,0	-19,0	27,4	25,5
14,8	14,3	14,7	16,5	20,3	23,1	25,7	23,4
19,6	18,8	17,8	18,6	26,0	27,4	27,4	24,4
16,2	15,5	18,6	22,8	24,3	27,4	27,4	25,5
14,7	13,8	13,5	16,7	19,3	22,1	24,3	21,7
14,1	12,3	14,5	15,2	23,2	22,2	24,2	23,6

Radiación solar, máximas mensuales (w/m2) Temporada 2013

Región de Valparaíso:

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0,6	-1,6	-2,3	0,5	-0,4	3,1	4,3	7,7
2	0,2	-0,8	0,4	-0,3	2,6	4,1	7,9
-0,7	-1,3	-3,7	-0,2	-2,1	1,9	5,6	8,6
2,7	-0,1	-0,2	2,4	1,6	4,5	5,6	8,6
0,2	-1,7	-2,7	0,4	-0,3	3	4,4	7,7
2,6	-0,2	0,5	1,9	2,2	4,3	6,1	8,5
0,3	-1,4	-4,1	0	-1,2	1,6	4,6	8,8
0,3	-3,6	-5,5	-2,1	-2,2	1,5	3,9	8,7
-0,8	-3,6	-5,4	-1,4	-2,2	1,4	3,7	8,6

Temperatura mínima mensual (°C) Temporada 2013

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
32,9	26,2	27,4	33,6	34,7	29,6	35,2	29,7
35,6	26,9	27,3	33,6	34,5	29,2	35,3	30,3
31,9	19,8	20,3	34,9	34,5	30,2	34,3	31,7
33,1	26,8	29,2	34,9	33,7	30,3	34,3	31,7
32,7	24,7	25,6	33,6	34,5	29,2	34	29,6
32,6	26,8	28,9	34,2	32,4	29,4	33,1	29,8
30,4	26,9	27,8	32,1	30,9	30,8	33,9	32,3
33,2	30	31	35,9	33,5	33,8	37,4	34,7
33,6	31,3	31,1	36,1	33,4	33,6	36,5	34,2
32,6	27,9	28,9	34,3	31,8	30,4	34,7	31,7
29,9	27,6	28,4	34,2	31,4	33,3	35,4	33,9
31,3	29,3	30,7	33,8	31,9	33,3	36,2	33,3

Temperatura máxima mensual (°C) Temporada 2013

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
14,4	14,1	13,9	17,3	21,3	24,7	23,4	21,4
11,8	12,5	13,8	16,6	22,0	22,0	22,1	19,3
12,4	13,3	15,8	16,2	19,8	22,4	22,7	20,9
15,7	13,6	14,4	17,8	21,8	22,4	22,7	20,9
14,0	13,4	15,5	16,6	22,0	27,4	24,1	20,9
13,8	12,5	13,8	16,5	21,2	21,5	23,0	21,3
13,8	12,9	13,1	16,0	20,6	22,1	22,7	20,2
15,8	16,4	14,1	16,4	23,0	23,6	25,0	21,5
14,7	15,3	15,0	16,3	21,9	25,5	27,4	21,7
14,3	13,6	13,2	17,5	21,3	20,9	22,8	20,7
15,0	14,1	13,2	17,1	20,5	21,2	24,3	20,6
16,5	16,8	15,9	19,3	25,3	26,4	26,9	23,8

Radiación solar, máximas mensuales (w/m2) Temporada 2013

Región de O'Higgins:

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
-3	-5,2	-4,9	-2,5	-3,9	1,2	3,6	6,9
-2,2	-2,4	-2	0,1	-0,8	2,1	4,1	5,6
-3	-4,8	-4,8	-2,5	-2,4	3,2	5,4	8,2
-2	-2,5	-3,1	-1,1	-2,4	3	5,2	7,8
-4,1	-5,1	-5,1	-2,7	-3,2	0,8	4	6,1
-3	-3,7	-0,3	-1,2	-1,6	3,6	5,7	9,5
-4,2	-	-1,3	-2,3	-2,6	1,6	4,3	7,1
-3,8	-4,9	-3,9	-1,8	-1,9	2,5	3,7	6,7
-1,2	-4,3	-2,8	-1,1	-1	1,8	3,7	5,9

Temperatura mínima mensual

(°C)

Temporada

2013

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
20,4	17,7	16,4	22,6	27,1	29,6	33,3	30,8
22,1	20	17,3	24,4	26,3	29,4	33,7	31,1
26,7	22,4	23,5	26,8	30,6	32,1	35,3	32,4
27	23,1	23,4	26,8	28,7	30,8	34,6	32,6
27,7	23,7	24,2	27,4	30,6	32,9	36,9	33,8
24,9	20,9	18	25,5	26,6	29,6	32,4	29,5
24,9	-	18,3	25,8	27,6	30,3	33,6	31,7
29,7	24,5	23,3	29,9	29,4	31,5	35,4	34,9
25,7	21,8	19,4	28,2	27,9	29,2	34,7	33,1
23,1	20,4	19,1	25,2	26,9	30,1	33,2	30,9
26,7	23,9	21,1	29,7	28,6	29,9	35	34,4
24,4	22,4	19,1	25,5	26,9	28,9	33	30,2
21,7	20,1	16,7	22,9	28,1	31,2	34,7	31,8
22,1	20,7	18	25,3	27,4	29,6	33,4	30,1
-	16,8	19,1	25,2	26,7	30,4	34,8	31,3
22,8	20,8	18,4	24,6	28,2	32,4	36,2	33,6

Temperatura máxima mensual (°C) Temporada 2013

MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
13,9	12,2	14,4	15,2	20,1	26,0	24,6	21,3
13,7	10,5	14,0	14,5	19,1	20,7	23,0	22,0
14,4	12,7	14,3	14,0	21,0	20,7	20,5	21,2
14,9	12,9	13,6	16,4	22,6	23,7	22,8	23,1
15,4	14,4	15,1	15,8	19,0	21,4	17,6	18,0
14,2	11,8	12,1	16,6	22,6	22,7	25,4	23,9
14,3	-	13,0	16,3	20,3	22,9	21,3	20,2
11,9	12,5	11,7	14,4	19,2	21,7	23,0	22,1
13,2	13,2	13,9	15,8	21,3	23,0	23,7	22,5
14,5	13,5	12,5	15,5	20,0	22,5	23,3	21,4

Radiación solar, máximas mensuales (w/m2) Temporada 2013

Validación Prototipo

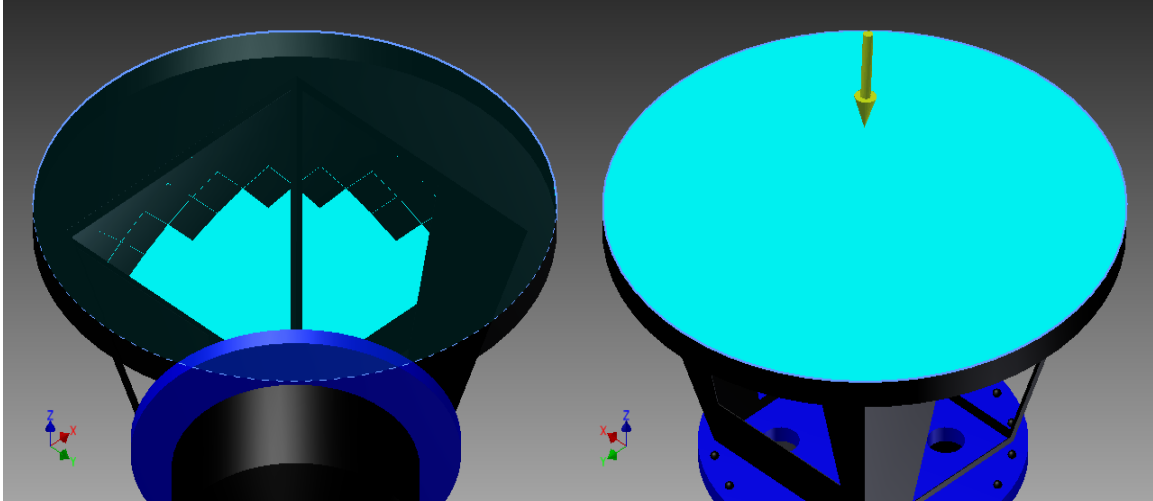
Aluminio 6061

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	200541 mm ³	
Masa	0,543466 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	45206,2 MPa
Primera tensión principal	-1429,78 MPa	47454,1 MPa
Tercera tensión principal	-30407,4 MPa	2268,13 MPa
Desplazamiento	0 mm	19,3205 mm
Coefficiente de seguridad	0,00121665 su	15 su
Tensión XX	-10288 MPa	11334,3 MPa
Tensión XY	-2180,17 MPa	2817,6 MPa
Tensión XZ	-17222,4 MPa	22159,6 MPa
Tensión YY	-11797,1 MPa	14430,2 MPa
Tensión YZ	-8565,22 MPa	7492,5 MPa
Tensión ZZ	-21069,8 MPa	32565,6 MPa
Desplazamiento X	-3,87491 mm	0,80497 mm
Desplazamiento Y	-0,041749 mm	6,06141 mm
Desplazamiento Z	-18,5298 mm	3,2161 mm
Deformación equivalente	0 su	0,597367 su

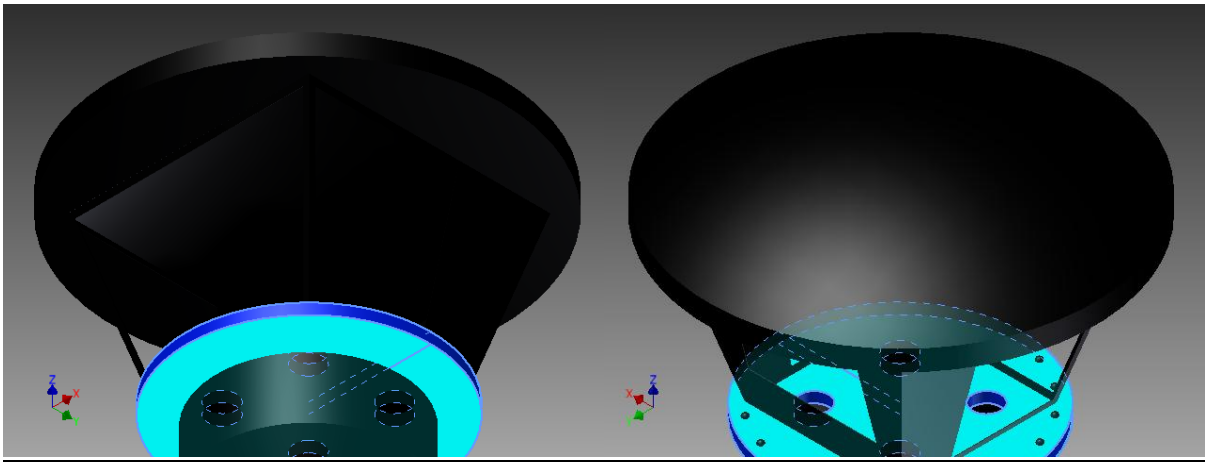
Primera deformación principal	-0,000279875 su	0,636661 su
Tercera deformación principal	-0,39532 su	0,00000000456469 su
Deformación XX	-0,063938 su	0,0855836 su
Deformación XY	-0,0420845 su	0,054389 su
Deformación XZ	-0,33245 su	0,427754 su
Deformación YY	-0,127183 su	0,0920914 su
Deformación YZ	-0,165337 su	0,14463 su
Deformación ZZ	-0,203937 su	0,349263 su
Presión de contacto	0 MPa	71900 MPa
Presión de contacto X	-35243,9 MPa	52893,8 MPa
Presión de contacto Y	-36662 MPa	47771,3 MPa
Presión de contacto Z	-15585,8 MPa	13801 MPa

Análisis aluminio

Condiciones de funcionamiento “fuerza 1”

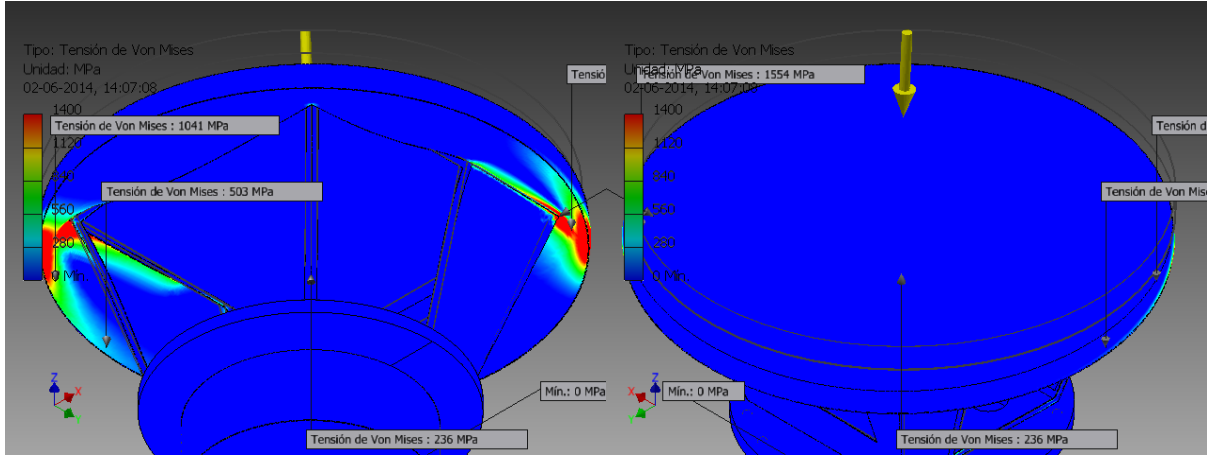


Restricción aplicada

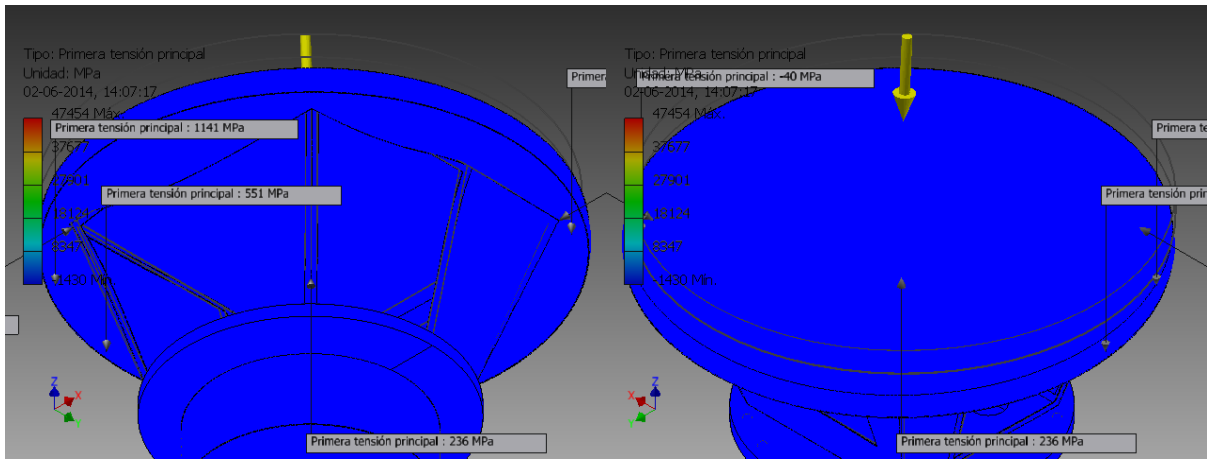


Desplazamientos y análisis

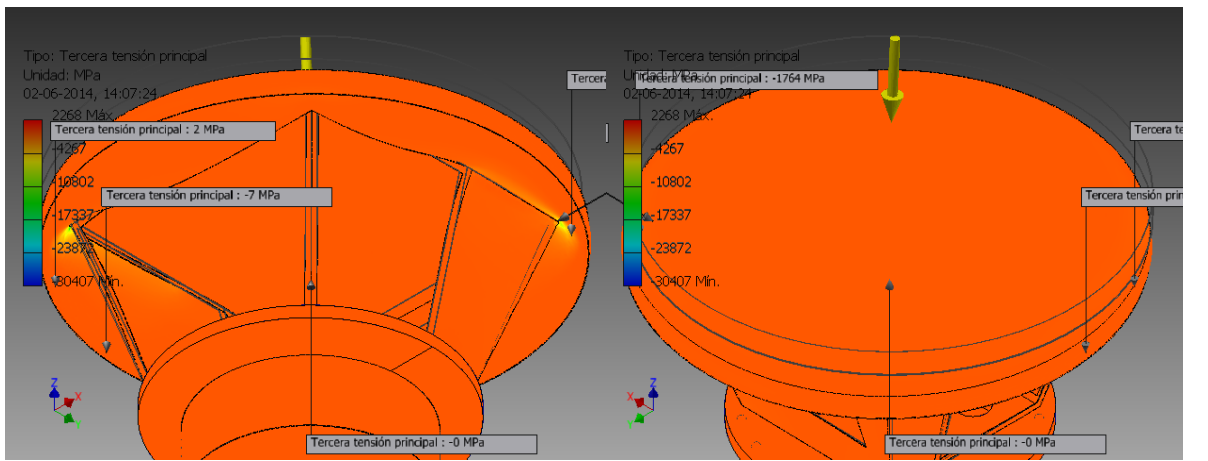
Tensión de Von mises



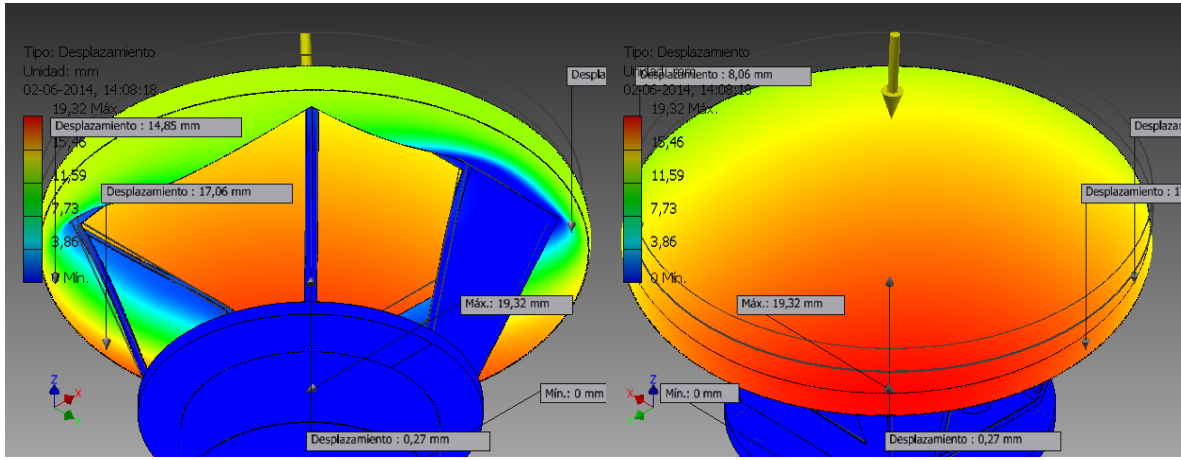
Primera tensión principal



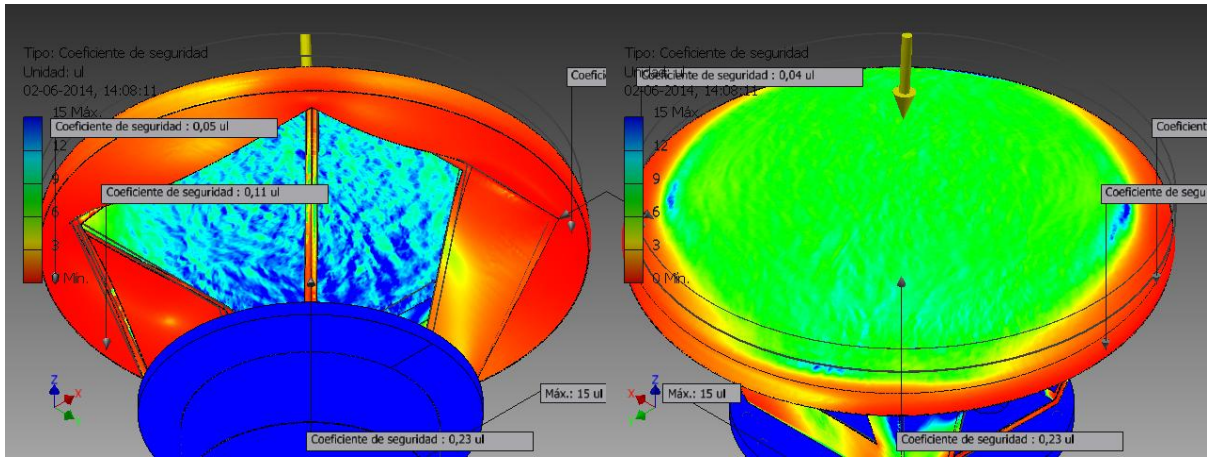
Tercera tensión principal



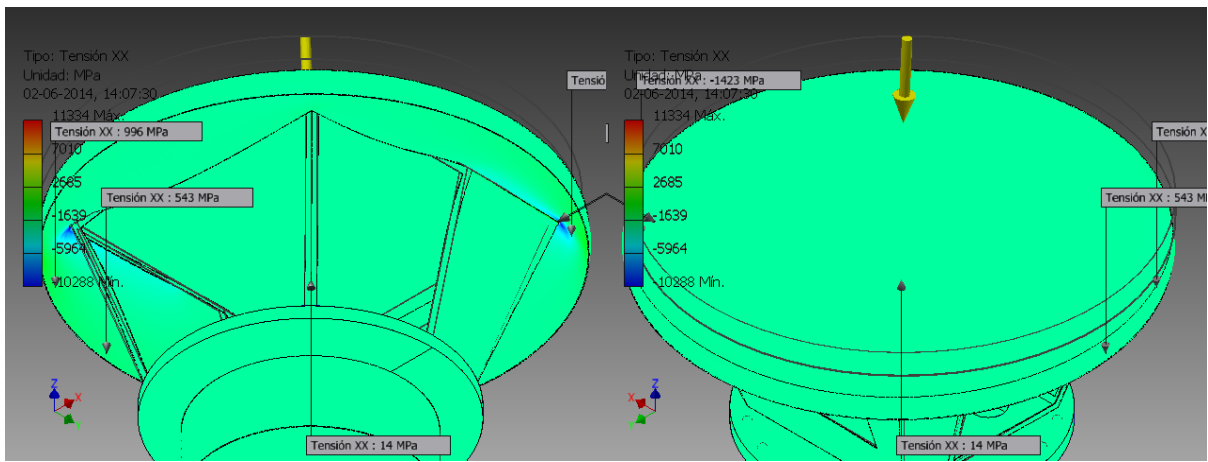
Desplazamiento



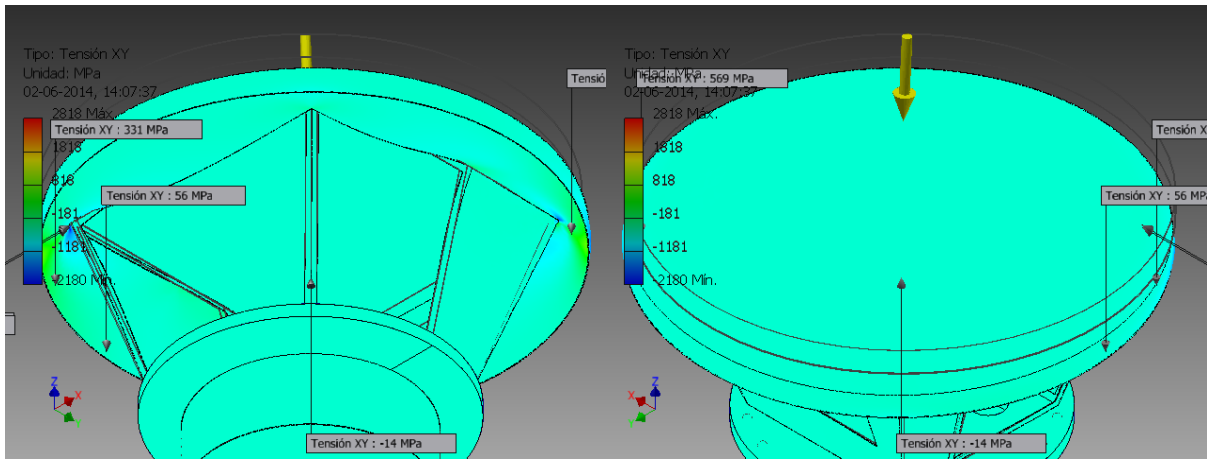
Coefficiente de seguridad



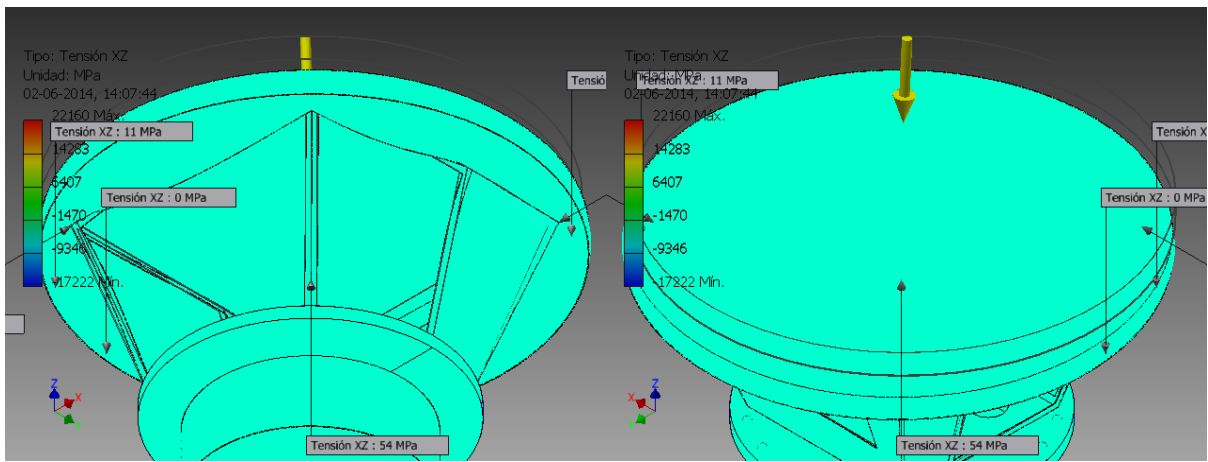
Tensión XX



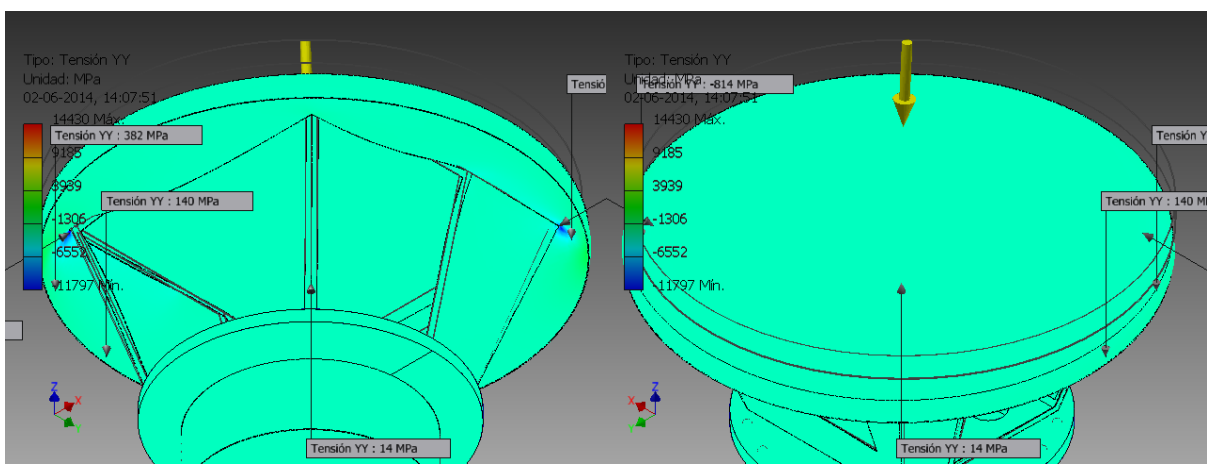
Tensión XY



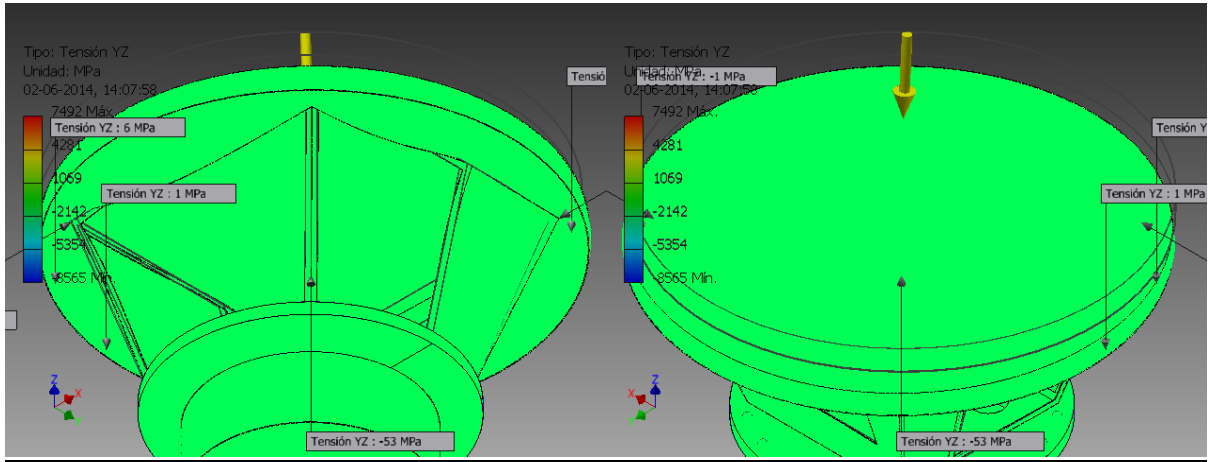
Tensión XZ



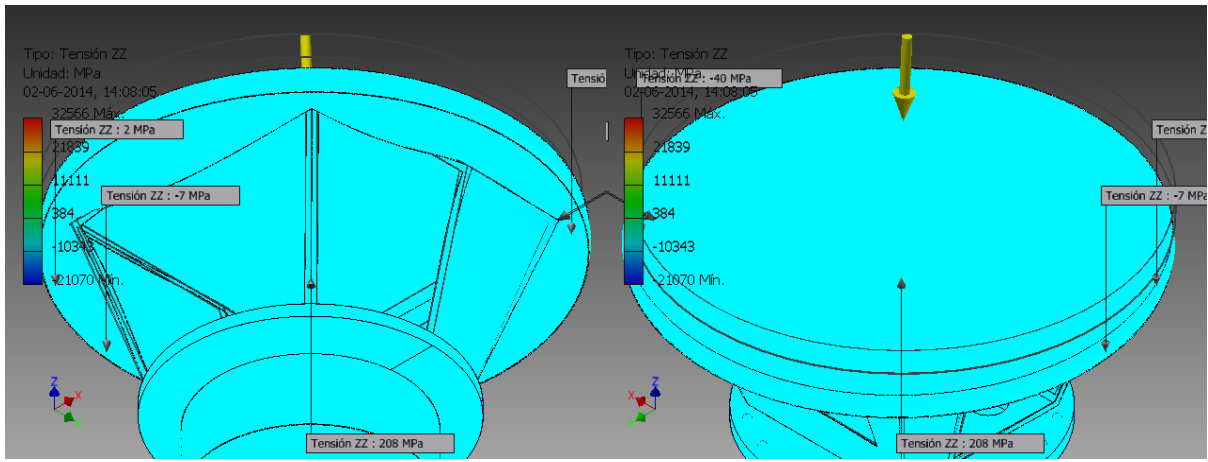
Tensión YY



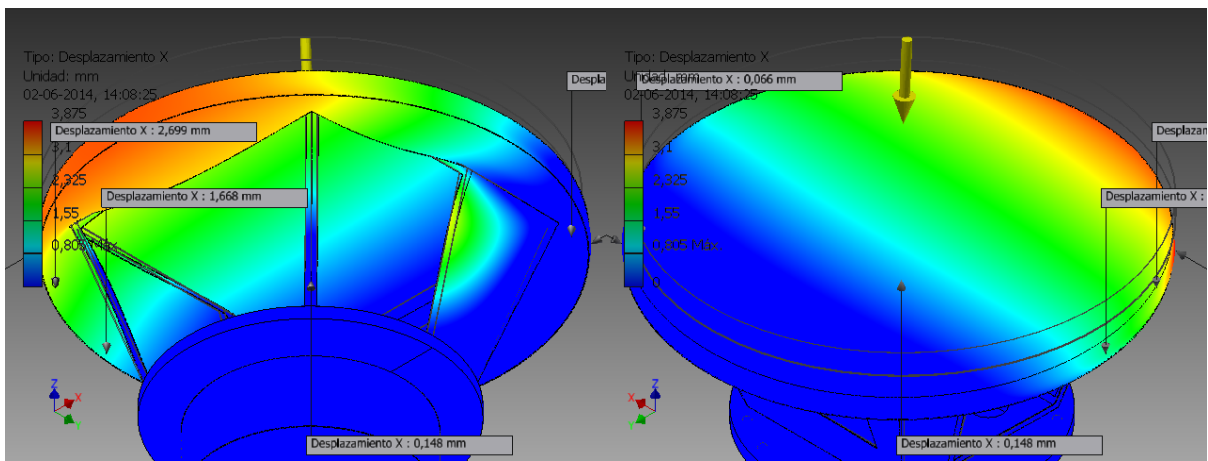
Tensión YZ



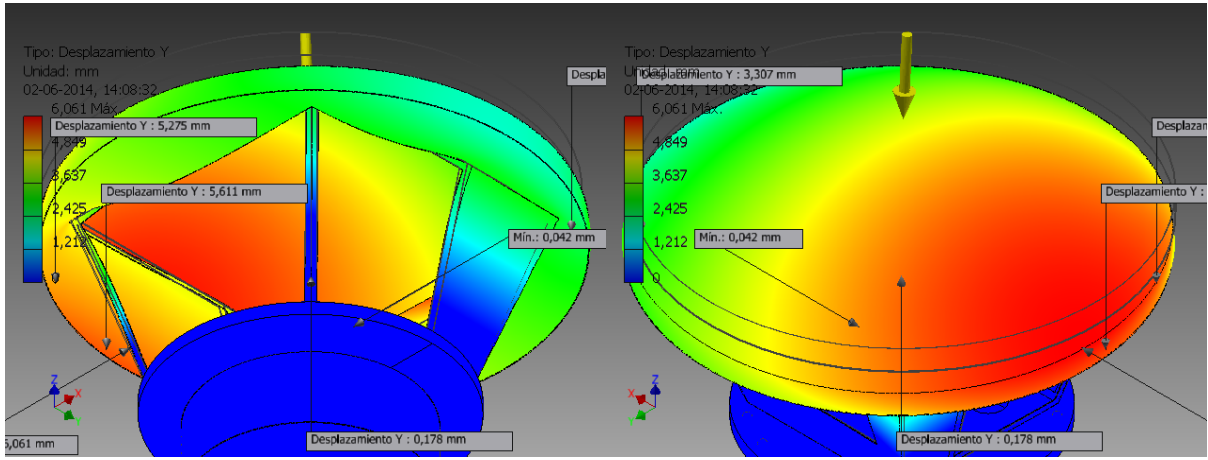
Tensión ZZ



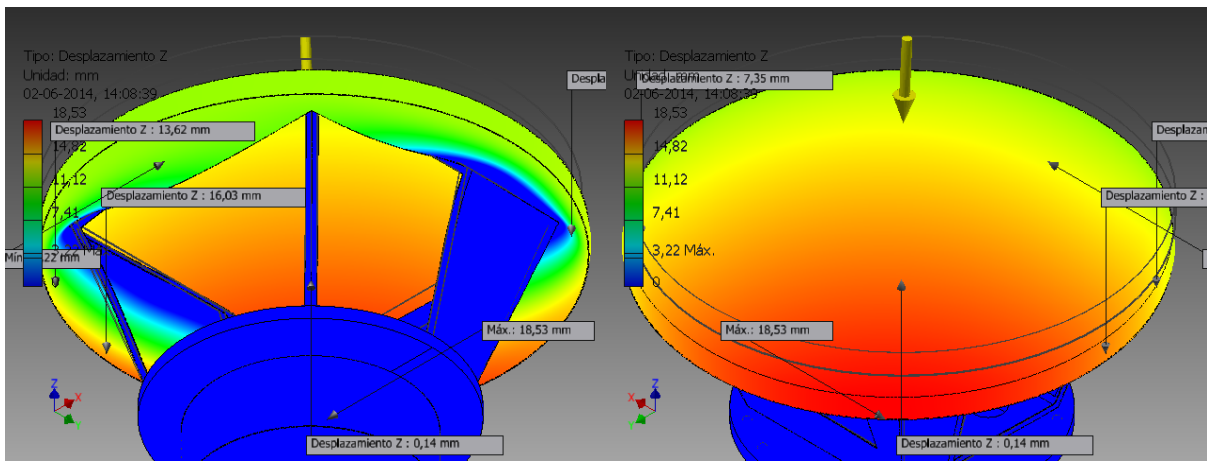
Desplazamiento X



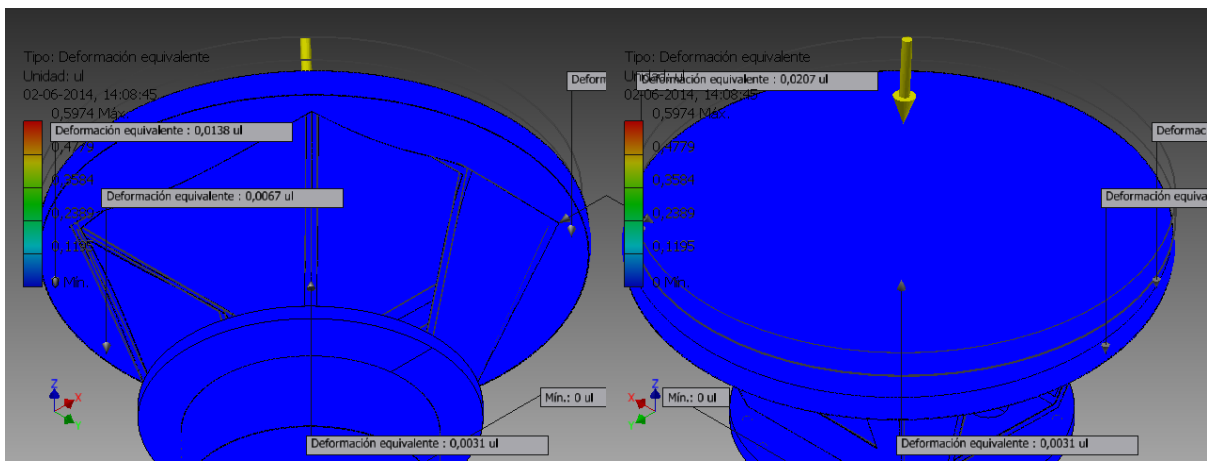
Desplazamiento Y



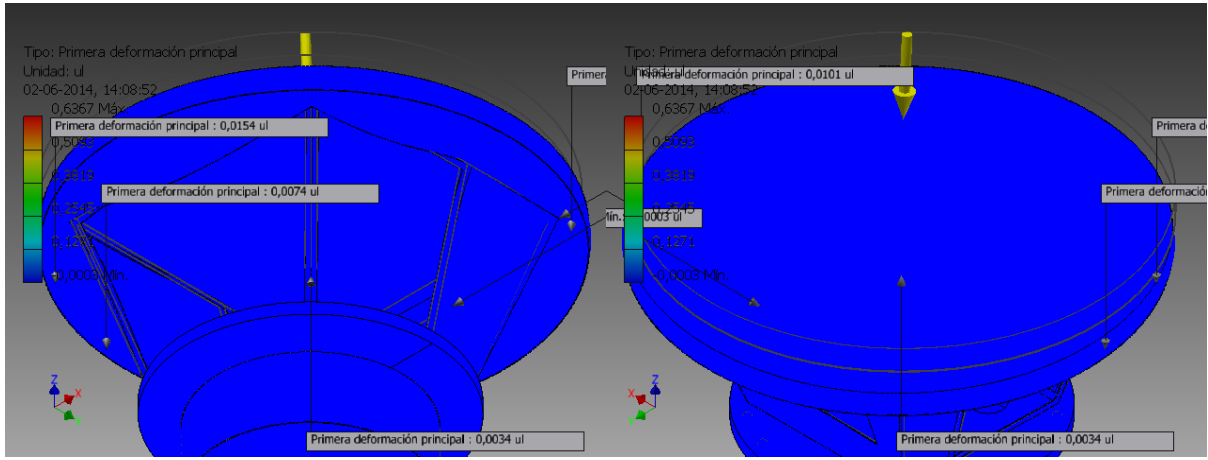
Desplazamiento Z



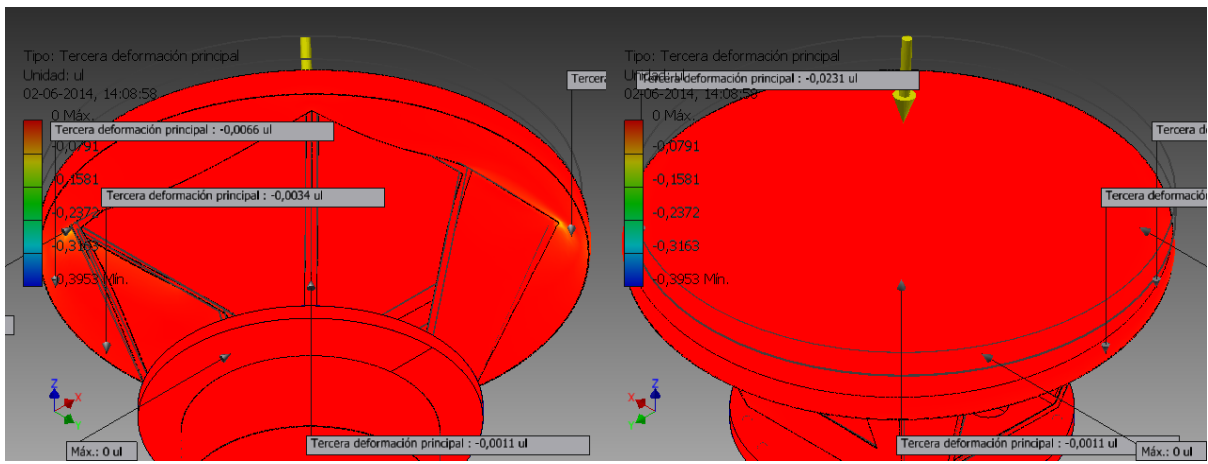
Deformación equivalente



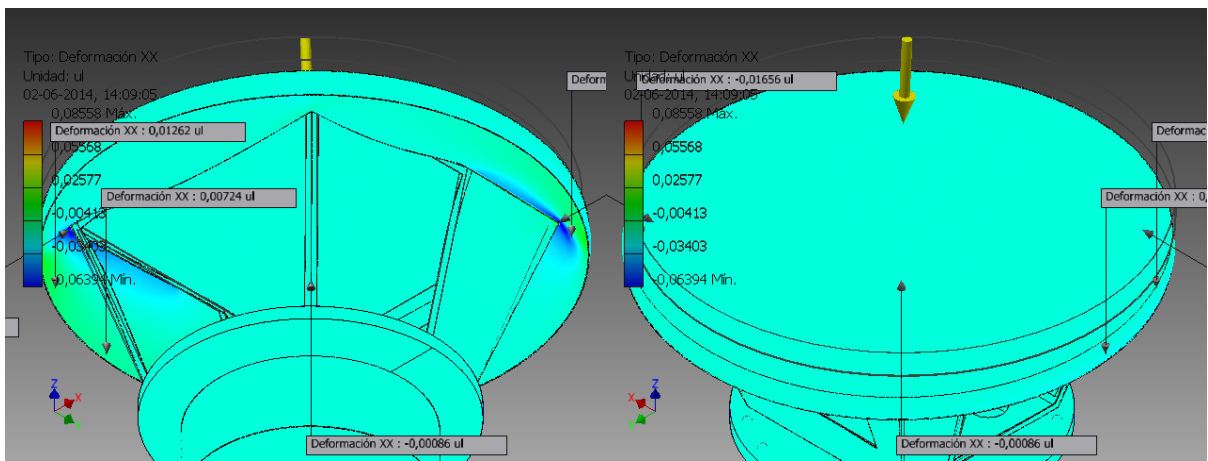
Primera deformación principal



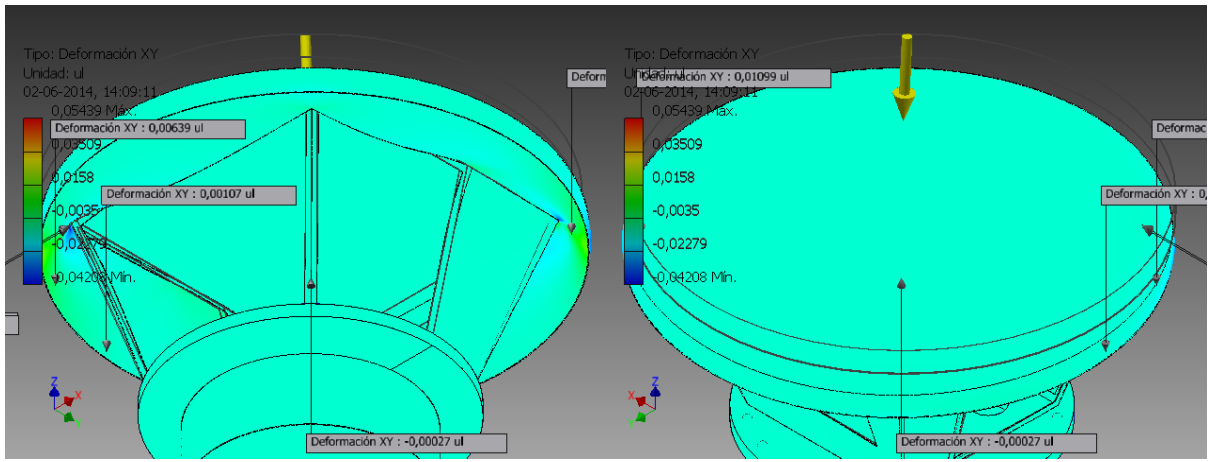
Tercera deformación principal



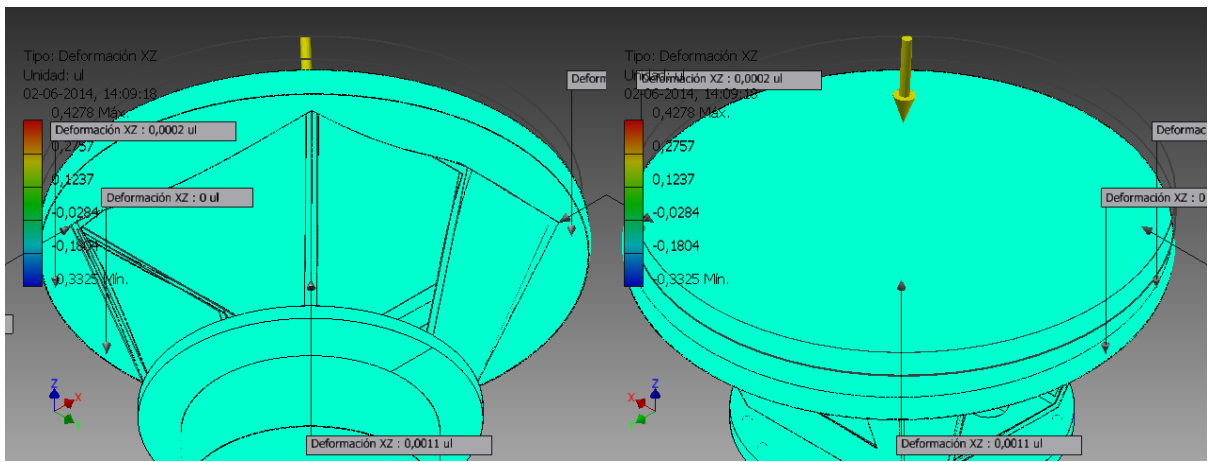
Deformación XX



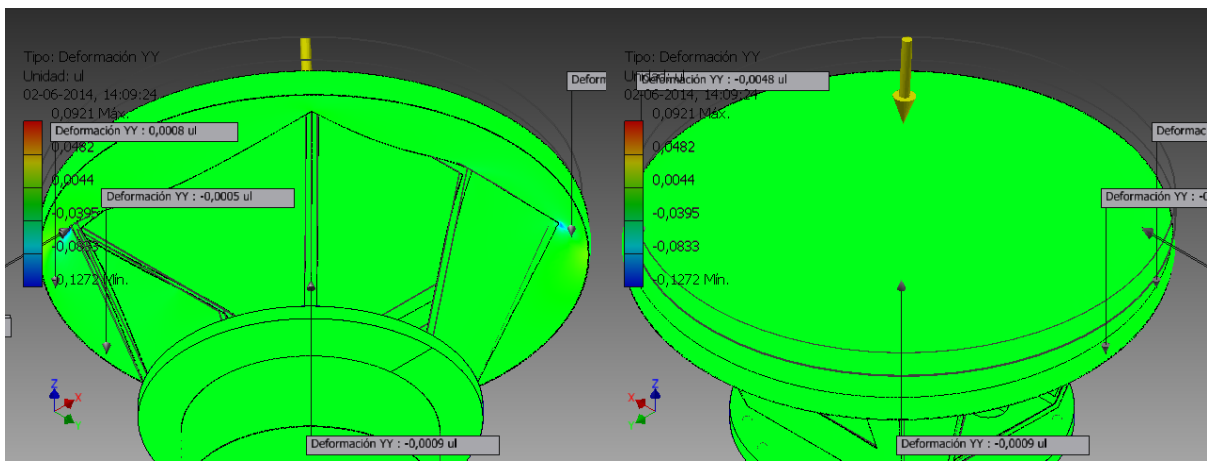
Deformación XY



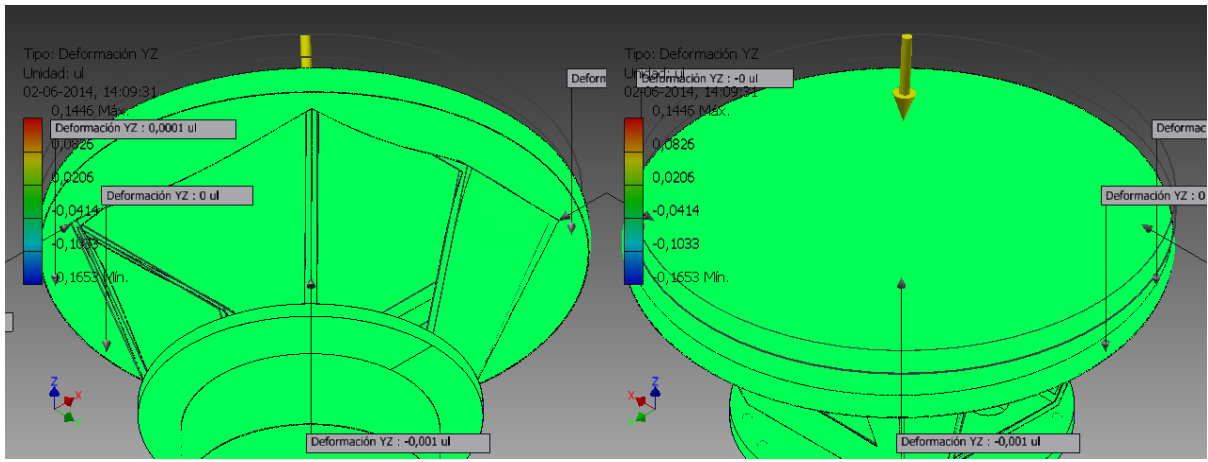
Deformación XZ



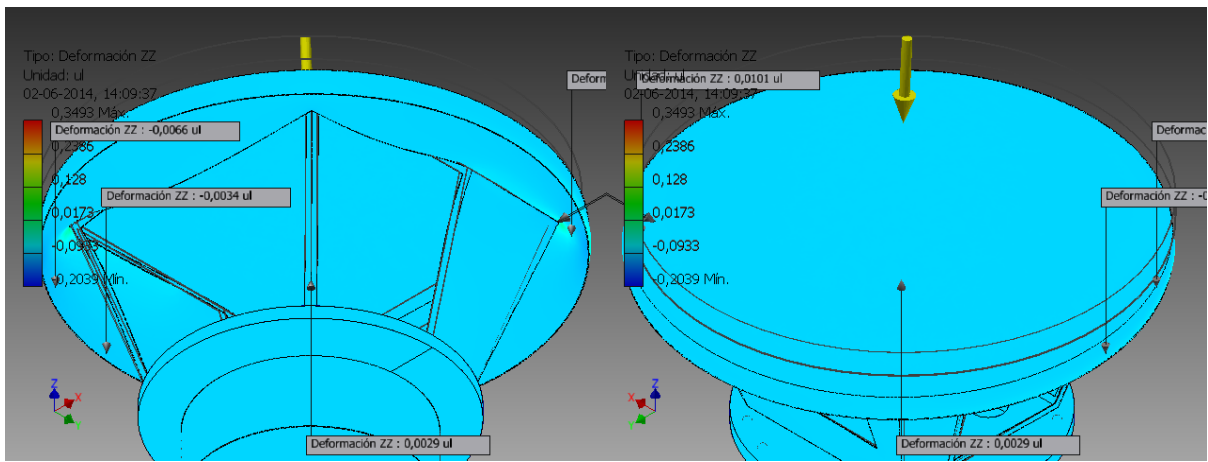
Deformación YY



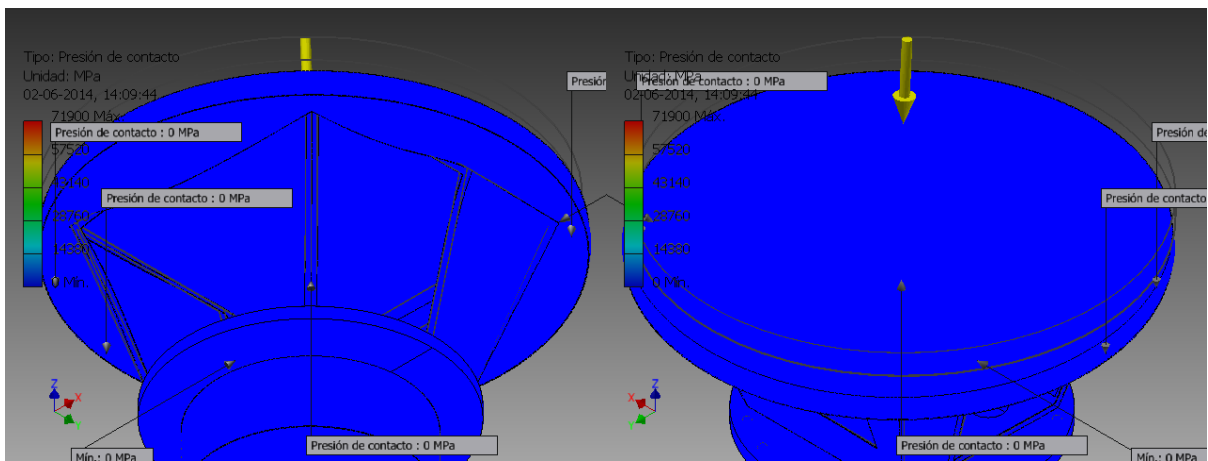
Deformación YZ



Deformación ZZ



Presión de contacto



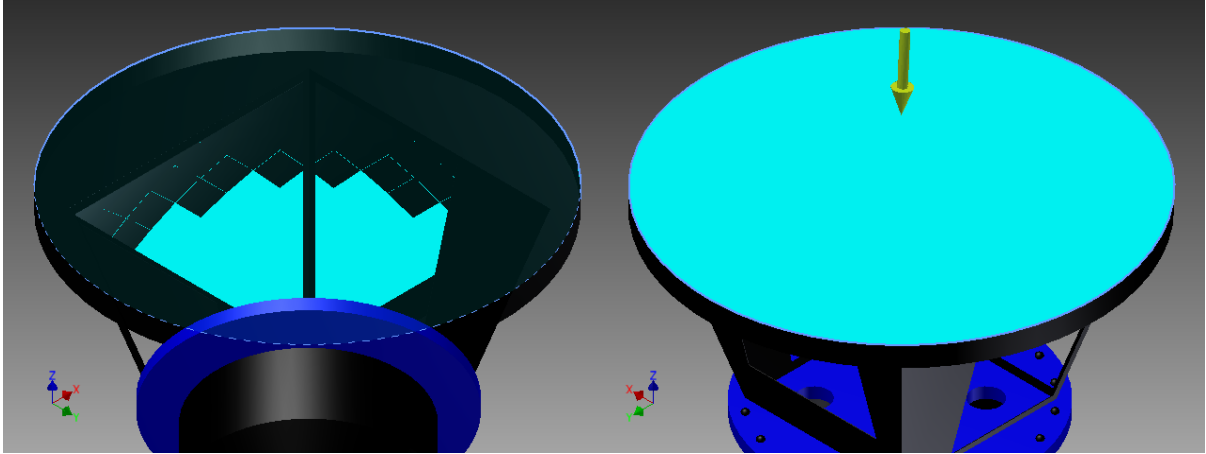
Metales (Aluminio 6061, Inconel 718 y Acero al Carbono)

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	200541 mm ³	
Masa	1,57826 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	133736 MPa
Primera tensión principal	-3569,74 MPa	125591 MPa
Tercera tensión principal	-81787,8 MPa	3004,67 MPa
Desplazamiento	0 mm	18,8301 mm
Coefficiente de seguridad	0,0026171 su	15 su
Tensión XX	-22772,5 MPa	24908,4 MPa
Tensión XY	-6431,46 MPa	8222,3 MPa
Tensión XZ	-56710,2 MPa	66724,9 MPa
Tensión YY	-32262,9 MPa	28767,9 MPa
Tensión YZ	-26455,1 MPa	22510,9 MPa
Tensión ZZ	-50566,1 MPa	80788,5 MPa
Desplazamiento X	-3,72426 mm	0,78431 mm
Desplazamiento Y	-0,0404348 mm	5,83658 mm
Desplazamiento Z	-18,0765 mm	3,09605 mm
Deformación equivalente	0 su	0,58896 su

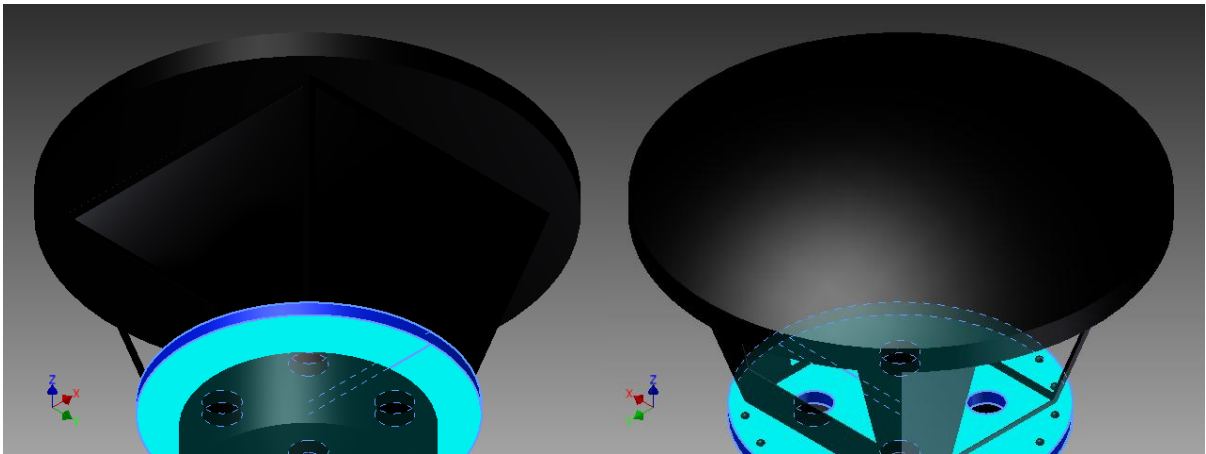
Primera deformación principal	-0,000220438 su	0,62377 su
Tercera deformación principal	-0,419585 su	0 su
Deformación XX	-0,0652111 su	0,0854597 su
Deformación XY	-0,0414829 su	0,0530338 su
Deformación XZ	-0,365781 su	0,430376 su
Deformación YY	-0,126424 su	0,0915032 su
Deformación YZ	-0,170636 su	0,145195 su
Deformación ZZ	-0,192175 su	0,334797 su
Presión de contacto	0 MPa	200155 MPa
Presión de contacto X	-97379,6 MPa	146327 MPa
Presión de contacto Y	-103688 MPa	134532 MPa
Presión de contacto Z	-41332,6 MPa	39197,7 MPa

Análisis aluminio, acero al carbono inconel 718

Condiciones de funcionamiento “fuerza 1”

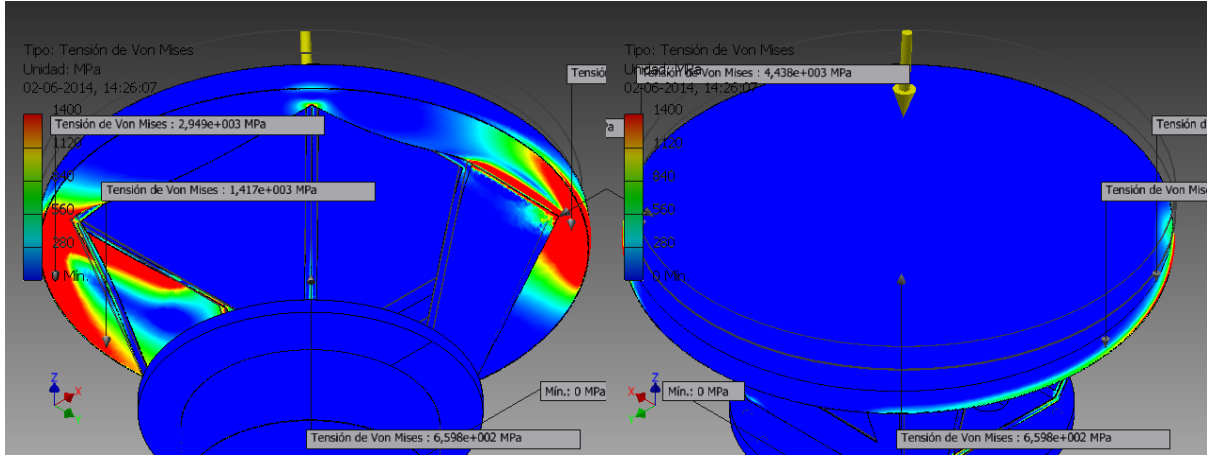


Restricción aplicada

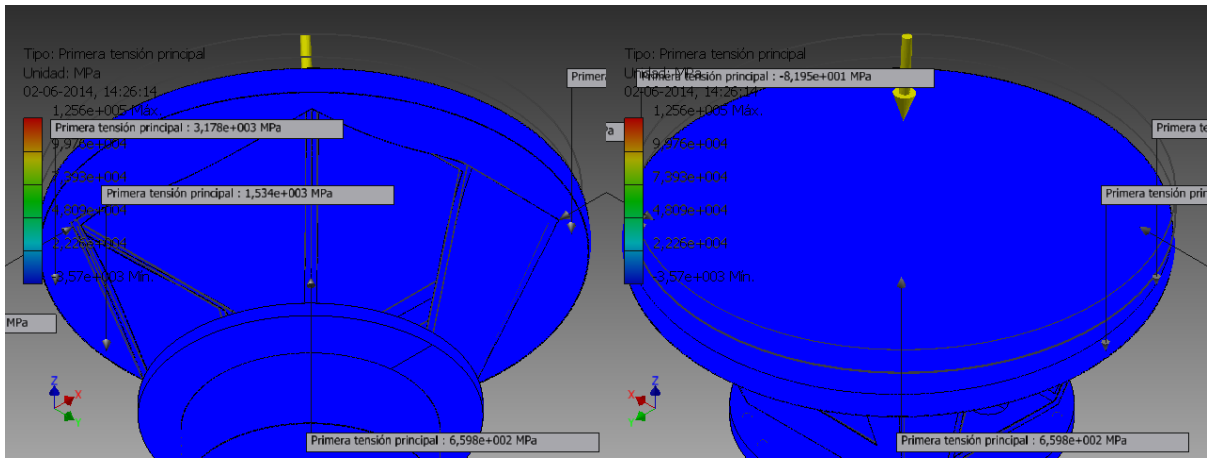


Desplazamiento y análisis

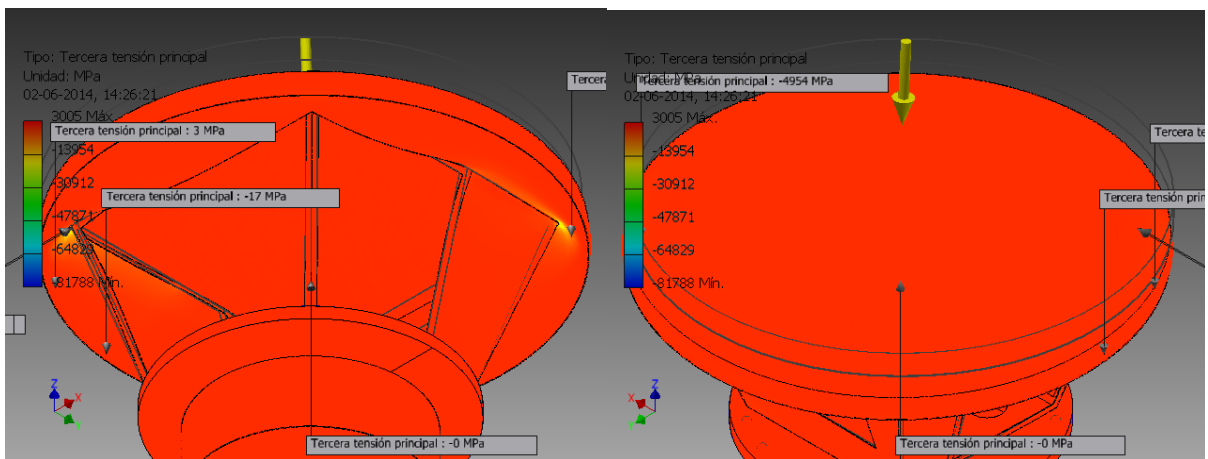
Tensión de Von Mises



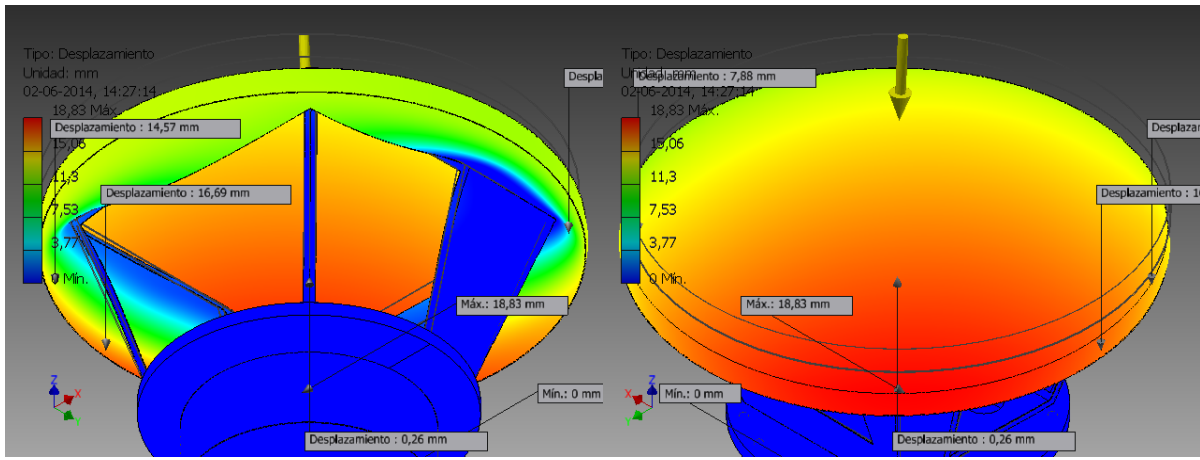
Primera tensión principal



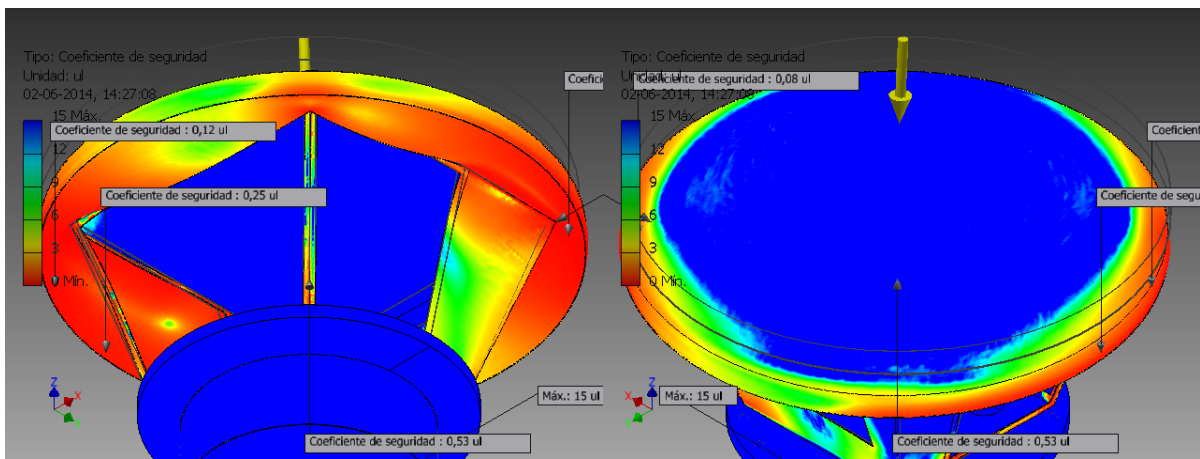
Tercera tensión principal



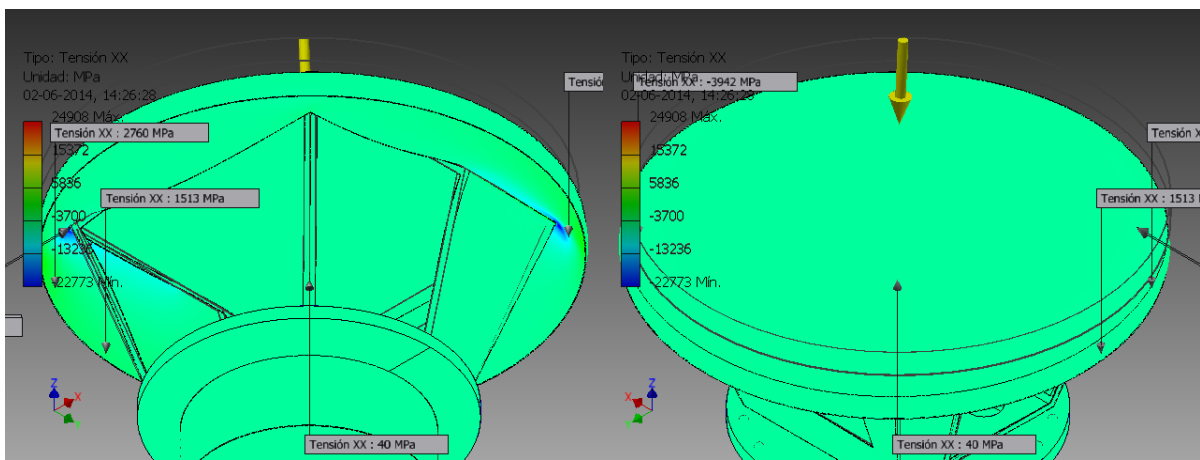
Desplazamiento



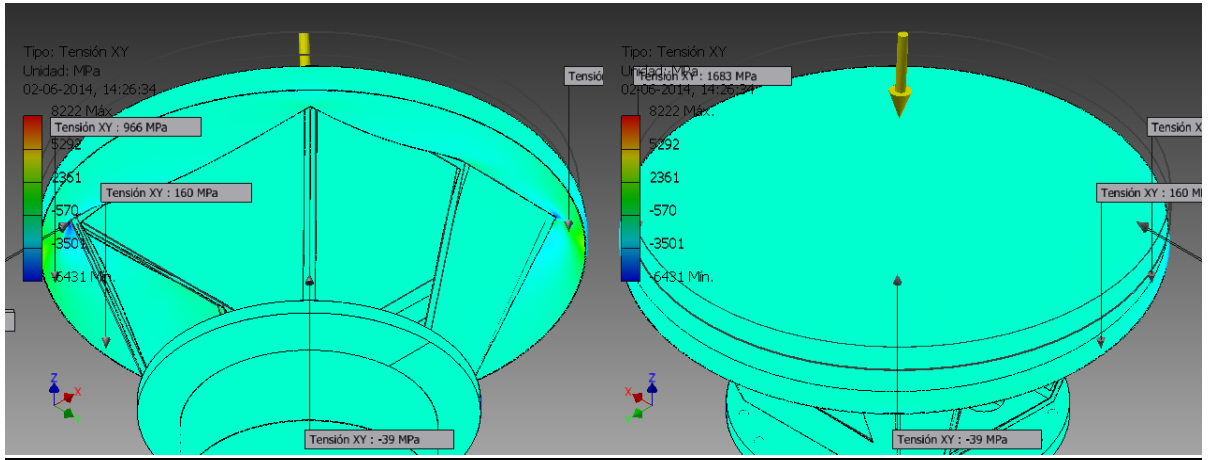
Coefficiente de seguridad



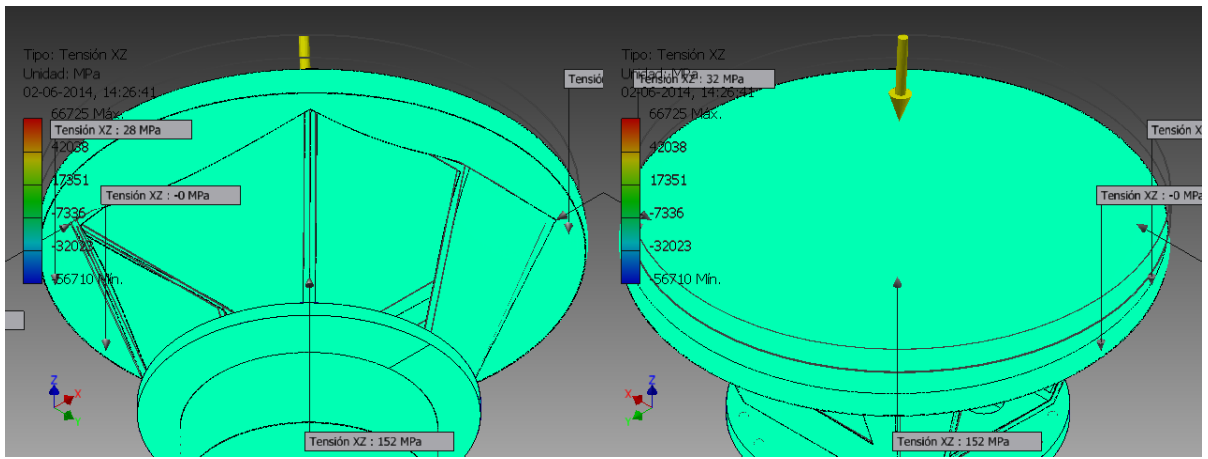
Tensión XX



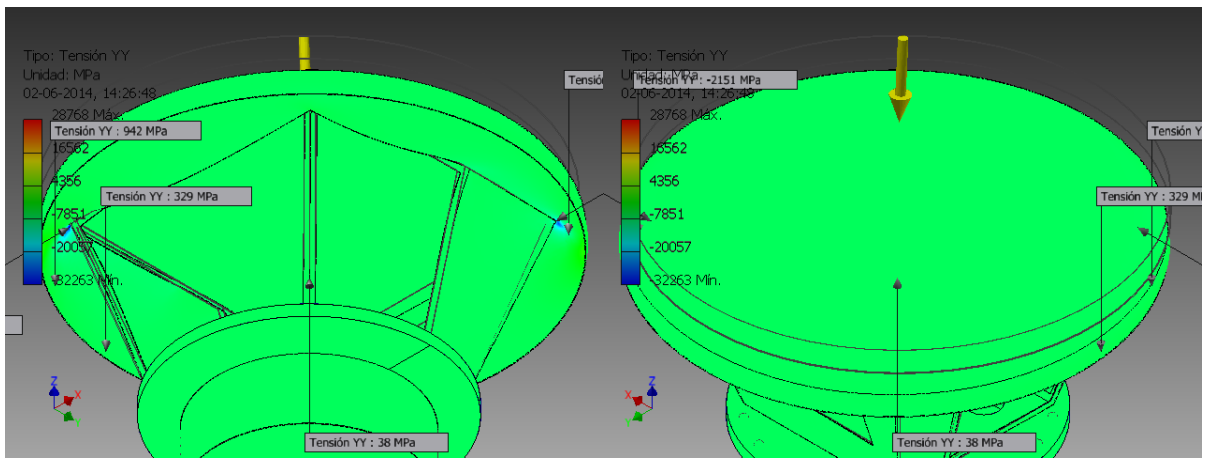
Tensión XY



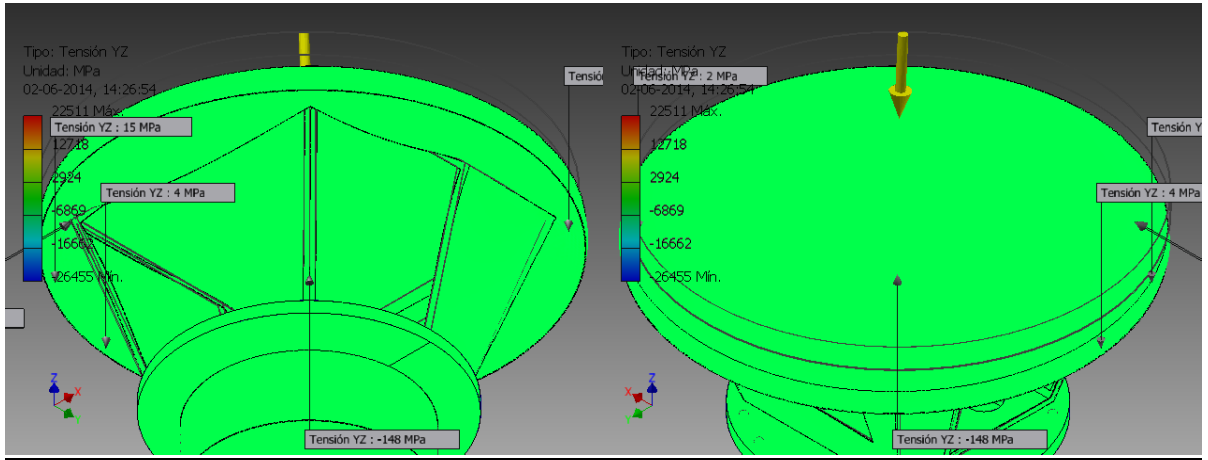
Tensión XZ



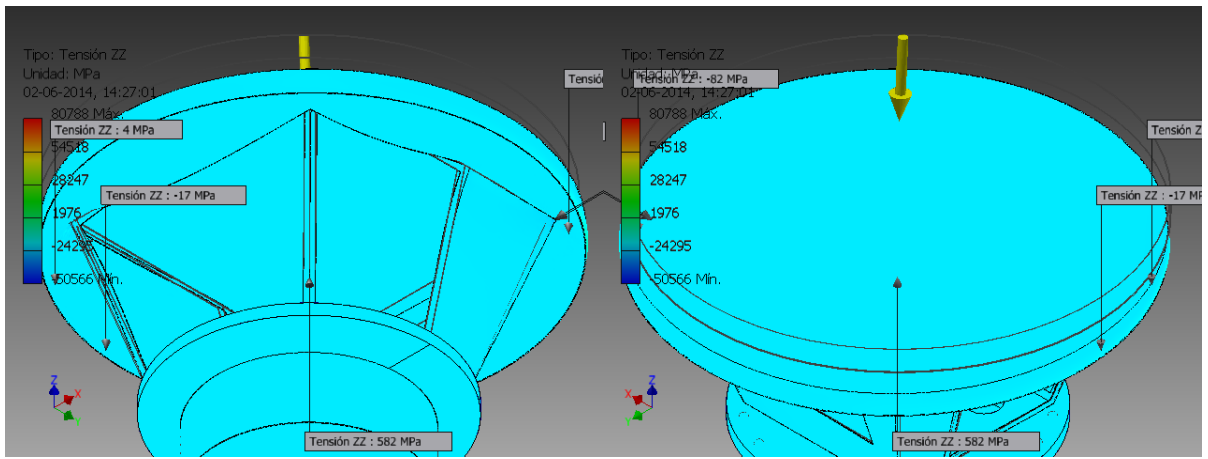
Tensión YY



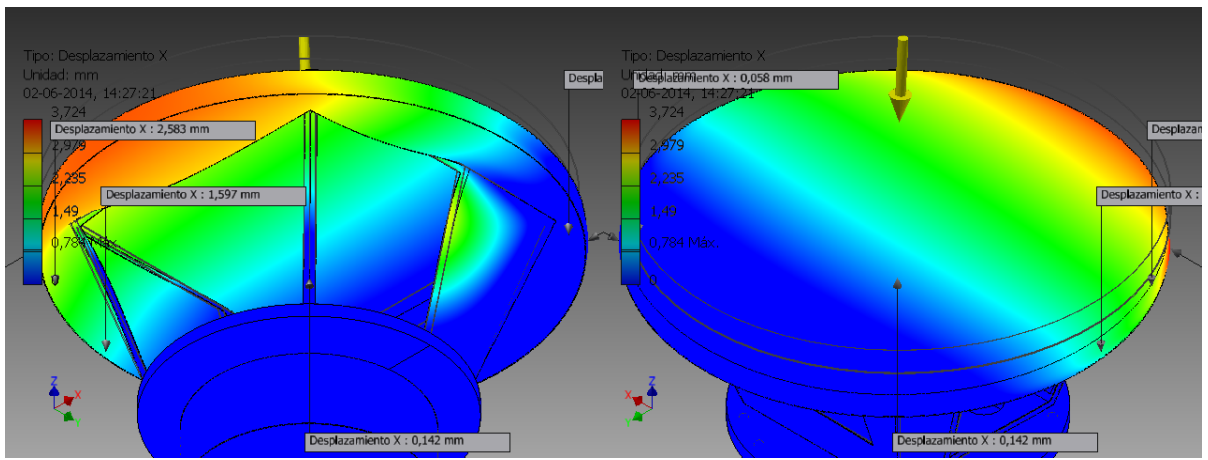
Tensión YZ



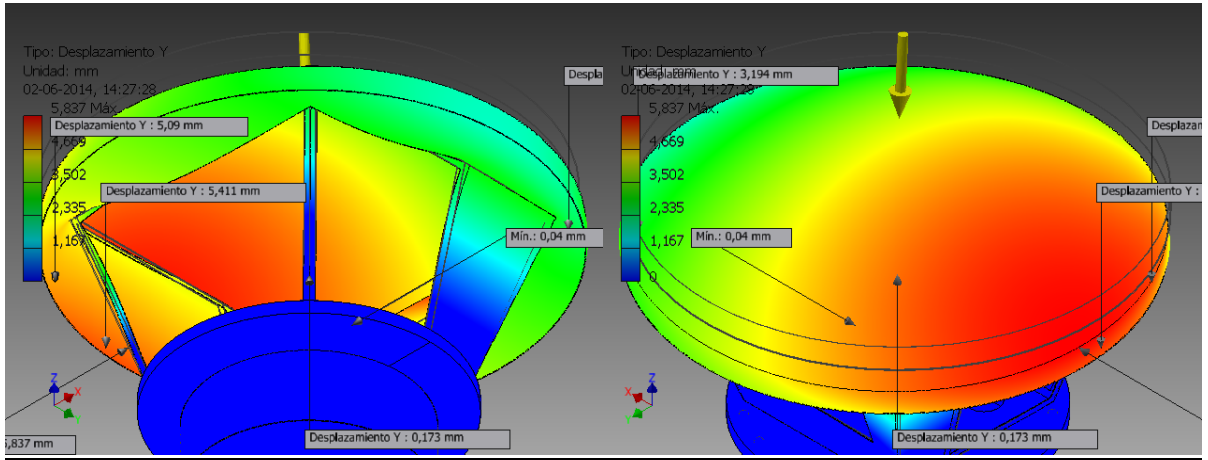
Tensión ZZ



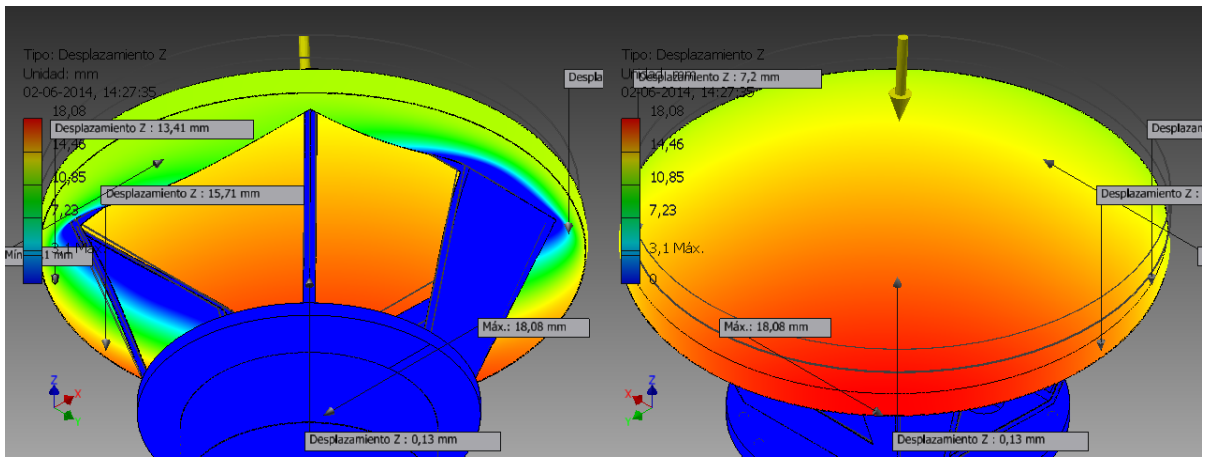
Desplazamiento X



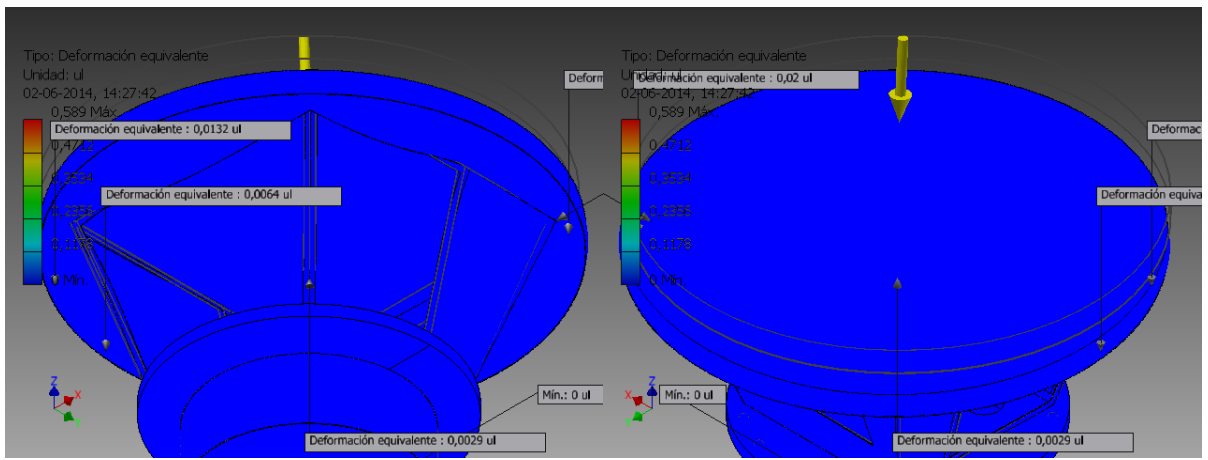
Desplazamiento Y



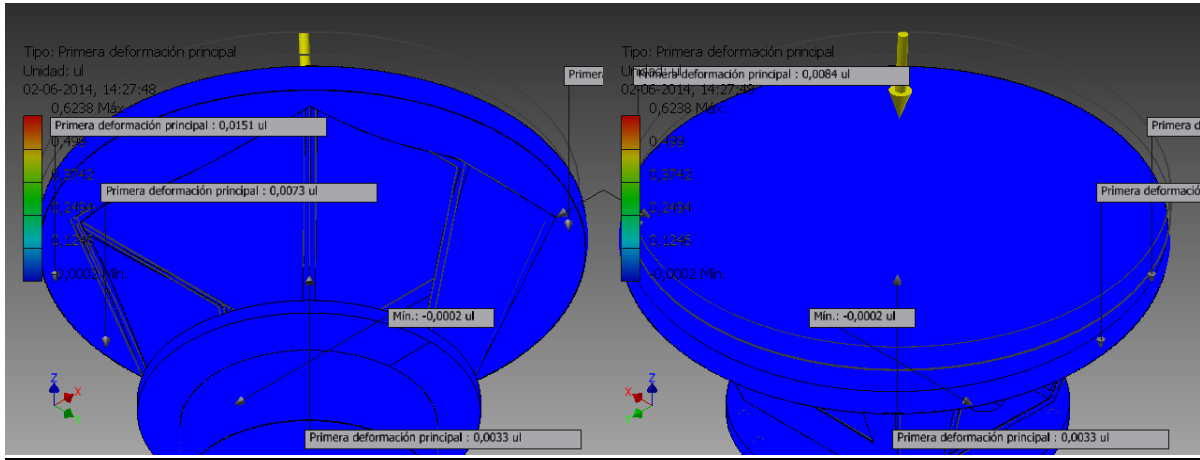
Desplazamiento Z



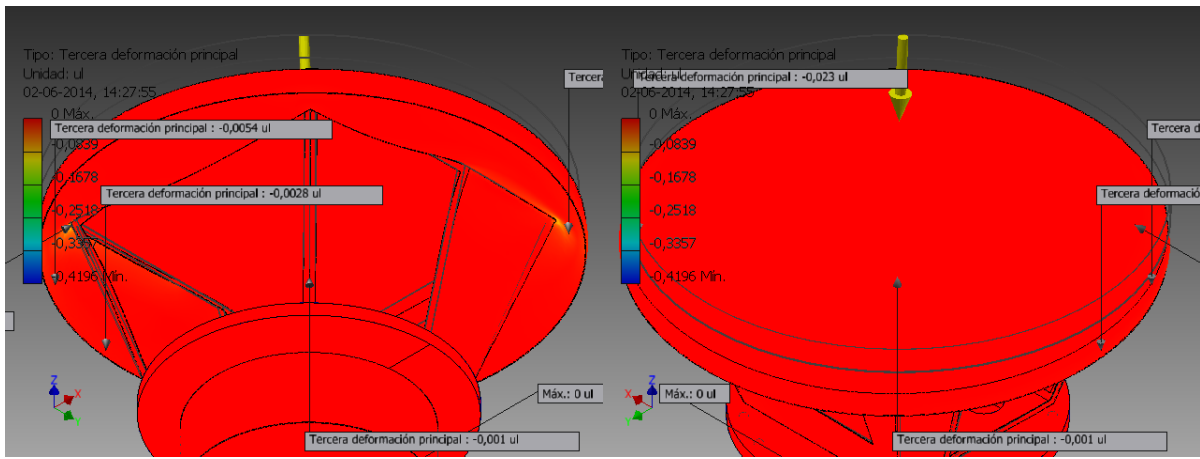
Deformación equivalente



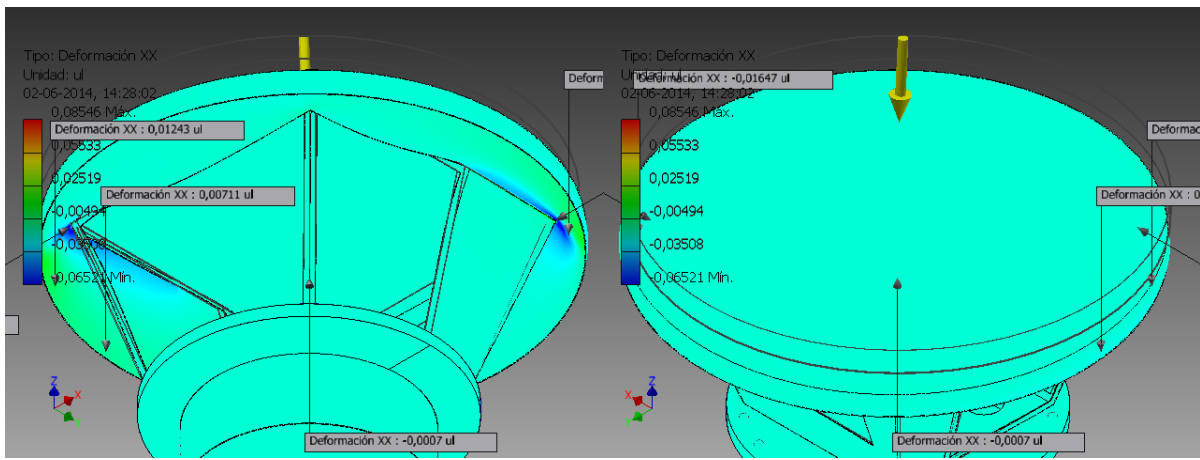
Primera deformación principal



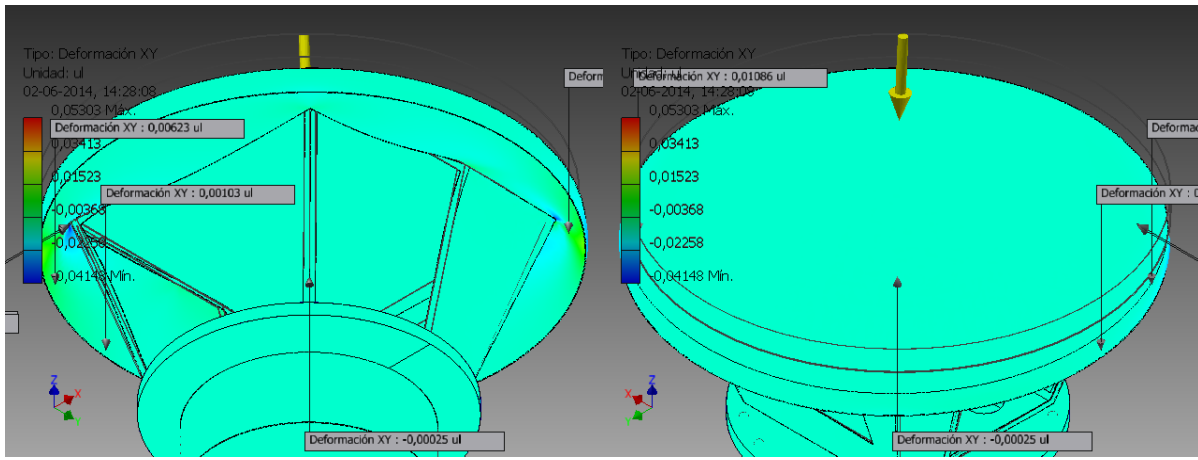
Tercera deformación principal



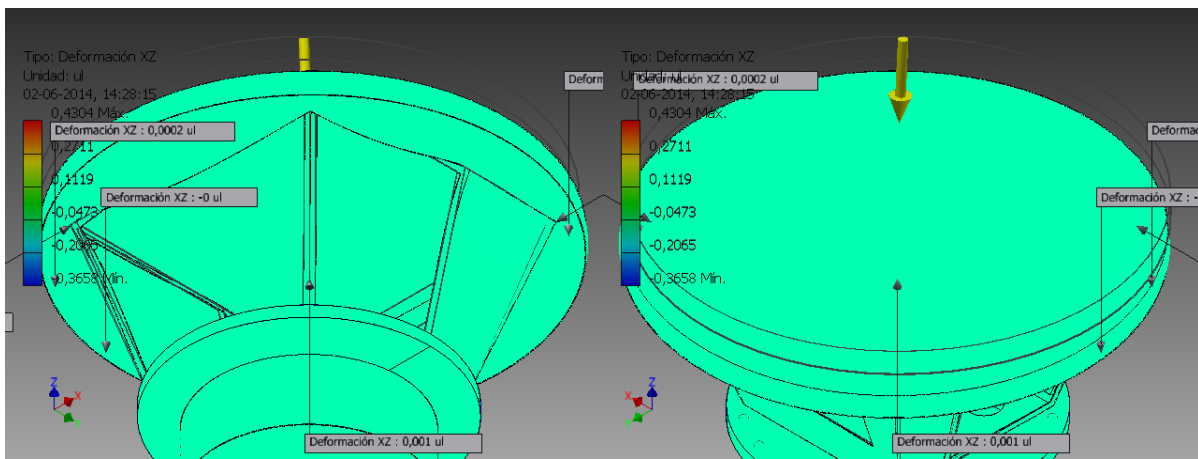
Deformación XX



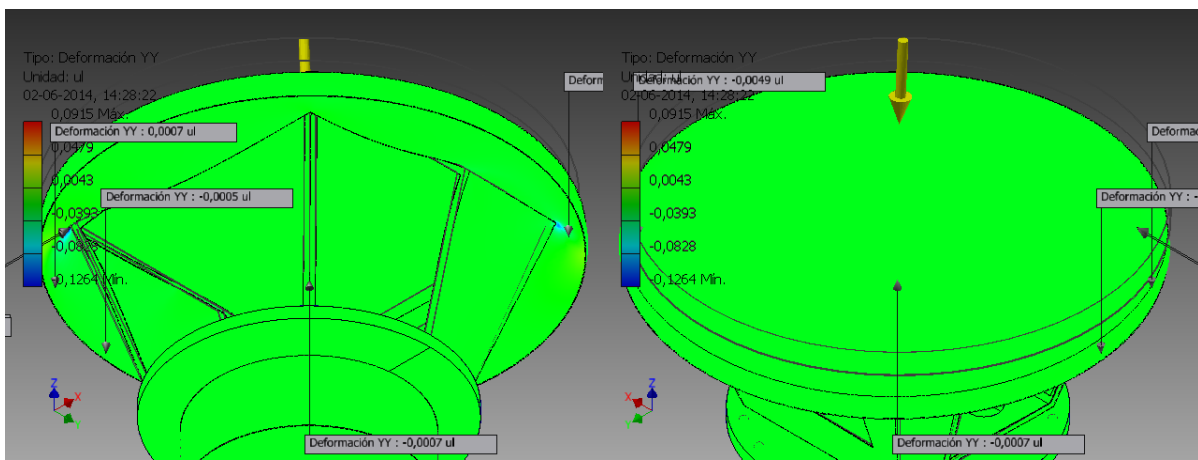
Deformación XY



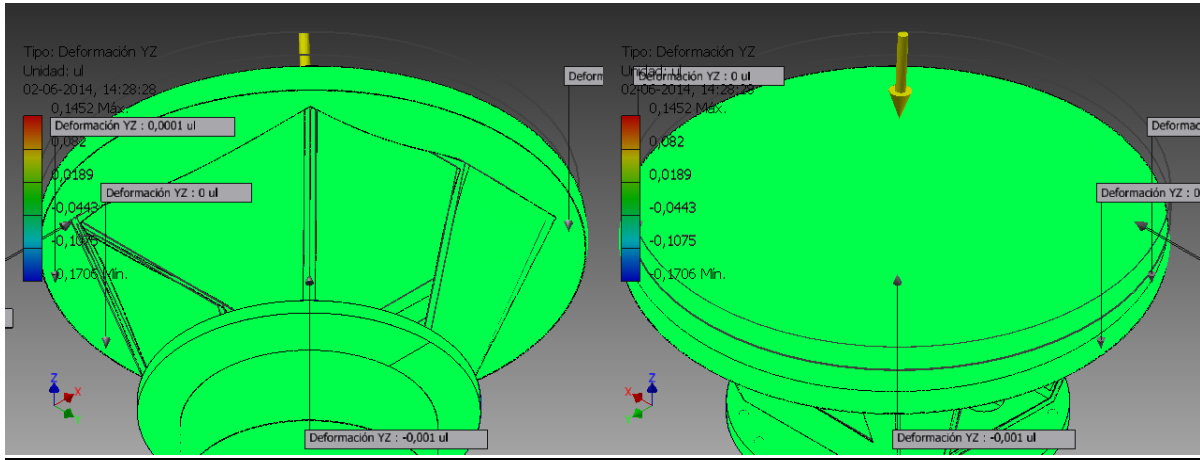
Deformación XZ



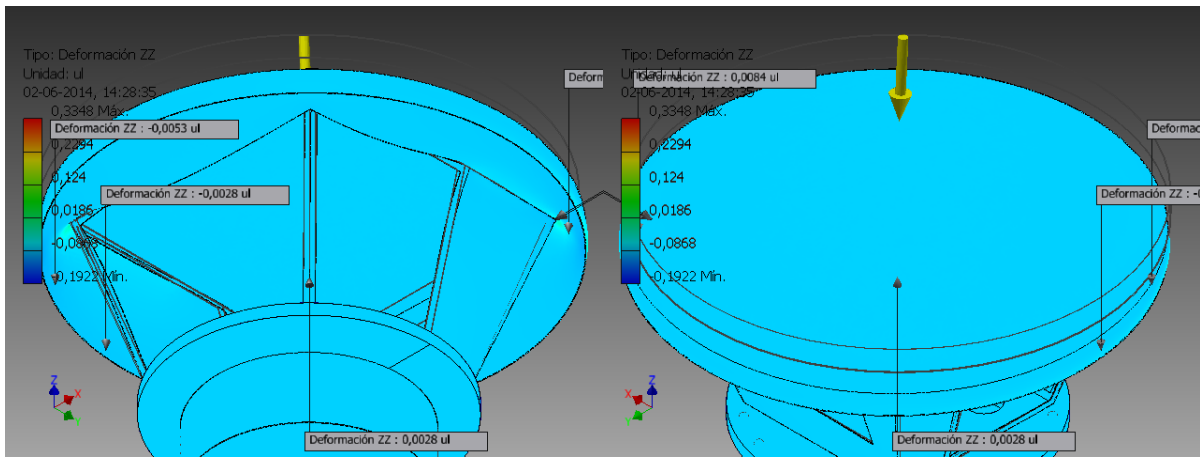
Deformación YY



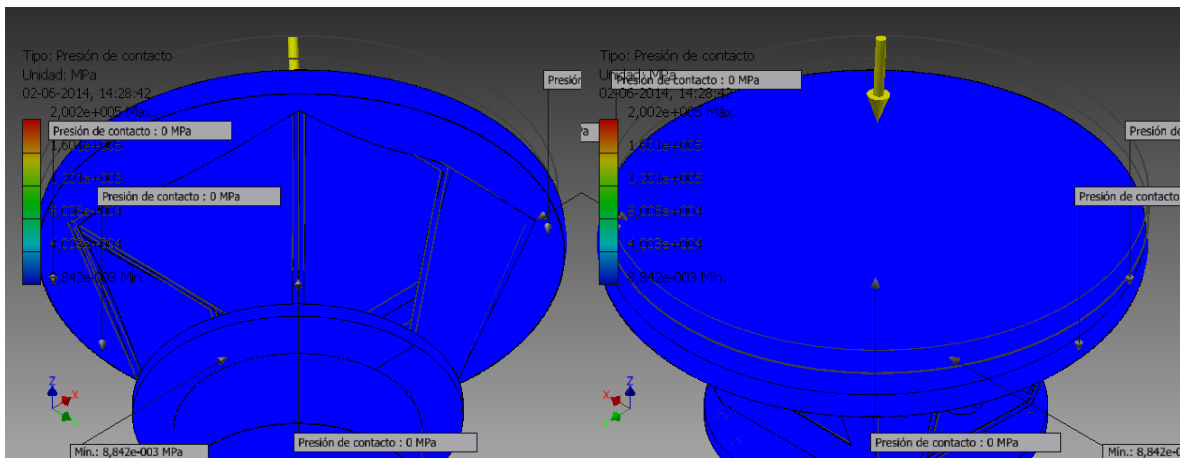
Deformación YZ



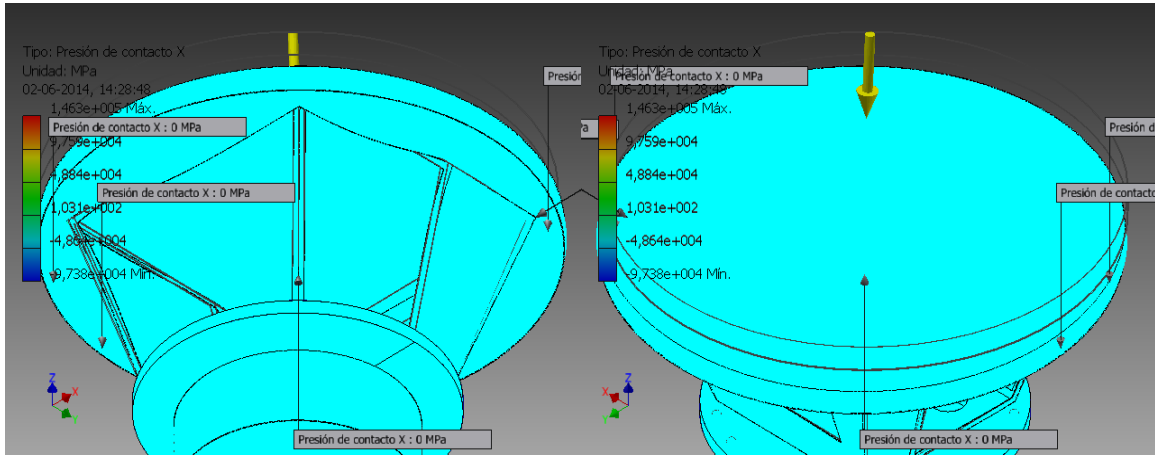
Deformación ZZ



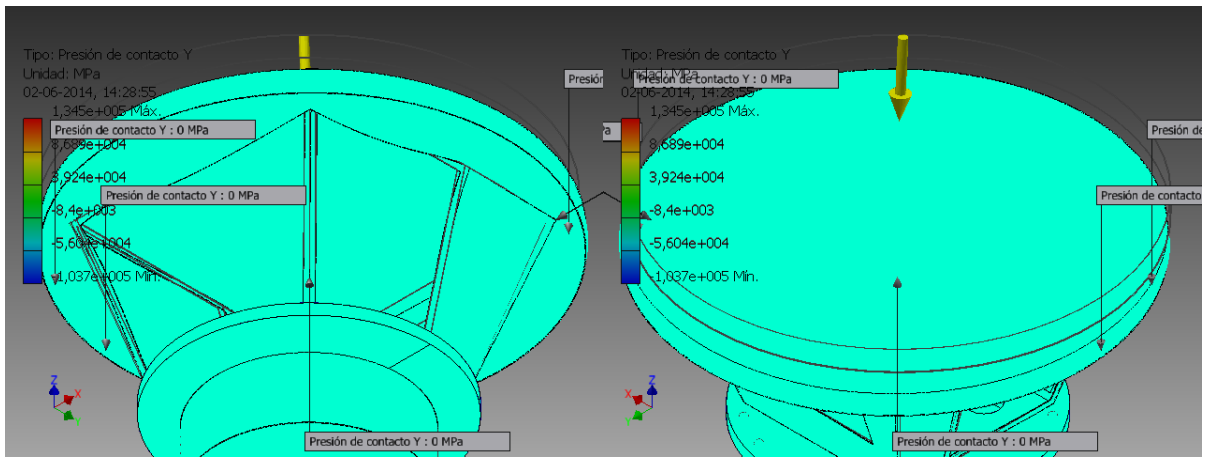
Presión de contacto



Presión de contacto X



Presión de contacto Y



Presión de contacto Z

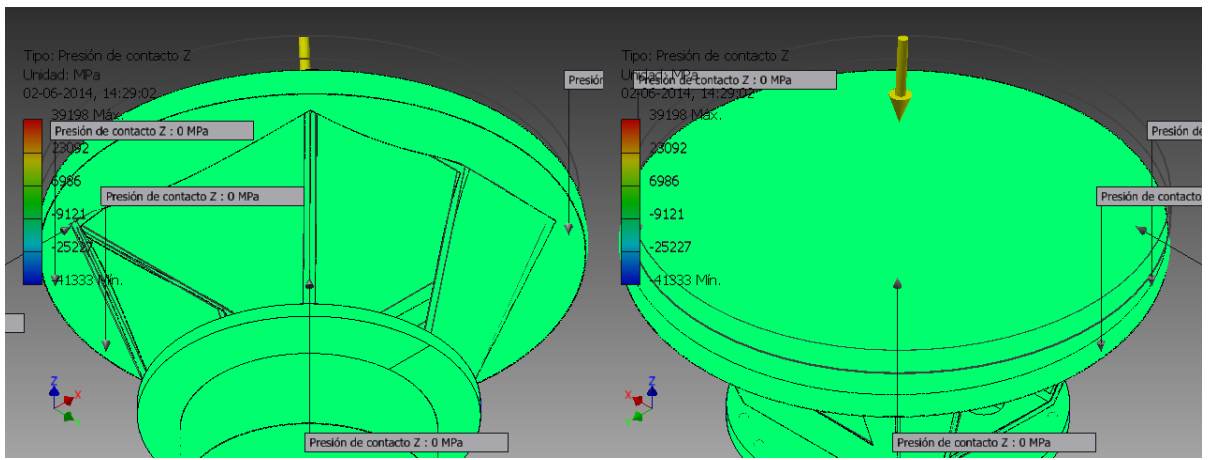


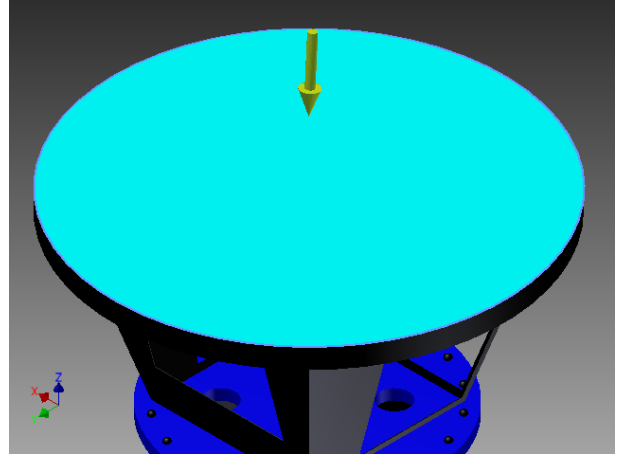
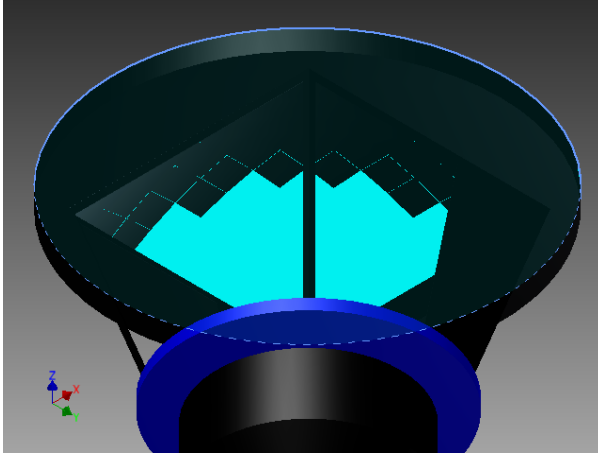
Tabla Polímeros (Kevlar 29 y Fibra de Carbono)

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	200541 mm ³	
Masa	0,286773 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	27304,6 MPa
Primera tensión principal	-6819,08 MPa	29602,5 MPa
Tercera tensión principal	-37904,3 MPa	6178,21 MPa
Desplazamiento	0 mm	5,432 mm
Coefficiente de seguridad	0,0109872 su	15 su
Tensión XX	-19058,6 MPa	12086,8 MPa
Tensión XY	-1103,28 MPa	1446,85 MPa
Tensión XZ	-15187 MPa	10373,9 MPa
Tensión YY	-17799,9 MPa	13386,2 MPa
Tensión YZ	-4313,19 MPa	4990,06 MPa
Tensión ZZ	-25663,6 MPa	22286,1 MPa
Desplazamiento X	-1,11389 mm	0,226476 mm
Desplazamiento Y	-0,0119024 mm	1,73818 mm
Desplazamiento Z	-5,20166 mm	0,927464 mm
Deformación equivalente	0 su	0,19639 su
Primera deformación principal	-0,000028139 su	0,169334 su
Tercera deformación principal	-0,212808 su	0 su
Deformación XX	-0,0164493 su	0,0235297 su

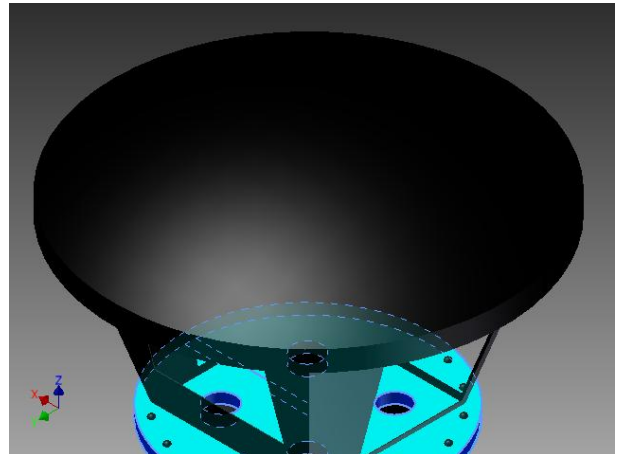
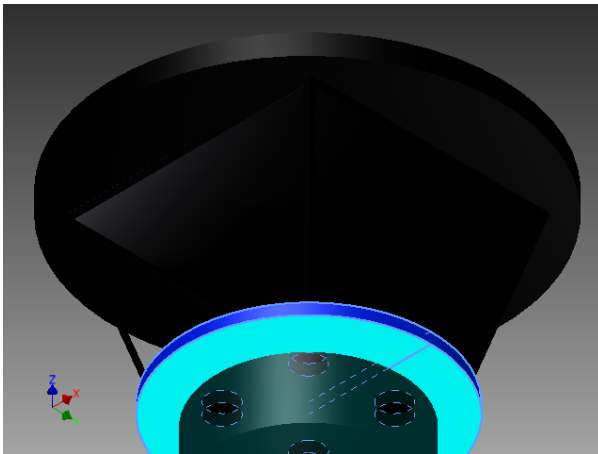
Deformación XY	-0,0115305 su	0,0151212 su
Deformación XZ	-0,158721 su	0,108419 su
Deformación YY	-0,034275 su	0,024582 su
Deformación YZ	-0,0450777 su	0,0521517 su
Deformación ZZ	-0,0848784 su	0,0928696 su
Presión de contacto	0 MPa	40662,5 MPa
Presión de contacto X	-20190,9 MPa	30277,1 MPa
Presión de contacto Y	-20048,7 MPa	26390,2 MPa
Presión de contacto Z	-9479,94 MPa	8101,56 MPa

Análisis fibra de carbono y kevlar 29

Condiciones de funcionamiento “fuerza 1”

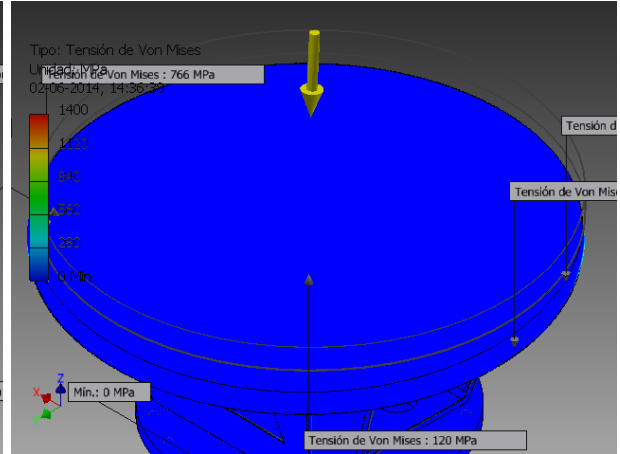
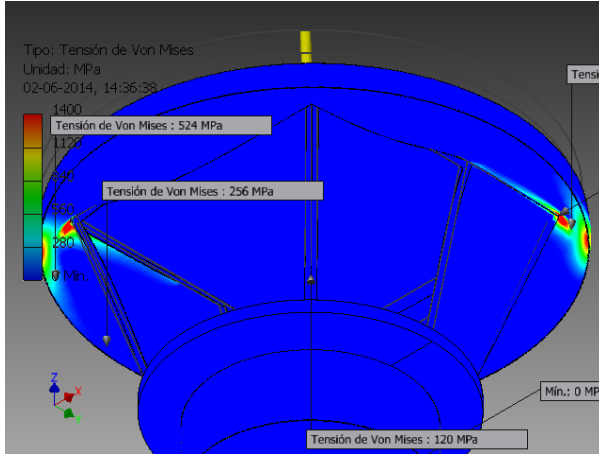


Restricción aplicada

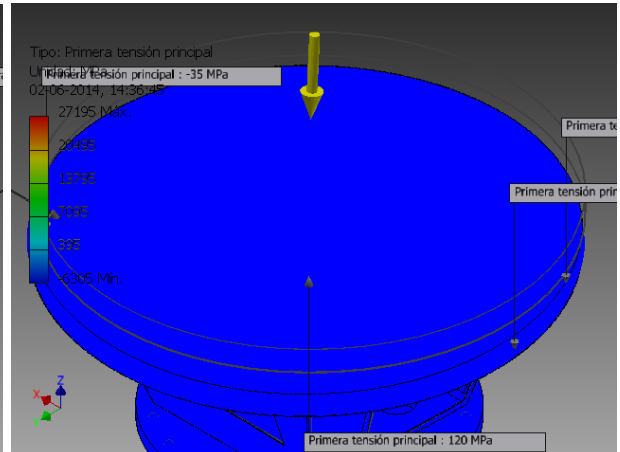
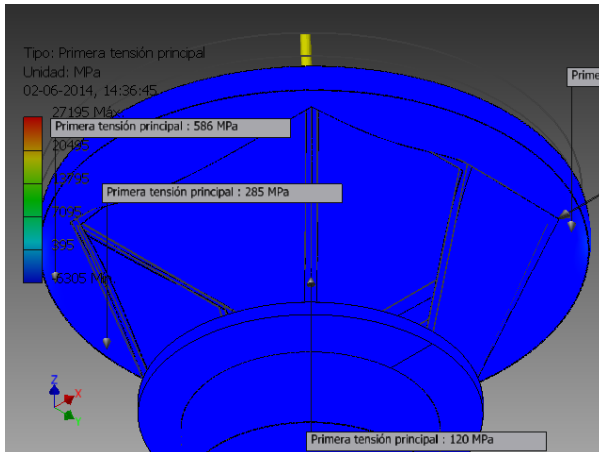


Desplazamiento y análisis

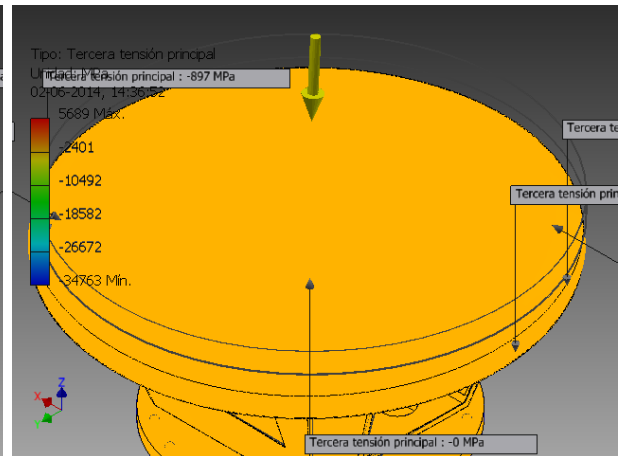
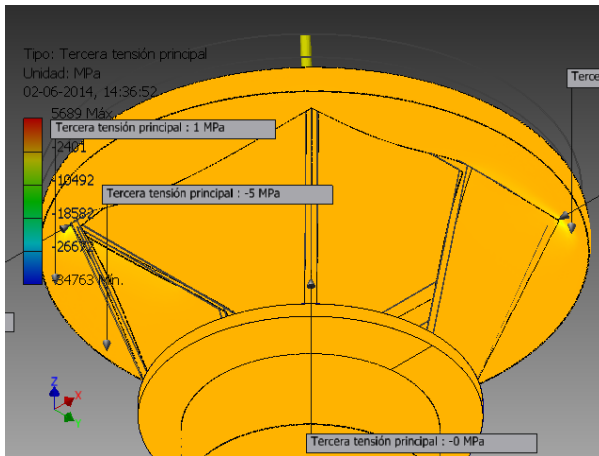
Tensión de Von Mises



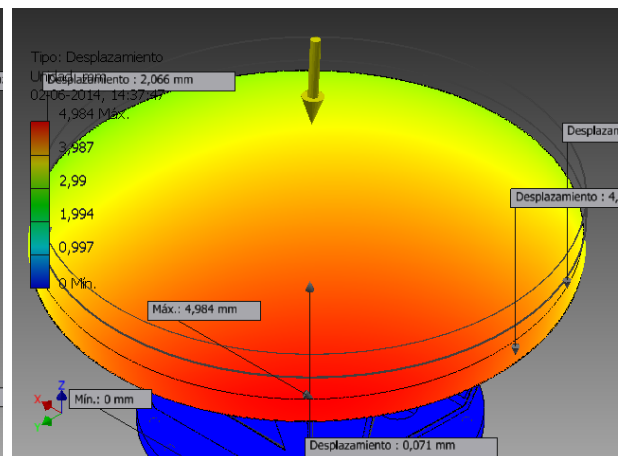
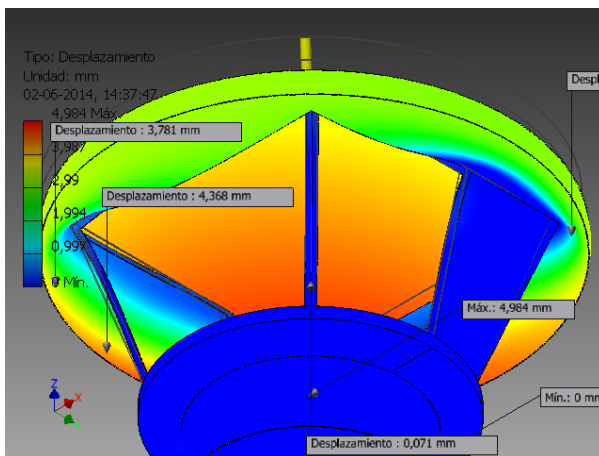
Primera tensión principal



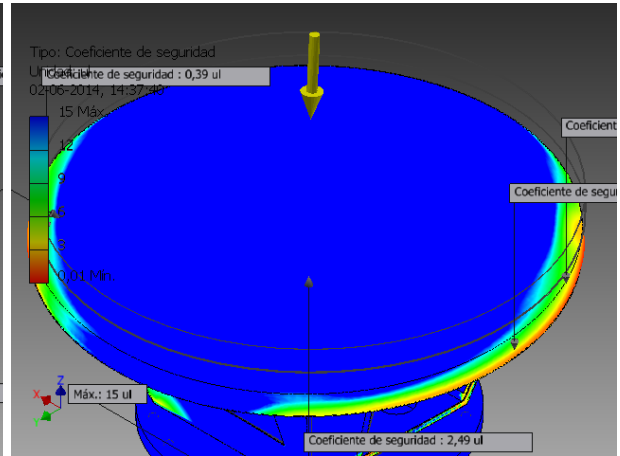
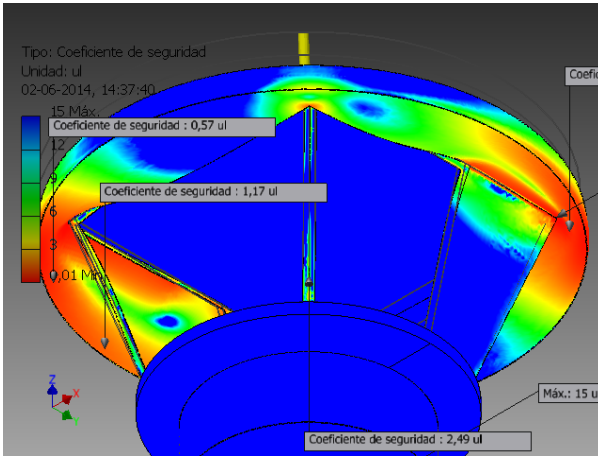
Tercera tensión principal



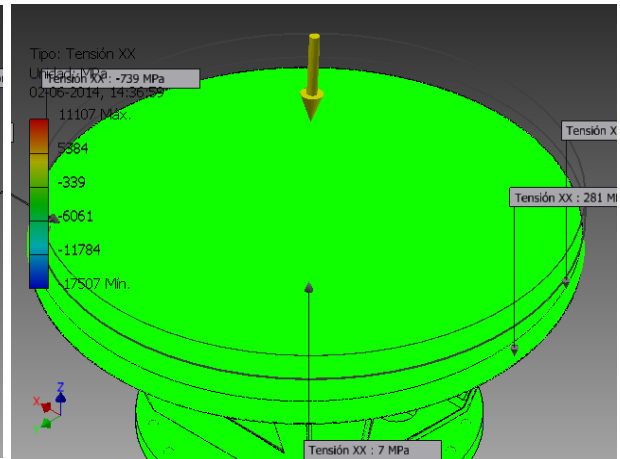
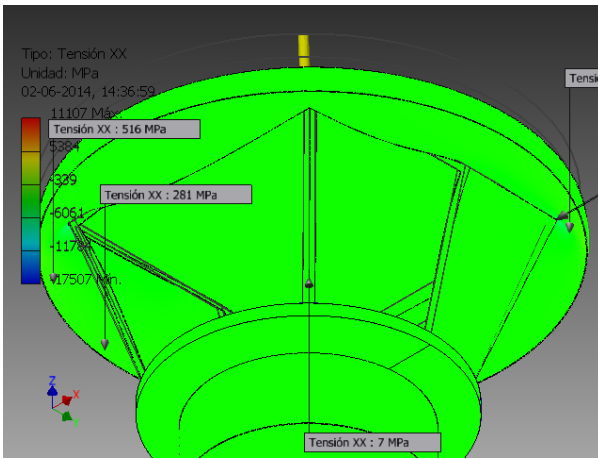
Desplazamiento



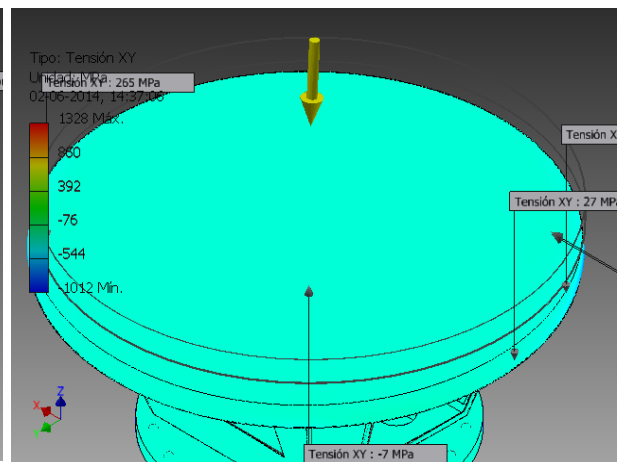
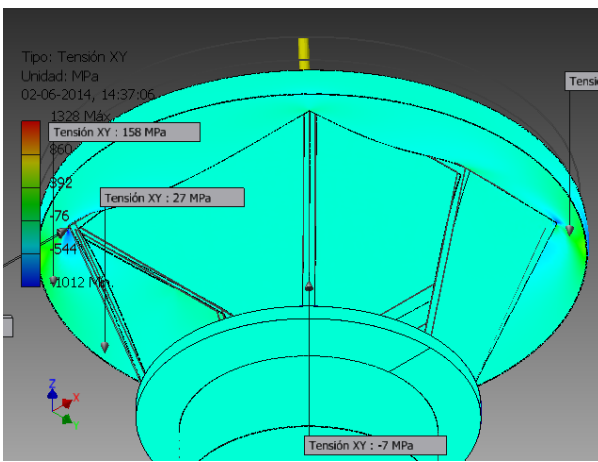
Coefficiente de seguridad



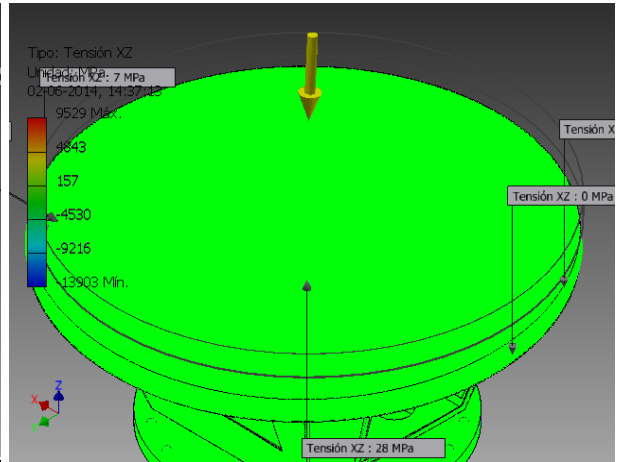
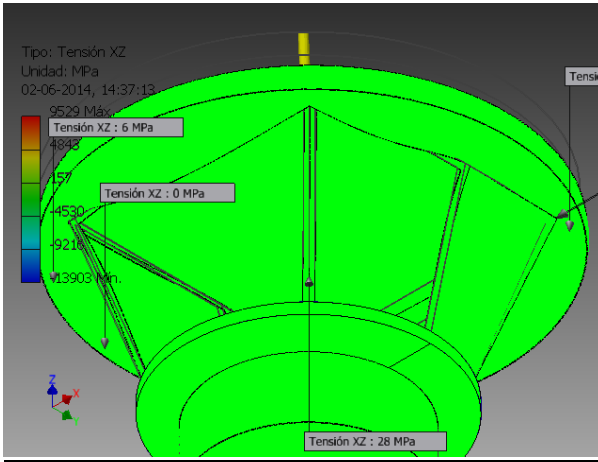
Tensión XX



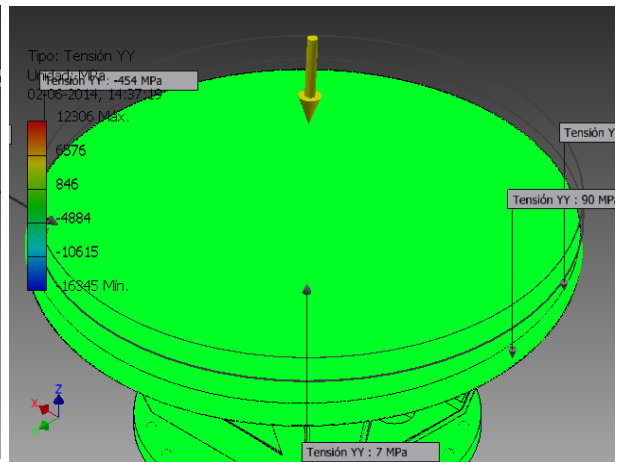
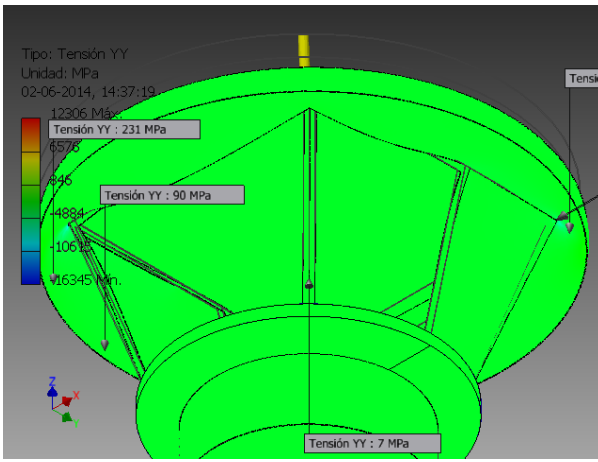
Tensión XY



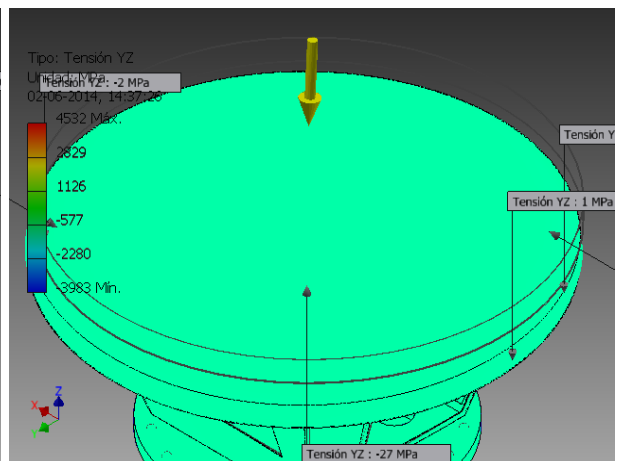
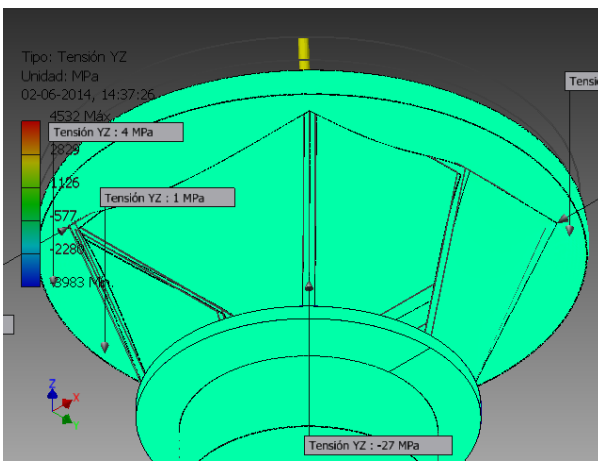
Tensión XZ



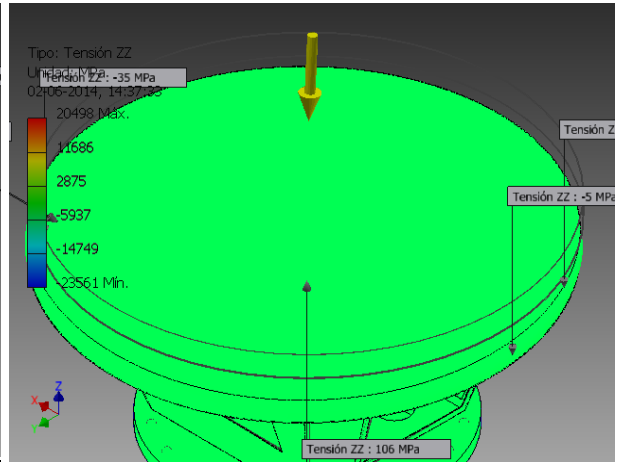
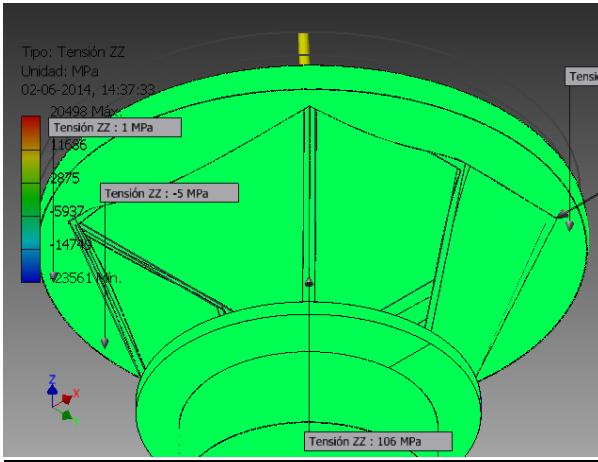
Tensión YY



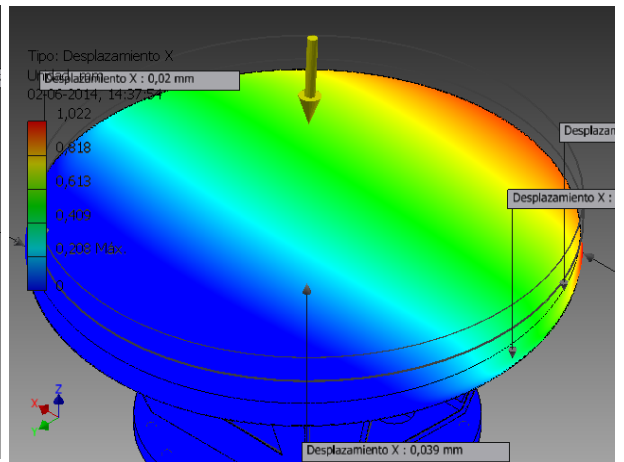
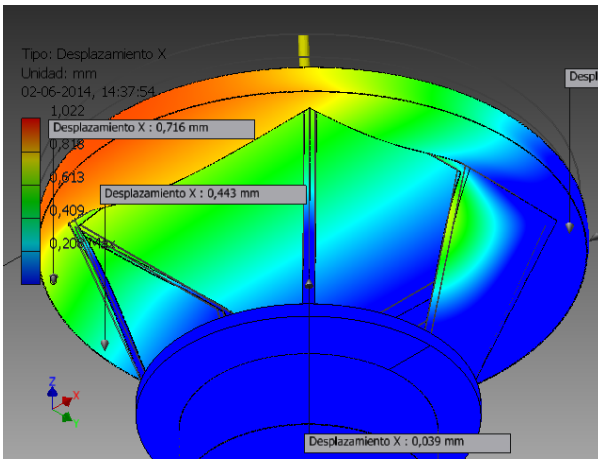
Tensión YZ



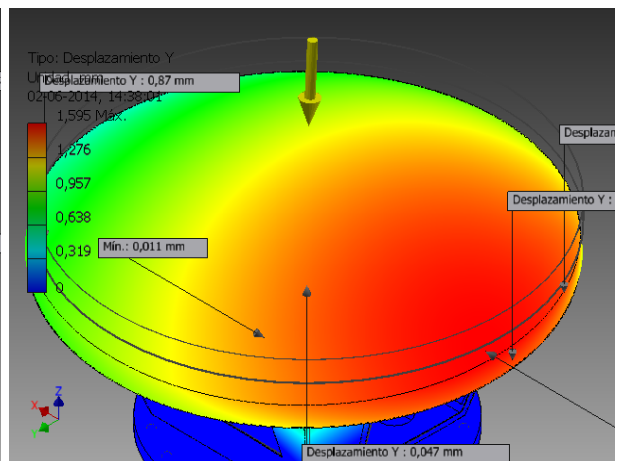
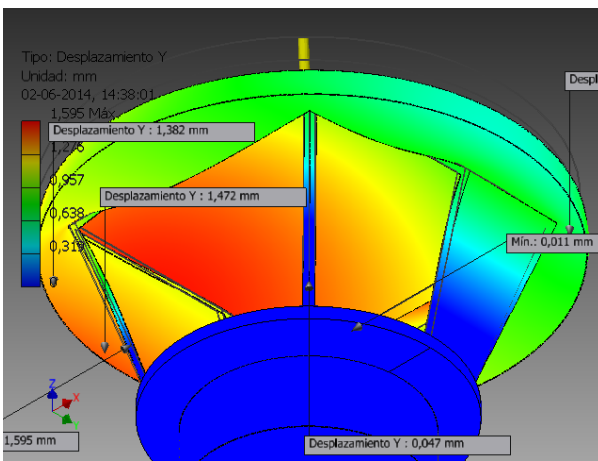
Tensión ZZ



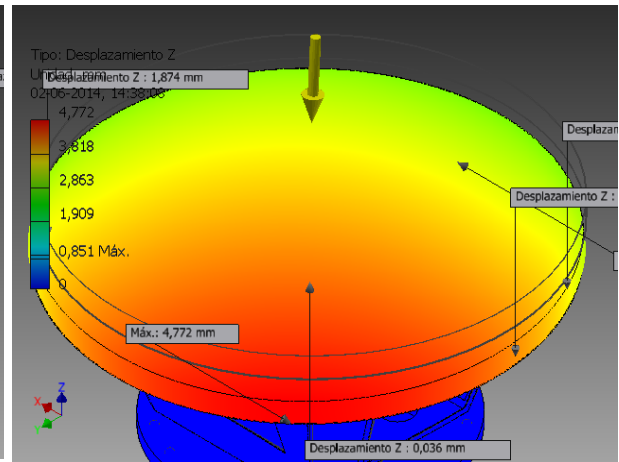
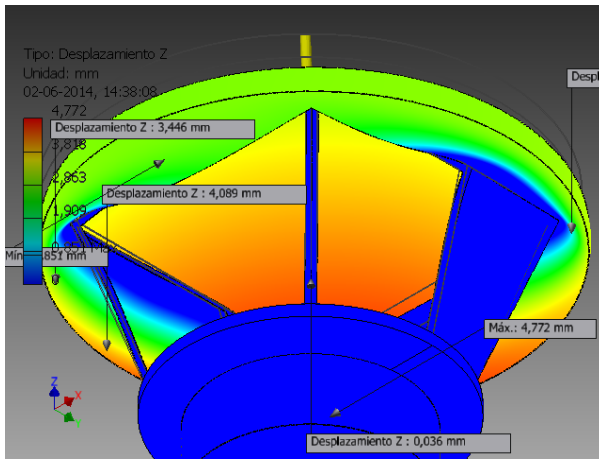
Desplazamiento X



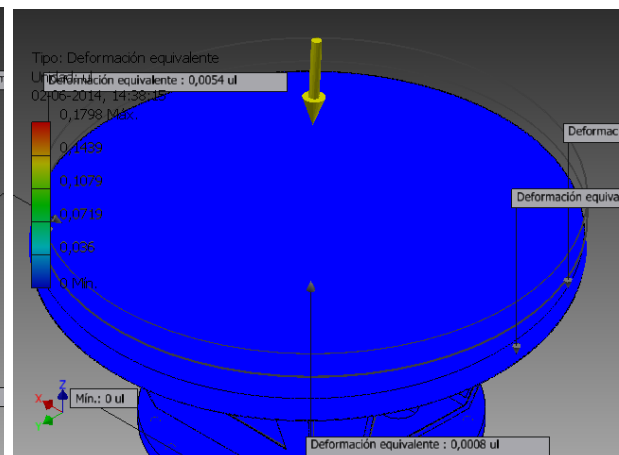
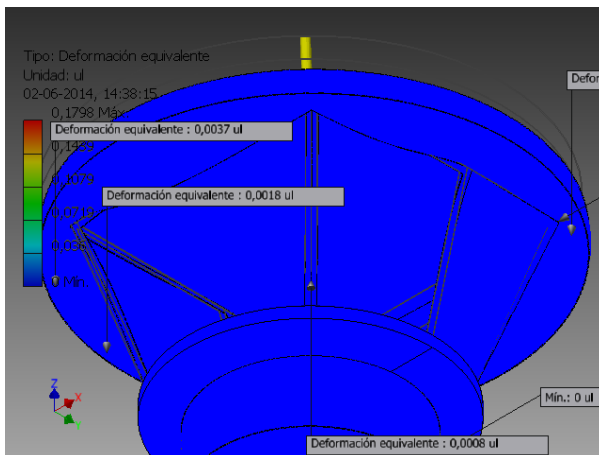
Desplazamiento Y



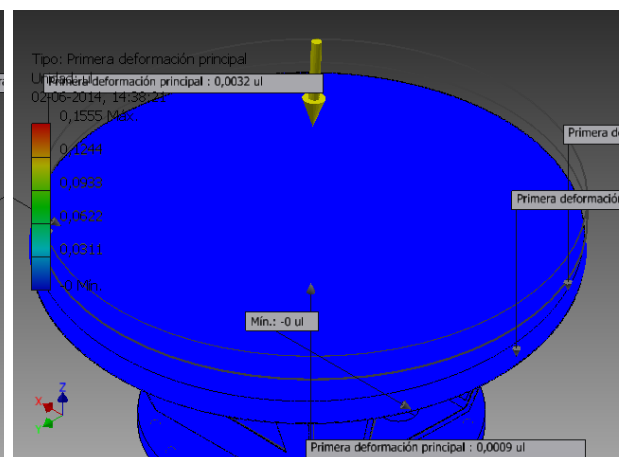
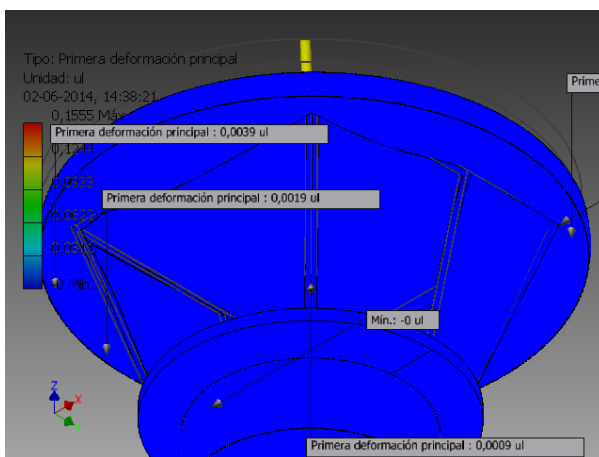
Desplazamiento Z



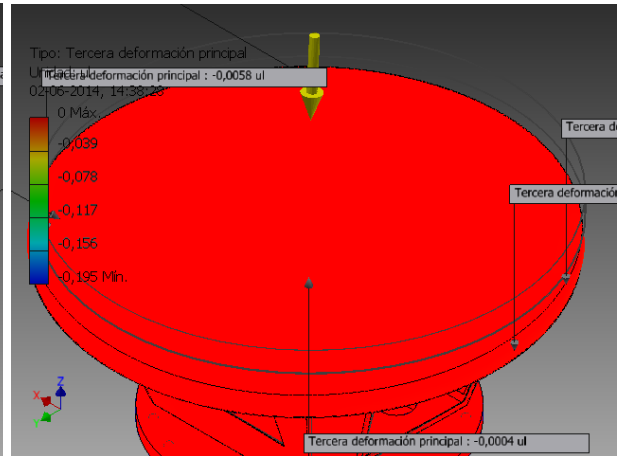
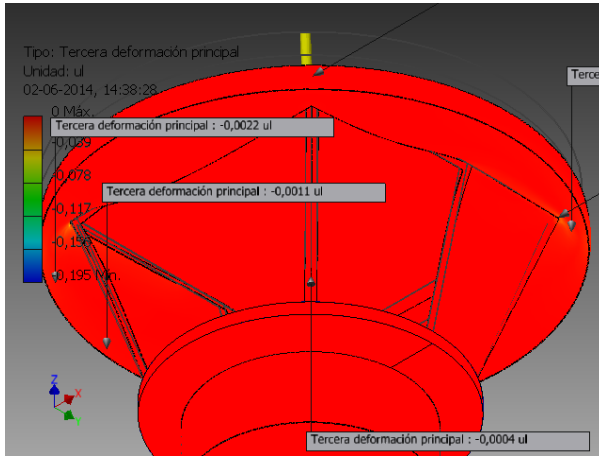
Deformación equivalente



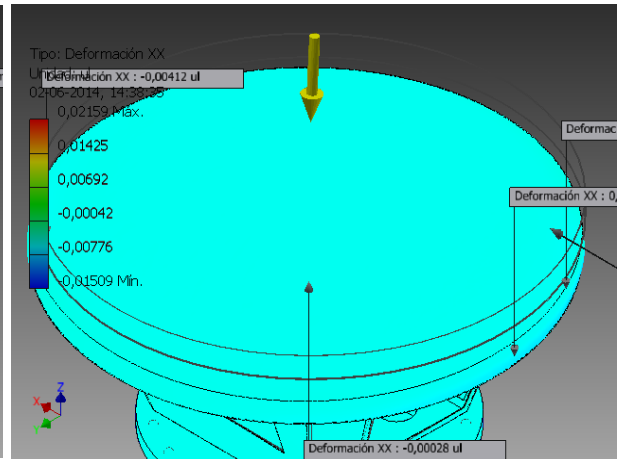
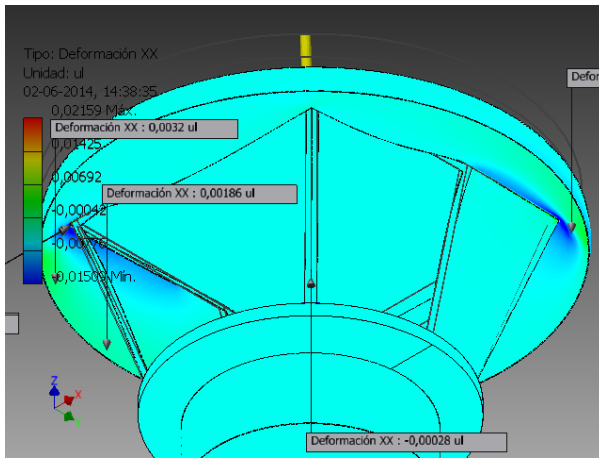
Primera deformación principal



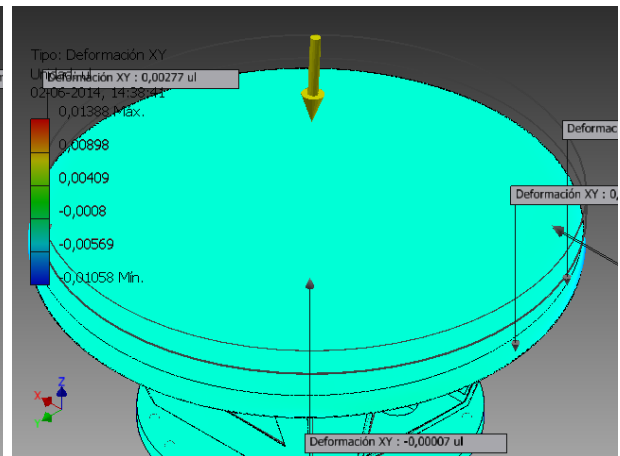
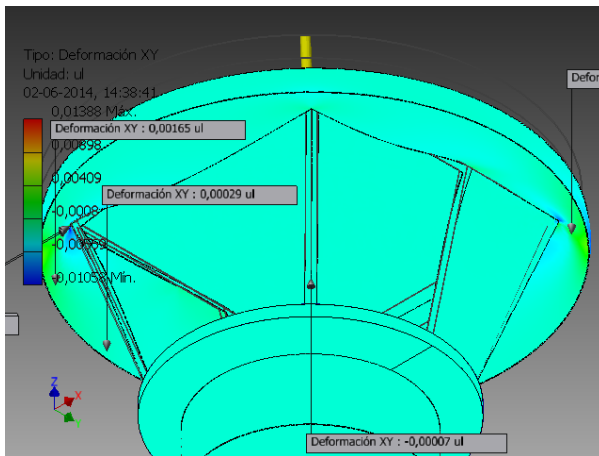
Tercera deformación principal



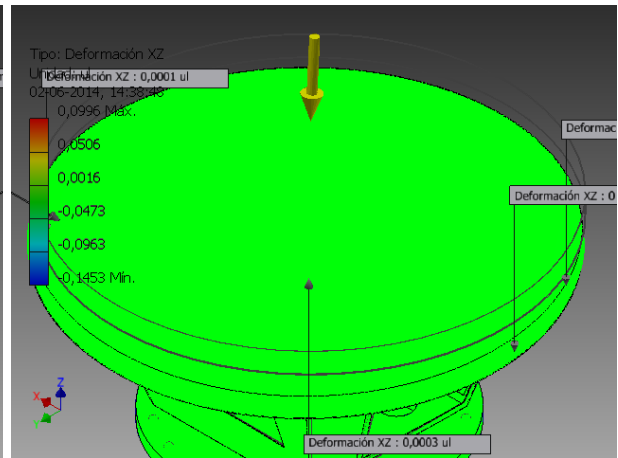
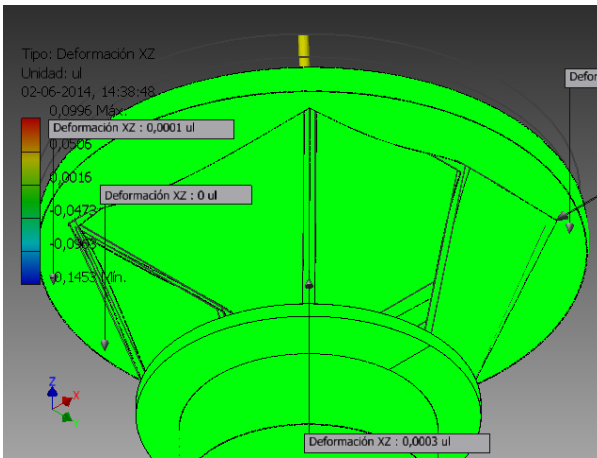
Deformación XX



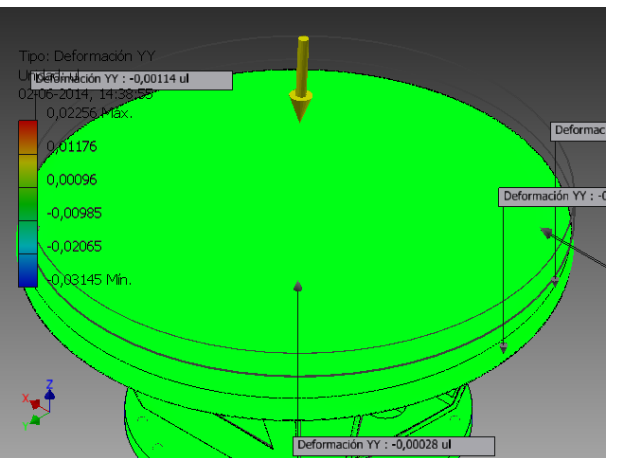
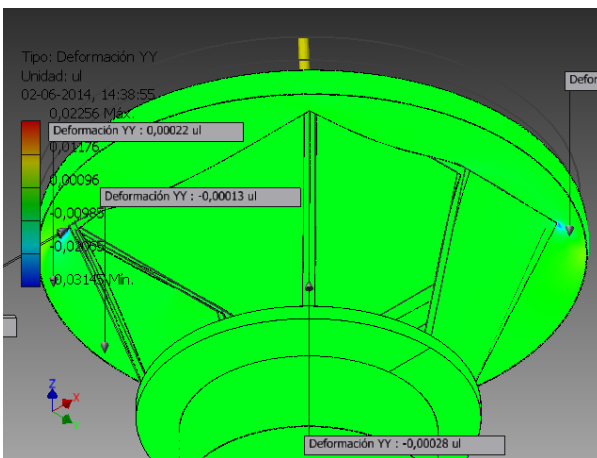
Deformación XY



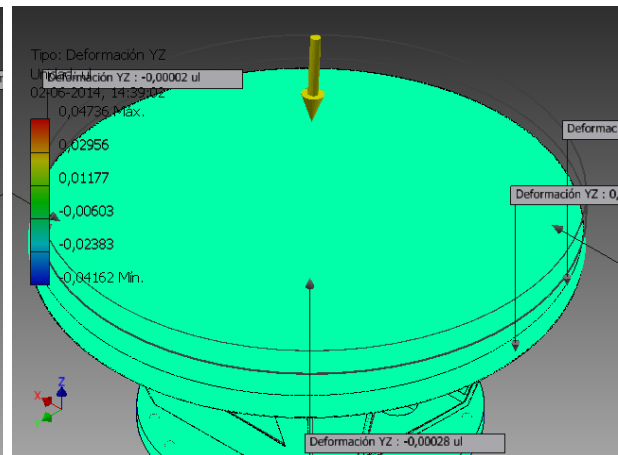
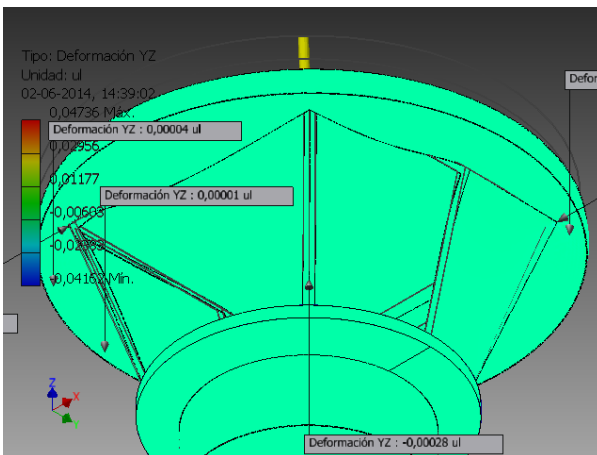
Deformación XZ



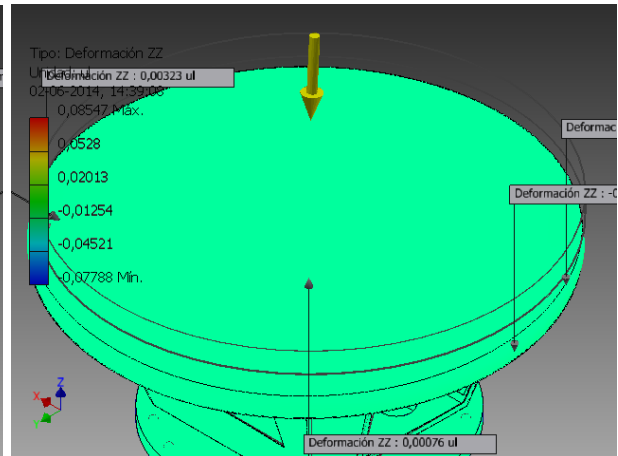
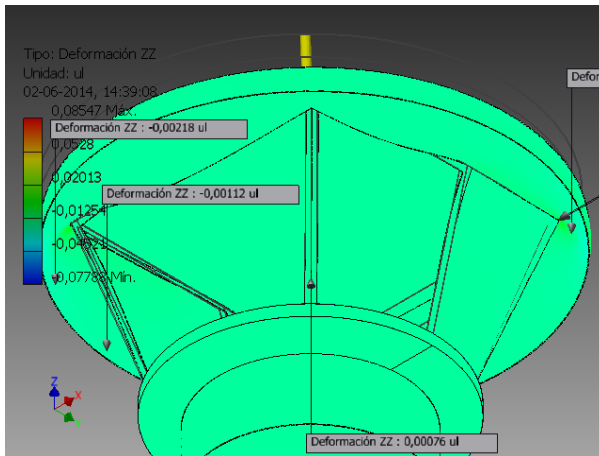
Deformación YY



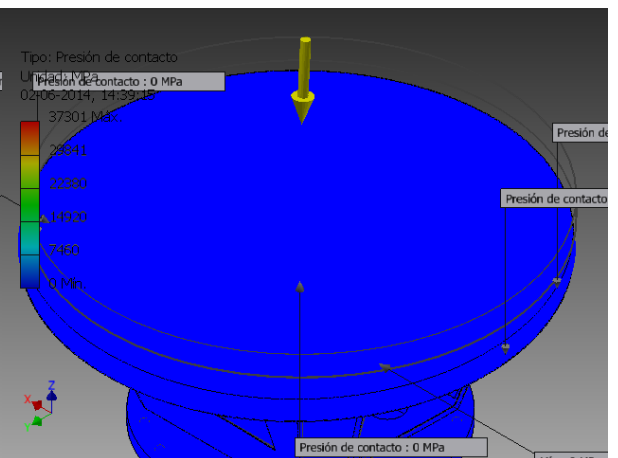
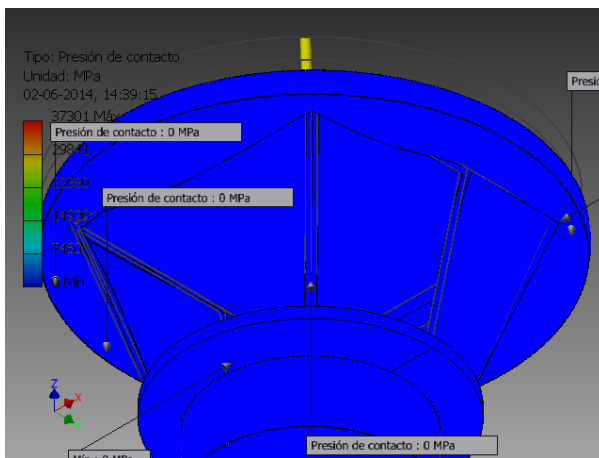
Deformación YZ



Deformación ZZ



Presión de contacto



Presión de contacto X

