

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO ERGONÓMICO DE UN DISPOSITIVO SOPORTE PARA MANTENIMIENTO DE CARCAZAS DE TURBO CARGADORES DE MOTORES A DIESEL CON DIÁMETRO HASTA 1000 mm

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

MAYRA ALEXANDRA YÁNEZ UNTUÑA

E-MAIL: minimayra_13@hotmail.com

LUIS ORLANDO CHILLAGANA TARAMUEL

E-MAIL: luis_orlando_es@hotmail.com

DIRECTOR: MSC. MARIO GRANJA

mario.granja@epn.edu.ec

Quito, Julio 2015

DECLARACIÓN

Nosotros, LUIS ORLANDO CHILLAGANA TARAMUEL y MAYRA ALEXANDRA YÁNEZ UNTUÑA, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en el documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente

Luis Orlando Chillagana Taramuel

Mayra Alexandra Yáñez Untuña

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado por Luis Orlando Chillagana Taramuel y Mayra Alexandra Yáñez Untuña, bajo nuestra supervisión.

Msc. Mario Granja

DIRECTOR DEL PROYECTO

Msc. Jorge Escobar

COORDIRECTOR

AGRADECIMIENTO

A Dios y a la Santísima Virgen de las Lajas por brindarme la fe, la fortaleza, la salud y la perseverancia necesaria para lograr los objetivos que me he propuesto en el transcurso de la vida.

A mis padres Luis y Lastenia, que gracias a su amor, guía, apoyo y a sus enseñanzas, he logrado conseguir este objetivo tan anhelado. Me han enseñado a encarar los desafíos con persistencia, honestidad y alegría.

A mis maestros y profesores ya que con su paciencia, motivación y orientación han contribuido en mi formación profesional.

Finalmente a mis amigos que me brindaron su ayuda, su atención, su apoyo y por sobre toda las cosas, su amistad.

Luis Orlando

A Dios por su infinita bondad y amor, por guiar cada paso de mi vida, por permitirme llegar hasta este momento y hacer realidad mi sueño anhelado.

A mi familia, pilar fundamental de mi vida: sin su apoyo, sacrificio y amor nada de esto fuese posible. ¡Gracias! por nunca dejar de creer en mí.

A la Escuela Politécnica Nacional y a la Gloriosa Facultad de Ingeniería Mecánica por regalarme los momentos más gratos de la etapa que culmina, que para mí será la mejor.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida a las que me encantaría agradecerles, su amistad, apoyo, ánimo y compañía, mil gracias Viviana, Andrea, Salomé, Danny y Alejandra.

Mayra

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi amada madre Lastenia, quien con su amor, educación, y apoyo, hizo y hace de mí una persona responsable, honesta y perseverante para afrontar cada etapa de la vida.

A mi padre Luis, que con su apoyo incondicional y ejemplo me impulso para alcanzar este gran objetivo.

A mi hermano Cristian, por llenar de alegría y júbilo cada rincón de mi corazón, con juegos, risas y burlas, eso hace que nunca me desmaye en el deseo de ser un ejemplo a seguir de Él.

Y a cada una de las personas que han estado presentes en cada etapa de mi vida, a mis amigos, mis compañeros y profesores.

Luis Orlando

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que son mi razón de vivir, que sacrificaron todo en la vida para que yo pudiera alcanzar este objetivo, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, este triunfo es nuestro para ustedes papi y mami!

A mi hermana Katia, tú eres y serás el motivo fundamental para superarme cada día más. Te quiero mucho ñaña.

Mayra

CONTENIDO

Contenido

| | |
|---|------|
| DECLARACIÓN | II |
| CERTIFICACIÓN | III |
| AGRADECIMIENTO..... | IV |
| DEDICATORIA..... | V |
| CONTENIDO..... | VI |
| INDICE DE TABLAS | IX |
| INDICE DE FIGURAS | XI |
| LISTADO DE ANEXOS | XV |
| RESUMEN | XVII |
| PRESENTACION..... | XIX |
| CAPÍTULO 1 | 1 |
| ESTUDIO ERGONÓMICO PARA EL DISEÑO DE UTILLAJES PARA EL MANTENIMIENTO DE CARACAZAS DE TURBO CARGADORES..... | 1 |
| 1.1 ERGONOMÍA | 1 |
| 1.1.1 RESEÑA HISTÓRICA..... | 2 |
| 1.1.2 DISEÑO ERGONÓMICO | 3 |
| 1.1.3 EJEMPLOS DE DISEÑO ERGONÓMICO: | 4 |
| 1.1.4 IMPORTANCIA DEL DISEÑO ERGONÓMICO | 11 |
| 1.1.5 CRITERIOS DE DISEÑO | 11 |
| 1.1.6 DISEÑO DIMENCIONAL..... | 12 |
| 1.1.7 ALTURA PROMEDIO DE UNA PERSONA EN ECUADOR..... | 13 |
| 1.2 UTILLAJES | 13 |
| 1.2.1 FINALIDAD DE LOS UTILLAJES..... | 14 |
| 1.3 TURBO CARGADOR..... | 15 |
| 1.3.1 OBJETIVO Y FINALIDAD DE LOS TURBO CARGADORES | 16 |
| 1.3.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS | 16 |
| 1.3.3 MANTENIMIENTO | 17 |

| | |
|---|----|
| 1.3.5 COMPONENTES DE UN SISTEMA TURBOCARGADO | 19 |
| 1.3.6 FUNCIONAMIENTO..... | 20 |
| 1.3.7 CLASIFICACIÓN BÁSICA DE LOS TURBO CARGADORES Y COMPARACIÓN DE USO ENTRES ESTOS GRUPOS..... | 22 |
| 1.3.8 DIAGNÓSTICO DE FALLAS | 24 |
| CAPITULO II | 26 |
| PREFACTIBILIDAD..... | 26 |
| 2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA | 26 |
| 2.1.1 SITUACION ACTUAL..... | 26 |
| 2.1.2 SITUACION FUTURA | 26 |
| 2.2 RESTRICCIONES Y LIMITACIONES..... | 27 |
| 2.3 ESPECIFICACIONES..... | 29 |
| 2.3.1 PARAMETROS FUNCIONALES..... | 30 |
| 2.3.2 NORMA QUE RIGUE EL DISEÑO ERGONOMICO..... | 31 |
| 2.3.3 AMBIENTE TIPO DE TRABAJO Y VIDA UTIL..... | 31 |
| 2.3.4 MATERIAL Y PROCESO DE FABRICACIÓN..... | 32 |
| CAPITULO III | 33 |
| FACTIBILIDAD..... | 33 |
| 3.1 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS | 33 |
| 3.1.1 SISTEMA SUJECIÓN DE LAS CARCAZAS | 33 |
| 3.1.2 SISTEMA DE GIRO DE LAS CARCAZAS | 36 |
| 3.1.3 SISTEMA DE REGULACIÓN DE DIÁMETRO DE CARCAZAS..... | 38 |
| 3.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS | 40 |
| 3.2.1 JUSTIFICACIÓN DE FACTORES PARA LA SELECCIÓN | 40 |
| 3.2.2 SISTEMA DE SUJECIÓN DE LA CARCAZA | 42 |
| 3.2.3 SISTEMA DE GIRO DE LA CARCAZA | 43 |
| 3.2.4 SISTEMA DE REGULACION DEL DIAMETRO DE LA CARCAZA..... | 44 |
| 3.3 PROTOCOLO DE PRUEBAS..... | 44 |
| CAPITULO IV | 46 |
| DISEÑO DEL DISPOSITIVO SOPORTE | 46 |
| 4.1 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES Y PARAMETROS DE DISEÑO..... | 46 |

| | |
|--|-----|
| 4.2 APLICACIÓN DEL SOFTWARE SAP 2000 | 47 |
| 4.2.1 ENTORNO DE TRABAJO DEL PROGRAMA SAP 2000 | 48 |
| 4.3 CALCULO DIMENSIONAMIENTO Y SELECCION DE ELEMENTOS. | 50 |
| 4.3.1 SISTEMA ESTRUCTURAL | 50 |
| 4.3.2 SISTEMA DE SUJECION DE LAS CARCAZAS | 66 |
| 4.3.3 SISTEMA DE GIRO DE LAS CARCAZAS | 71 |
| 4.3.4 SISTEMA DE REGULACIÓN PARA EL RANGO DE DIÁMETRO DE CARCAZA A SER MANIPULADA | 87 |
| CAPITULO V | 97 |
| CONSTRUCCION, MONTAJE, SIMULACION Y MANTENIMIENTO | 97 |
| 5.1 CONSTRUCCION | 97 |
| 5.1.2 MÁQUINAS HERRAMIENTAS Y HERRAMIENTAS | 97 |
| 5.2 MONTAJE Y MANTENIMIENTO | 100 |
| 5.3 SIMULACION | 100 |
| CAPITULO VI | 102 |
| ANALISIS DE COSTOS | 102 |
| 6.1 COSTOS DEL PROTOTIPO | 102 |
| 6.2 COSTOS DE MATERIALES | 103 |
| 6.3 COSTOS DE ELMENTOS NORMALIZADOS | 104 |
| 6.4 COSTOS DE MAQUINADO | 105 |
| 6.5 COSTO DE MANO DE OBRA | 106 |
| 6.6 COSTO DE DISEÑO | 106 |
| 6.7 IMPREVISTOS | 106 |
| 6.8 COSTOS TOTALES | 107 |
| CONCLUSIONES | 108 |
| RECOMENDACIONES | 109 |
| BIBLIOGRAFIA | 110 |
| LIBROS CONSULTADOS | 110 |
| TESIS CONSULTADAS | 111 |
| ENLACES WEB | 111 |
| ANEXOS | 112 |

INDICE DE TABLAS

CAPITULO I

ESTUDIO ERGONOMICO PARA EL DISEÑO DE UTILLAJES PARA EL MANTENIMIENTO DE CARACAZAS DE TURBO CARGADORES

Tabla 1. 1: Responsabilidad de materia de prevención de riesgos 3

Tabla 1. 2: Tipos de utillaje..... 14

CAPITULO II

PREFACTIBILIDAD

Figura 2. 1: Carcaza central que soporta el dispositivo de mantenimiento 27

Figura 2. 2: Dimensiones de la carcaza del turbo cargador 28

Figura 2. 3: Dimensiones agujeros soporte del turbo cargador 28

CAPITULO III

FACTIBILIDAD

Tabla 3. 1: Valoración de criterios para la selección de alternativas41

Tabla 3. 2 Valoración de alternativas para el sistema de sujeción de la carcaza 42

Tabla 3. 3 Valoración de alternativas para el sistema de giro de la carcaza 43

Tabla 3. 4 Valoración de alternativas para el sistema de regulación del diámetro 44

CAPITULO IV

DISEÑO DEL DISPOSITIVO SOPORTE

Tabla 4. 1 Propiedades mecánicas acero ASTM A-36 56

Tabla 4. 2 Propiedades flexionantes de la soldadura 82

CAPITULO VI**ANALISIS DE COSTOS**

| | |
|--|-----|
| Tabla 6. 1. Lista de precio de los materiales | 103 |
| Tabla 6. 2 Lista de precios de elementos normalizados..... | 104 |
| Tabla 6. 3 Costos de maquinado..... | 105 |
| Tabla 6. 4 Costos de mano de obra | 106 |
| Tabla 6. 5 Costos Totales | 107 |

INDICE DE FIGURAS

CAPITULO I

ESTUDIO ERGONOMICO PARA EL DISEÑO DE UTILLAJES PARA EL MANTENIMIENTO DE CARACAZAS DE TURBO CARGADORES

| | |
|--|----|
| Figura 1. 1: Espaldares de automóviles antiguos vs actuales | 5 |
| Figura 1. 2: Diversos martillos con diseño ergonómico. | 6 |
| Figura 1. 3: Características de esferos para diestros y zurdos..... | 7 |
| Figura 1. 4: Tijeras para zurdos..... | 7 |
| Figura 1. 5: Altura de bancada superior al operador | 8 |
| Figura 1. 6: Altura de bancada de acuerdo al operador | 9 |
| Figura 1. 7: Altura inferior de la mesa con respecto al operador | 10 |
| Figura 1. 8: Altura correcta de la mesa de acuerdo al operador..... | 10 |
| Figura 1. 9: Altura correcta de la mesa para un operador de menor estatura | 11 |
| Figura 1. 10: Turbo cargador..... | 15 |
| Figura 1. 11: Ejemplo de un turbo cargador | 16 |
| Figura 1. 12: Despiece del turbo cargador | 18 |
| Figura 1. 13 Carcaza central que soporta el dispositivo de mantenimiento | 19 |
| Figura 1. 14: Sistema Turbo cargado | 20 |
| Figura 1. 15: Funcionamiento del turbo cargador..... | 21 |
| Figura 1. 16: Tipos de turbo cargadores | 22 |

CAPITULO II

PREFACTIBILIDAD

| | |
|---|----|
| Figura 2. 1: Carcaza central que soporta el dispositivo de mantenimiento..... | 27 |
| Figura 2. 2: Dimensiones de la carcaza del turbo cargador | 28 |
| Figura 2. 3: Dimensiones agujeros soporte del turbo cargador | 28 |

CAPITULO III

FACTIBILIDAD

| | |
|--|----|
| Figura 3. 1 Sujeción hidráulica | 34 |
| Figura 3. 2 Sujeción manual perno y tuerca | 35 |
| Figura 3. 3 Engranés | 36 |
| Figura 3. 4 Manivela, pasador y placa divisora | 37 |
| Figura 3. 5 Desplazamiento por medio de tornillo | 38 |
| Figura 3. 6 Correderas | 39 |

CAPITULO IV

DISEÑO DEL DISPOSITIVO SOPORTE

| | |
|--|----|
| Figura 4. 1 SAP2000 Advanced V14.0.0 Pantalla de inicio | 47 |
| Figura 4. 2 Lista desplegable para selección de unidades | 48 |
| Figura 4. 3 Ventana nuevo modelo NEW MODEL SAP 2000 | 49 |
| Figura 4. 4 Estructura geométrica del soporte..... | 52 |
| Figura 4. 5 Reacciones del soporte de la carcaza..... | 52 |
| Figura 4. 6 Estructura soporte móvil..... | 53 |
| Figura 4. 7 Viga soporte | 54 |
| Figura 4. 8 Diagrama del cortante de la viga soporte..... | 55 |
| Figura 4. 9 Diagrama del momento flector de la viga soporte | 55 |
| Figura 4. 10: Diseño geométrico de la estructura: a) Diseño 2D, b) Diseño 3D | 58 |
| Figura 4. 11: a) Fuerzas que soporta la estructura b) Fuerzas resultantes | 58 |
| Figura 4. 12: a) Diagrama fuerza cortante Y b) Fuerza cortante máxima y mínima .. | 59 |
| Figura 4. 13: a) Diagrama fuerza cortante X b) Fuerza cortante máxima y mínima .. | 59 |
| Figura 4. 14: a) Diagrama momento X b) Momento máxima y mínima | 60 |
| Figura 4. 15: a) Diagrama momento Y b) Momento cortante máxima y mínima | 60 |
| Figura 4. 16: a) Diagrama momento Torsor b) Momento Torsor máximo y mínimo .. | 61 |
| Figura 4. 17: a) Fuerzas que soporta la estructura b) Fuerzas resultantes | 61 |
| Figura 4. 18: a) Diagrama fuerza cortante Y b) Fuerza cortante máxima y mínima .. | 62 |
| Figura 4. 19: a) Diagrama fuerza cortante X b) Fuerza cortante máxima y mínima .. | 62 |

| | |
|---|----|
| Figura 4. 20: a) Diagrama Momento Y b) Momento máximo y mínimo | 63 |
| Figura 4. 21: a) Diagrama Momento X b) Momento Flector máximo y mínimo | 63 |
| Figura 4. 22: a) Diagrama momento Torsor b) Momento Torsor máximo y mínimo .. | 64 |
| Figura 4. 23 Garrucha | 65 |
| Figura 4. 24 Sujeción de la carcaza- placa soporte..... | 66 |
| Figura 4. 25 a) perno sometido a corte b) perno sometido a tracción | 68 |
| Figura 4. 26 Sistema giro de las carcazas | 72 |
| Figura 4. 27 Diagrama de cuerpo libre del eje..... | 73 |
| Figura 4. 28 División del eje en tramos | 73 |
| Figura 4. 29 Diagrama de cuerpo libre tramo 1 | 74 |
| Figura 4. 30 Diagrama de cuerpo libre tramo 2 | 74 |
| Figura 4. 31 Diagrama de fuerza cortante | 76 |
| Figura 4. 32 Diagrama de Momento flector | 76 |
| Figura 4. 33 Diagrama Momento Torsor | 77 |
| Figura 4. 34 Diagrama de cuerpo libre de la lengüeta en el eje. | 79 |
| Figura 4. 35 Esquema de soldadura | 83 |
| Figura 4. 36 Rodamiento tipo pared designación FY30SD | 84 |
| Figura 4. 37 Placa divisora | 85 |
| Figura 4. 38 Manivela..... | 86 |
| Figura 4. 39 Sistema de regulación..... | 87 |
| Figura 4. 40 Diagrama de cuerpo libre del perfil transversal | 88 |
| Figura 4. 41 Diagrama cuerpo libre del perfil transversal | 89 |
| Figura 4. 42 Tramo izquierdo del perfil - Momentos hiperestáticos | 90 |
| Figura 4. 43 Tramo derecho del perfil - Momentos hiperestáticos..... | 90 |
| Figura 4. 44 Tramo izquierdo del perfil - Cargas externas | 91 |
| Figura 4. 45 Tramo derecho del perfil - Cargas externas | 91 |

CAPITULO V**CONSTRUCCION, MONTAJE SIMULACION Y MANTENIMIENTO**

| | |
|--|-----|
| Figura 5. 1 Fases de construcción del prototipo..... | 98 |
| Figura 5. 2 Montaje de elementos | 101 |

CAPITULO VI**ANALISIS DE COSTOS**

| | |
|--|-----|
| Tabla 6. 1. Lista de precio de los materiales | 103 |
| Tabla 6. 2 Lista de precios de elementos normalizados..... | 104 |
| Tabla 6. 3 Costos de maquinado..... | 105 |
| Tabla 6. 4 Costos de mano de obra | 106 |
| Tabla 6. 5 Costos Totales | 107 |

LISTADO DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| ANEXO 1: | 113 |
| PROTOCOLO DE PRUEBAS | 113 |
| ANEXO 2 | 114 |
| CATALOGO IPAC PARA SELECCIÓN DEL PERFIL | 114 |
| ANEXO 3: | 115 |
| CATALOGO IPAC PARA SELECCIÓN DE ANGULO | 115 |
| ANEXO 4: | 116 |
| WPS SOLDADURA DE LA ESTRUCTURA | 116 |
| ANEXO 5: | 117 |
| PROPIEDADES DE ELECTRODO 6011 | 117 |
| ANEXO 6: | 118 |
| CATALOGO PARA SELECCIÓN DE GARRUCHAS | 118 |
| ANEXO 7: | 119 |
| PARAMETROS DIMENSIONALES DE TORNILLOS Y TUERCAS METRICAS .. | 119 |
| ANEXO 8: | 120 |
| CLASES METRICAS DE PROPIEDAD MECANICA DE PERNOS DE ACERO.. | 120 |
| ANEXO 9: | 121 |
| SELECCIÓN DE LENGÜETA Y LENGUETEROS | 121 |
| ANEXO 10: | 122 |
| WPS UNION PLACA SOPORTE Y EJE | 122 |
| ANEXO 11: | 123 |
| PROPIEDADES DEL ELECTRODO E7018 | 123 |
| ANEXO 12: | 124 |
| SELECCIÓN DE CHUMACERA | 124 |
| ANEXO 13: | 125 |
| ECUACIONES DE LA LÍNEA ELÁSTICA | 125 |
| ANEXO 14: | 126 |
| DIMENSIONES ROSCAS METRICAS | 126 |
| ANEXO 15: | 127 |

| | |
|-------------------------------------|-----|
| MANUAL DE USUARIO..... | 127 |
| ANEXO 16: | 128 |
| PLANOS DE MONTAJE Y DE TALLER | 128 |
| ANEXO 17: | 129 |
| PLANES DE PROCESO..... | 129 |

RESUMEN

El presente Proyecto de Titulación, aborda el “Diseño ergonómico de un dispositivo soporte para mantenimiento de carcazas de turbo cargadores de motores a diésel con diámetro hasta 1000 mm”, para de esta forma evitar la utilización de elementos o instrumentos inadecuados dentro de las operaciones de mantenimiento. Lo cual permite reducir el tiempo empleado en cuanto a su mantenimiento y evita los problemas físicos de las personas dedicadas a esta operación.

El diseño del prototipo se realiza bajo normas y catálogos que garantizan la funcionalidad, seguridad y estética de la máquina, por lo tanto el proyecto se encuentra estructurado de la siguiente manera:

El capítulo I, indica los fundamentos históricos y generales del diseño ergonómico dentro de las máquinas-herramientas, además de los fundamentos generales de los turbocompresores.

El capítulo II, investiga el establecimiento de las restricciones, limitaciones y especificaciones del dispositivo para un correcto diseño del mismo

El capítulo III, investiga y selecciona las alternativas adecuadas para realizar el diseño y la construcción del prototipo, en relación a los parámetros funcionales y de diseño previamente establecidos en el capítulo anterior.

El capítulo IV, define y desarrolla toda la información del diseño y selección de los elementos normalizados que constituyen el soporte, que tiene como respaldo y ayuda los anexos con las tablas y detalles de los diferentes elementos seleccionados, además cuenta con el respaldo del software SAP 2000 V14 que permiten seleccionar perfiles industriales de acuerdo a restricciones establecidas.

El capítulo V, detalla el proceso y montaje del dispositivo basado en la utilización de máquinas-herramientas, y de un sistema de montaje que se comprueba bajo el documento de protocolo de pruebas, que asegura un correcto funcionamiento y una correcta construcción del dispositivo según las hojas de procesos , planos de taller y montaje establecidos en los anexos.

El capítulo seis, realiza un análisis de cálculo, y comprensión detallada de los costos directos necesarios que intervienen en el diseño, construcción montaje y desarrollo del proyecto.

Finalmente se proponen las conclusiones y recomendaciones basadas en los resultados obtenidos luego de finalizar el presente proyecto de titulación

PRESENTACION

El presente Proyecto de Titulación tiene como principal objetivo diseñar un dispositivo soporte para mantenimiento de carcazas de turbo cargadores de motores a diésel con diámetro hasta 1000 mm

Actualmente la utilización de los turbo cargadores ha ido en constante aumento debido a sus beneficios y aplicaciones, por lo tanto se requiere de un dispositivo que facilite la inspección y mantenimiento preventivo y correctivo de los mismos, para evitar el cansancio físico y probables lesiones dentro de los operarios que realizan determinadas funciones.

Los conocimientos adquiridos durante la preparación universitaria en la carrera de ingeniería mecánica, permiten proponer el diseño y construcción del dispositivo soporte que garantice su funcionamiento adecuado, facilidad de operación, seguridad al operario, mediante el adecuado diseño y selección de los diferentes elementos y materiales de acuerdo a su aplicación.

Otro factor importante a considerar para su diseño es la optimización del material que se emplea en su fabricación, con lo cual se reduce los costos de producción.

CAPÍTULO 1

ESTUDIO ERGONÓMICO PARA EL DISEÑO DE UTILLAJES PARA EL MANTENIMIENTO DE CARACAZAS DE TURBO CARGADORES

Para la realización del presente proyecto se comienza estudiando los fundamentos de la ergonomía y sus pertinencias, además se analizan los fundamentos de los turbo cargadores y sus principales problemas de mantenimiento a ser solucionados. Con un previo estudio en campo se determina los problemas ergonómicos más usuales que se debe evitar diseñando un equipo adecuado para la maniobrabilidad de las carcazas de turbo cargadores al momento de realizar su mantenimiento.

1.1 ERGONOMÍA

Ergonomía se deriva de dos palabras griegas: ergo que expresa trabajo y, nomos que expresa leyes o normas, por lo que, en el exacto sentido de la palabra ergonomía significa leyes o normas de trabajo.

Este término se inserta a mediados del siglo XX por el psicólogo británico Murrell, con el libro de su autoría “ergonomics” en donde define a la ergonomía como “El estudio científico de las relaciones del hombre con su ambiente de trabajo”.¹

El principio básico de la ergonomía está enfocado a que los equipos, las herramientas se adapten a las personas más no lo contrario.

¹Wolfgang Laurig, J. V. (s.f.). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo*.

1.1.1 RESEÑA HISTÓRICA

Hace aproximadamente un siglo se reconoce que, las jornadas y condiciones de trabajo de algunas fábricas son intolerables en términos de salud y seguridad, por lo que era indispensable aprobar leyes que establecieran límites admisibles en estos aspectos. El establecimiento y determinación de estos límites puede considerarse como el principio de la ergonomía.

El estudio de estas leyes fue lento hasta la segunda guerra mundial. En donde este acontecimiento aceleró el desarrollo de máquinas e instrumentos industriales. Este desarrollo permitió una mayor flexibilidad para la adaptación del operador.

El objetivo más importante de la industria después de la posguerra, fue el aumento de la productividad, enfocado a que los equipos sean de mayor facilidad de manejo por el operador. Lo cual es viable para la ergonomía, ya que gran parte de la productividad industrial estaba determinada directamente por el esfuerzo físico de los trabajadores: la velocidad de montaje, la producción de movimientos y el levantamiento de pesos.

Gradualmente la energía mecánica sustituyó al esfuerzo humano. Sin embargo el aumento de mencionada energía provoca más accidentes los cuales son la consecuencia directa de la aplicación de la energía en el momento erróneo y el lugar equivocado. De esta manera la inquietud de la industria y el objetivo de la ergonomía cambian paso a paso y se relacionan entre sí. Constituyendo el nuevo concepto de productividad con seguridad.

Estos cambios se dan entre los años 60's y 70's. En este periodo la mayoría del sector industrial decide sustituir la producción por lotes y el efecto de esta transformación se da también en el operario que pasa de la participación directa a labores de control e inspección.

El campo de la ergonomía abarca mucho más que el de las industrias de fabricación, sino también está la ergonomía del producto o del diseño, es decir la adaptación de la máquina o el producto al usuario.

1.1.2 DISEÑO ERGONÓMICO

El diseño ergonómico o también llamado “Ingeniería de los factores humanos” debe garantizar que se tenga en cuenta las capacidades y limitaciones de la gente que va a utilizar medios como: herramientas, equipos, máquinas o utillajes lo cual se analiza brevemente más adelante. Es decir, se trata de buscar soluciones a un determinado problema mecánico u operacional, tomando como requisitos y limitaciones las necesidades y capacidades del trabajador que va a utilizar el equipo a diseñar. Por lo tanto, con un estudio ergonómico previo a cualquier diseño, se pretende conocer los requisitos de trabajo y funcionalidad, optimizando los tres elementos principales que interactúan dentro del diseño hombre-máquina-ambiente. La tabla 1.1 resume las responsabilidades del diseñador y de los usuarios (industrial y operario).

Tabla 1. 1: Responsabilidad de materia de prevención de riesgos

| Responsabilidades | | | |
|-------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Descripción de medidas de seguridad | Prevención | Protección | Información |
| Adoptadas por el diseñador | Prevención intrínseca | Protección en el diseño | Diseño de sistemas de información |
| Adoptadas por la industrial | | Suministro de equipos de protección | Formación supervisión |
| Adoptadas por el operario | | Utilización de equipos de protección | Procedimiento de trabajo seguro. |

Fuente: Técnica Industrial-Febrero 2006

Elaboracion: Propia

En la actualidad, para diseñar elementos mecánicos que durante su utilización o aplicación están directamente en contacto con las personas, se deben estudiar cuidadosamente los parámetros pertinentes que garanticen una buena adaptabilidad hacia éstas, evitando una serie de problemas de salud y de fatiga personal.

Debe quedar claramente establecido que los parámetros de adaptabilidad personal, analizados para el diseño ergonómico, son independientes de las solicitaciones y esfuerzos mecánicos propios del elemento mecánico.

En conclusión, un buen diseño mecánico de herramientas, de equipos y máquinas que faciliten las tareas físicas, también deben garantizar una “aptitud al uso” libre de insoportables secuelas temporales corporales o peor que éstas, a futuro se conviertan en daños permanentes para la salud del usuario.

1.1.3 EJEMPLOS DE DISEÑO ERGONÓMICO:

A continuación se exponen ejemplos de diseños ergonómicos que han facilitado y han dado comodidad al usuario en una determinada aplicación.

1.1.3.1 Espaldares de asientos de automóviles

En el presente diseño se analiza la naturaleza corporal del usuario y se le provee al espaldar de una curvatura afín con la curvatura de la espalda y altura. Recuérdese que los primeros espaldares de los asientos eran planos y no tenían “el apoyo cabeza” y en la actualidad se realizan diseños muy sofisticados de los asientos, incorporándolos sistemas de calefacción o de enfriamiento para garantizar su buena “aptitud al uso”, como se ilustra en la figura 1.1. Luego de analizar estos parámetros de adaptabilidad, se analizan los parámetros tradicionales del diseño mecánico: cargas y esfuerzos, que determinan materiales, dimensiones, etc.



Figura 1. 1: Espaldares de automóviles antiguos vs actuales

Fuente: <http://www.todoautos.com.pe/f6/top-10-interiores-de-autos-73549.html>

1.1.3.2 Martillo Común

Es un ejemplo sencillo y práctico, el diseño de un martillo de mango. Su diseño va más allá del tipo o del peso, donde su principal característica para su diseño es la adaptabilidad del mango a la mano del usuario. El diseño del mango ha pasado desde una geometría recta hasta una geometría ergonómica que adapta correctamente los dedos y la palma de la mano al mango, asegurando una mejor sujeción y cierto “confort” en su uso y evitando daños en la muñeca del usuario. De acuerdo a lo señalado se poseen los tipos de mangos de martillos ilustrados en la figura 1.2.



Figura 1. 2: Diversos martillos con diseño ergonómico.

Fuente: www.captel.com.ar

1.1.3.3 Esferos y tijeras para personas zurdas

En la actualidad se ha determinado que el promedio de vida de las personas zurdas es un tanto inferior al de las personas derechas, por la simple razón de que al ser la mayoría de elementos mecánicos diseñados para derechos, el estrés y el esfuerzo de adaptabilidad adicional para manejar estos implementos por parte de las personas zurdas hace que se produzca esa diferencia.²

Unos diseños ergonómicos simples para personas zurdas son los esferos y las tijeras que se muestran en los figuras 1.3 y 1.4 respectivamente.

² C. RADHAKRISHNA RAO, Estadística y Verdad, Electronic-University Mathematical Books 2, Universidad de Barcelona, Pág. 180



Figura 1. 3: Características de esferos para diestros y zurdos

Fuente: <http://www.copycap.com.ar/images/gripajustable.jpg>



Figura 1. 4: Tijeras para zurdos

Fuente: <http://www.todoparaelcole.com/images/tijeras-para-zurdosl.gif>

1.1.3.4 Máquina Herramienta Torno

El siguiente ejemplo de aplicación de un buen diseño ergonómico es el de los tornos. El parámetro pertinente para la adaptabilidad del operario es la altura de la bancada y la facilidad con que éste pueda accionar las palancas y volantes de maniobra.

Estas máquinas herramientas están diseñadas para personas con una estatura promedio de acuerdo al país de fabricación pero para garantizar una buena aptitud al uso y evitar los problemas físicos que se ilustran en las figura 1.5 se diseñan con diferente altura de la bancada, proporcionando una incomodidad de maniobra al tornero, sea éste alto o de estatura muy inferior. Y de esta manera evitar el uso de soportes para facilitar el manejo del torno como se ilustra en la figura 1.6



Figura 1. 5: Altura de bancada superior al operador

Fuente: Propia, Laboratorio de Maquinas-herramientas, FIM-EPN



Figura 1. 6: Altura de bancada de acuerdo al operador

Fuente: Propia, Laboratorio de Maquinas-herramientas, FIM-EPN

1.1.3.5 Banco hidráulico para trabajos de taller

Con el fin de adaptar el banco de trabajo para las operaciones manuales empleadas para el mantenimiento de turbocompresores, la empresa suiza ABB ha diseñado bancos de trabajo hidráulicos que regulan la altura del banco según la altura del operario, facilitando su adaptabilidad y eliminando todo riesgo de posturas innecesarias o de fatiga como se puede observar en la figura 1.7, para así evitar problemas en la salud del trabajador. En las figuras 1.8 y 1.9 se presentan algunas de las posiciones que pueden tener dichas mesas hidráulicas.



Figura 1. 7: Altura inferior de la mesa con respecto al operador

Fuente: Propia, Instalaciones ABB Ecuador SA.



Figura 1. 8: Altura correcta de la mesa de acuerdo al operador

Fuente: Propia, Instalaciones ABB Ecuador SA.



Figura 1. 9: Altura correcta de la mesa para un operador de menor estatura

Fuente: Propia, Instalaciones ABB Ecuador SA.

1.1.4 IMPORTANCIA DEL DISEÑO ERGONÓMICO

Con el avance de las normativas sobre la prevención de riesgos laborales y la necesidad de evitar las consecuencias que para la seguridad y la salud del operador se originan del uso de las máquinas, comienza a tener importancia la ergonomía como disciplina unitaria.

Así como en los proyectos de construcción se hace necesario integrar un estudio de seguridad y salud, también es primordial incorporar a los proyectos de diseño de máquinas y equipos industriales los conceptos relativos a la prevención y a la seguridad.

1.1.5 CRITERIOS DE DISEÑO

La finalidad es diseñar y construir equipos seguros, si bien es cierto, la seguridad absoluta no existe, porque depende del nivel de riesgo y de la probabilidad de ocurrencia. Los referentes de seguridad a tener en cuenta en los protocolos de diseño son los siguientes:

- Determinación de los límites del equipo: espaciales, temporales, de uso.
- Identificación sistemática de las situaciones peligrosas en las diferentes fases y modos de funcionamiento del equipo: montaje, utilización, mantenimiento, mala utilización.
- Reducción de riesgos mediante prevención intrínseca:
 - Evitando aristas cortantes, ángulos agudos, partes salientes.
 - Reduciendo la inercia de los elementos móviles.
 - Evitando ruido y vibraciones.

1.1.6 DISEÑO DIMENCIONAL

En el campo de la ergonomía, es necesario comprender el tamaño de las máquinas y el de las zonas de trabajo, de modo que las posturas que debe adoptar el trabajador no le ocasionen molestias o algún tipo de dolencia pasajera o lo que es peor aún que le ocasionen a futuro dolencias permanentes.

Las posturas inadecuadas dan lugar a:

- Sobrecargas en articulaciones, ligamentos y músculos de los miembros superiores.
- Lesiones músculo-esqueléticas acumulativas: lumbalgias, dolores de cuello y espalda, tendinitis, síndrome del túnel carpiano.
- Mayor riesgo de accidentes.

Antes de realizar el diseño se debe realizar un análisis pormenorizado de las actividades que va a efectuar la máquina y aquellos que debe controlar el operador, con el objetivo de reconocer posturas de trabajo, tiempo de actividades, ciclos de repetición y orientar así el proceso de diseño.³

Existen variables de mucha consideración en el diseño ergonómico, estas variables son:

³ Mata, C.F., Aproximaciones al diseño ergonómico de máquinas, Febrero 2006

- La altura del operador.
- La máxima extensión de las extremidades.
- Posibilidad de alternar posturas (flexibilidad)

El manejo de datos antropométricos faculta insertar estas variables en el diseño, lo que evita que se tome decisiones apresuradas en la etapa de operación (en muchos casos prohibitivos) y especialmente consecuencias negativas para la salud humana. Por lo tanto, es imprescindible que las dimensiones del equipo se acoplen a las del operador o por su parte tener la capacidad de regulación dentro de las limitaciones indicados por los datos antropológicos.

1.1.7 ALTURA PROMEDIO DE UNA PERSONA EN ECUADOR

El Ecuador es un país multiétnico y pluricultural, la talla de sus habitantes varía de acuerdo a la genética y a la nutrición. El genoma humano particular que un individuo transmite y una combinación de salud y factores del medio, tales como dieta, ejercicio, y las condiciones de vida presentes antes de la edad adulta, cuando el crecimiento se detiene, constituyen el determinante ambiental.

La estatura promedio de un hombre ecuatoriano oscila entre: 1,68 [m]–1,70 [m].⁴

1.2 UTILLAJES

Los utillajes son un conjunto de elementos mecánicos diseñados expresamente para optimizar la realización determinada de una o varias operaciones dentro de un de un proceso de fabricación. Al no ser elementos normalizados no se los encuentra en el mercado y son diseñados para cada aplicación puntual.

La mayoría de utillajes se diseñan para asegurar el posicionamiento y sujeción de una pieza o conjunto de piezas a un sistema de referencia, para poder ejecutar operaciones de diversa índole dentro del proceso de producción de determinado bien, tal es el caso de los conocidos “JIG de montaje” para la fabricación de los autos y automotores.

⁴ <http://www.forosecuador.ec/forum/comunidad/foro-libre/252>

Los utillajes también constituyen los dispositivos diseñados para resolver necesidades de herramientas especiales, topes, calzos, etc. que se utilizan en mecanizados especiales.

1.2.1 FINALIDAD DE LOS UTILLAJES

El empleo de los utillajes permite que:

- Acortar los tiempos de fabricación
- Reducir los costos de producción
- Considerable precisión en la fabricación
- Alto grado de uniformidad

Existen varios tipos de utillaje aplicados por determinados parámetros, como se presenta en la tabla 1.2.

Tabla 1. 2: Tipos de utillaje

| Tipos de Utillaje | Descripción |
|-------------------------------------|--|
| Aplicación | Es decir se va a realizar operaciones de tipo mecanizado, ensamblaje, almacenamiento o inspección. |
| Máquina | Tipo y nivel del sistema de automatización de fabricación. |
| Dedicación | Según si lo que se tiene en cuenta son el número de piezas o el número de operaciones de utillaje. |
| Uso principal | Ya sea con el objetivo de posicionar y sujetar o actuar de guía para las herramientas |
| Productividad y versatilidad | En este caso nos encontramos con utillaje estándar, utillaje dedicado a operaciones flexibles o específicas. |

Elaboración: Propia

1.3 TURBO CARGADOR

También llamado turbo compresor, es una maquina dinámica debido al intercambio de energía que se realiza en su funcionamiento. Su principio fundamental es absorber energía de un fluido para transformarlo en energía mecánica, por lo que es considerado una bomba radial (Bomba centrifuga) de ventilación. (Ver figura. 1.10)

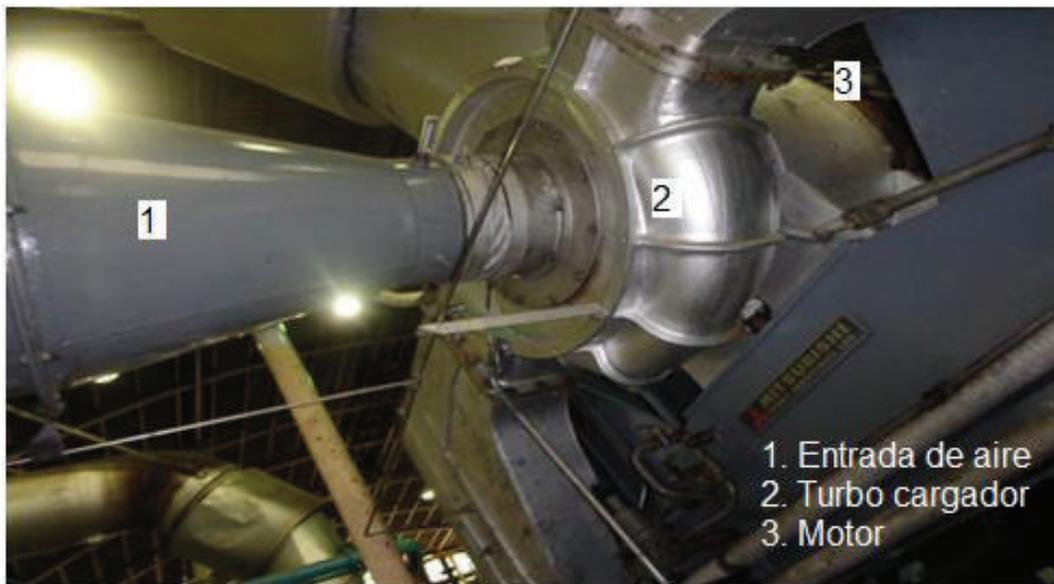


Figura 1. 10: Turbo cargador

Fuente: Propia, Termoeléctrica de Guangopolo

El turbo cargador debido a que tiene como finalidad incrementar la presión del fluido también se lo conoce como “Turbo maquina operadora” por lo cual es utilizado en sistemas de sobrealimentación que usan una turbina para comprimir gases. Este tipo de sistemas se suele utilizar en motores de combustión interna. Ver Figura 1.11

Generalmente el turbo cargador utiliza los gases de escape del motor para mover la rueda de la turbina a grandes velocidades, dependiendo del modelo y aplicación de la misma (del orden de 280 000 rpm⁵).

⁵ <http://www.turbocargadores.com/interesante-detalle.php?cont=16> (25/12/2014)

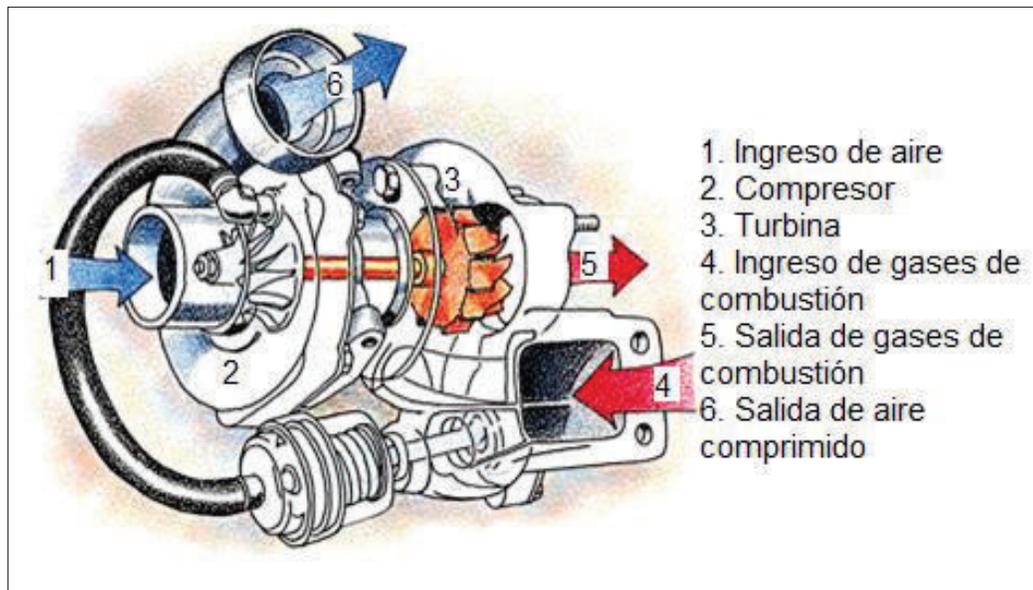


Figura 1. 11: Ejemplo de un turbo cargador

Fuente: www.mecanica-valles.es.tl/El-turbocargador.htm

1.3.1 OBJETIVO Y FINALIDAD DE LOS TURBO CARGADORES

La finalidad de un turbo cargador es comprimir el aire que entra al motor, lo que permite mejorar la eficiencia del mismo, incrementando la presión cuando el aire está siendo inyectado a los cilindros, logrando así que una mayor masa de oxígeno ingrese a la cámara de combustión, posibilitando agregar más combustible y de esta forma elevar la potencia y el torque del motor mientras se reduce la emisiones contaminantes del mismo. Cuanto mayor aire y combustible se queme mayor potencia se genera.

1.3.2 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

El uso de un turbo cargador posee las siguientes ventajas y desventajas en cuanto a su funcionalidad:

1.3.2.1 Ventajas:

- Aumenta la potencia de un motor sin rediseñar el motor utilizado
- Utiliza como medio propulsor gases de escape
- En su montaje no requiere que se le haga modificaciones externas al motor

- Se autoajusta a cualquier altitud debido a que depende de la diferencia de presión entre los gases de escape y el medio ambiente

1.3.2.2 Desventajas

- Los turbo cargadores poseen una respuesta lenta para comenzar a funcionar.
- El turbo cargador es inutilizable a bajas velocidades
- Su costo de instalación es elevado debido a la mano de obra y mantenimiento de sus partes.

1.3.3 MANTENIMIENTO

Para garantizar la vida útil de un turbo cargador generalmente se realiza las siguientes instrucciones que son proporcionadas por el fabricante del turbo cargador:

- Ejecutar mantenimiento preventivo de manera ordinaria para evitar posibles daños.
- Al montar y desmontar cada parte debe colocarse minuciosamente cada uno de los elementos respetando su geometría y ubicación.
- Respetar metódicamente los intervalos de cambio de aceite
- Ejecutar el mantenimiento del sistema de filtración de aire
- Controlar la presión y temperatura dentro del turbo cargador
- Para evitar daños en el turbo cargador al momento de encender o apagar el motor se debe mantenerlo en ralentí.

1.3.4 ESTRUCTURA DEL TURBO CARGADOR

Un turbo cargador está compuesto de cinco partes principales, como se ilustra en la figura 1.12

- La carcasa central
- La turbina
- El compresor.
- La carcasa de la turbina
- La carcasa del compresor.

La carcasa central que se ilustra en la figura 1.13, recibe el aceite lubricante y sirve de soporte al conjunto turbina-eje-rueda compresora, el cual gira dentro de cojinetes planos denominados así por los fabricantes. La turbina posee una rueda que es concéntrica al eje central, que gira apoyada en cojinetes planos, acoplados en el interior de la carcasa la misma que recibe la energía de los gases de escape y tiene como función impulsar el compresor centrífugo.

Debido a que el turbo cargador va estar expuesto a elevadas sollicitaciones mecánicas y térmicas, este es fabricado de materiales de alta calidad como aleaciones de iconel, níquel y cromo.

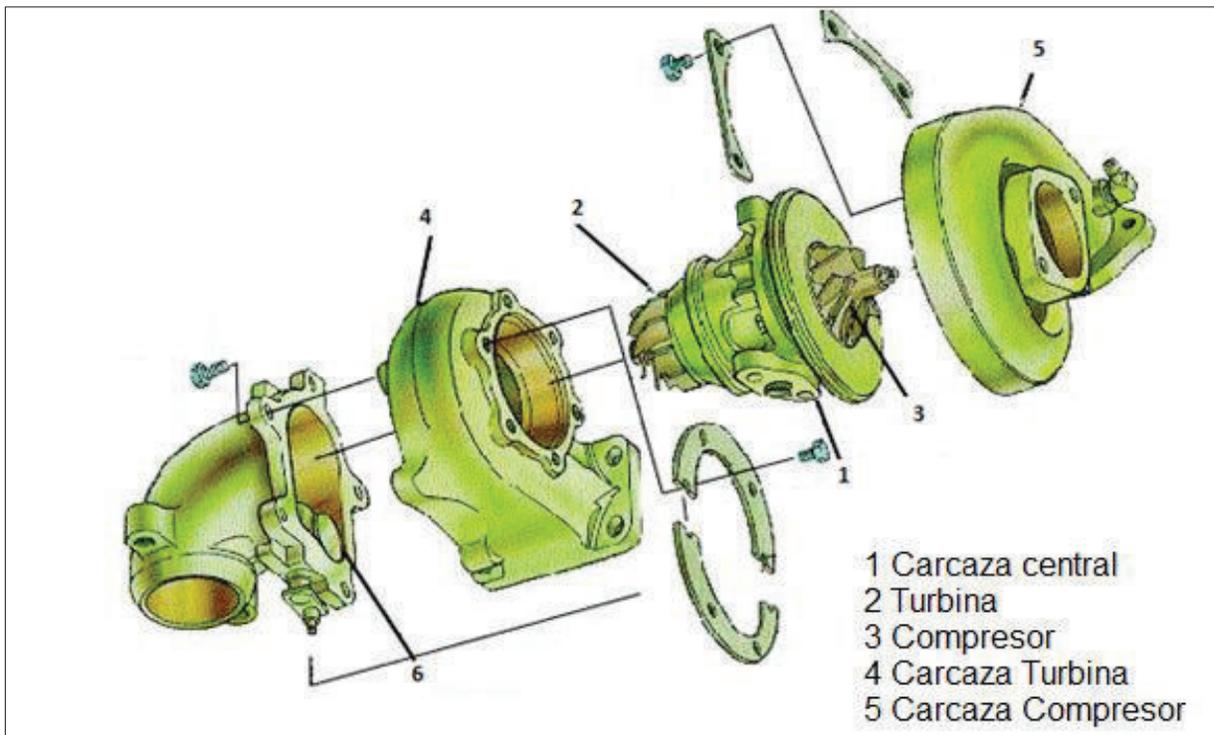


Figura 1. 12: Despiece del turbo cargador

Fuente: www.zonatuning.com



Figura 1. 13 Carcaza central que soporta el dispositivo de mantenimiento

Fuente: Propia, Instalaciones ABB Ecuador SA.

1.3.5 COMPONENTES DE UN SISTEMA TURBOCARGADO

Un sistema turbo cargado como se ilustra en la figura 1.14 está conformado de los siguientes elementos que al relacionarse con el turbo cargador permiten un correcto funcionamiento del mismo:

- Filtro de aire
- Rueda compresora
- Múltiple de admisión
- Intercambiador de calor (radiador)

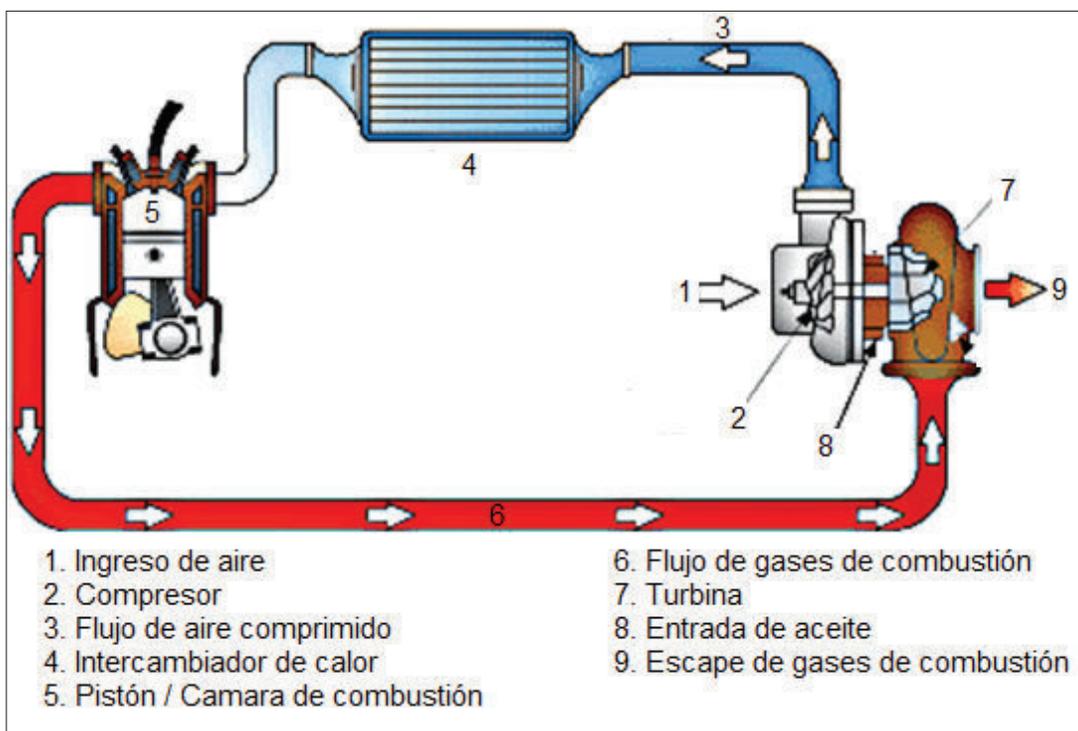


Figura 1. 14: Sistema Turbo cargado

Fuente: http://www.arpem.com/imagenes/tecnica/turbo/esquema_turbo_1.gif

1.3.6 FUNCIONAMIENTO

Como se señala al principio del texto un turbo cargador está compuesto por una turbina y un compresor conectado internamente por un eje (Ver sección 1.3.4), el cual es añadido al motor de combustión interna por lo que la energía del gas del motor es lo que propulsa el funcionamiento del turbo cargador.

El gas obtenido de la combustión llega a la carcasa de la turbina y es canalizado hacia el turbo cargador, donde la energía del gas hace rotar la turbina siendo posteriormente desfogado por el escape. La velocidad y la carga del motor determinan la velocidad de giro de la rueda de la turbina, sin embargo, cuanto más gas pase por la carcasa de la turbina más rápido girara la rueda de ésta.

A medida que gira la rueda de la turbina, el eje propulsa la rueda del compresor, permitiendo que esta inyecte aire en la carcasa del compresor y se comprima a medida que las paletas rotan a velocidad alta.

La carcasa está diseñada para convertir el flujo de aire de baja presión y alta velocidad en un flujo de aire de velocidad baja y presión alta.

El aire entra al compresor a temperatura ambiente, no obstante sale de la carcasa del compresor aproximadamente a 200°C. A medida que la temperatura del aire aumenta, su densidad disminuye de manera que se puede forzar la entrada de más aire al motor, sin embargo se enfría mediante el uso de agua o aire en un intercambiador térmico.⁶

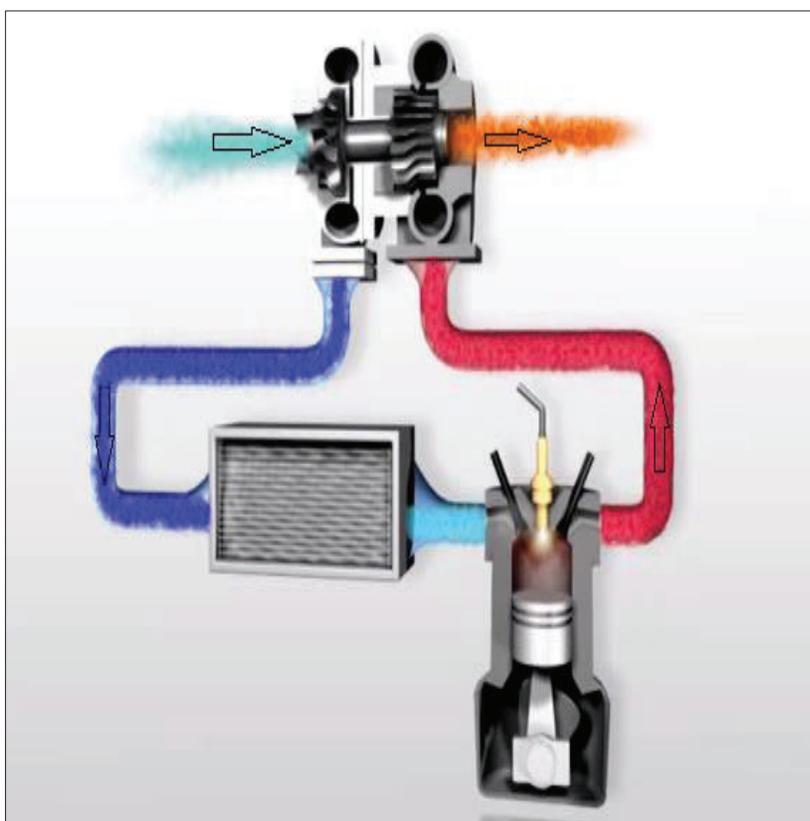


Figura 1. 15: Funcionamiento del turbo cargador

Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=hGZ8GIXWxys>

⁶ <https://www.youtube.com/watch?v=-FZ1b12wxG0> (01/12/2014)

1.3.7 CLASIFICACIÓN BÁSICA DE LOS TURBO CARGADORES Y COMPARACIÓN DE USO ENTRE ESTOS GRUPOS

Los turbo cargadores según la dirección del flujo se clasifican en 2 tipos, como se ilustra en la figura 1.16:

- Turbo cargadores axial ⁷
 - Turbo cargadores simples
 - Turbo cargadores dobles
 - Turbo cargadores triples
- Turbo cargadores centrífugos
 - Turbo cargadores radiales
 - Turbo cargadores diagonales

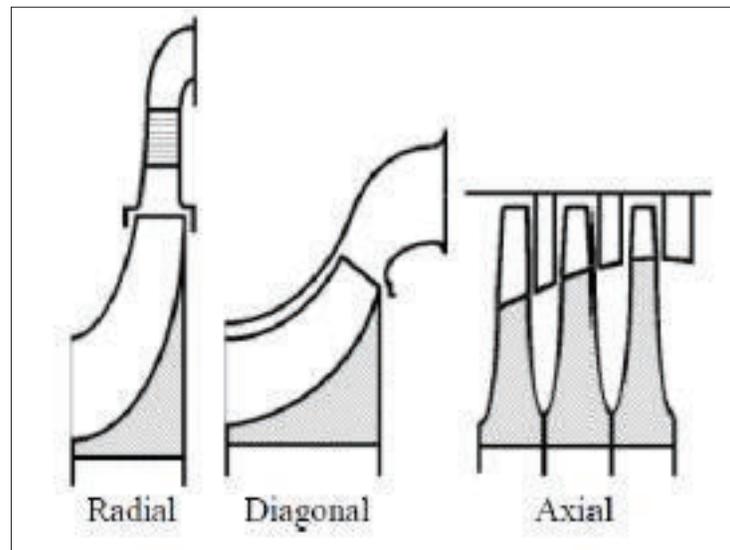


Figura 1. 16: Tipos de turbo cargadores

Fuente: http://es.slideshare.net/lordrizon/3-compresores?next_slideshow=1

A continuación se hace una descripción simple de los principales turbo cargadores:

⁷ http://es.slideshare.net/lordrizon/3-compresores?next_slideshow=1 (12/12/2014)

1.3.7.1 Turbo cargador axial

Como su nombre lo indica se trata de turbo cargadores en el cual la dirección del flujo esta paralela al eje del turbo cargador. Está conformado por varios discos llamados rotores y estatores que llevan acoplados una serie de alabes. La misión de los alabes es aumentar la velocidad del aire y la presión dinámica. El diseño de los turbo cargadores axiales tienen gran importancia en el campo aerodinámico.

1.3.7.2 Turbo cargador centrífugo

En un turbo cargador centrífugo la dirección del flujo es perpendicular a la dirección del movimiento del rotor del turbo. En este tipo de máquinas, el fluido se considera compresible. La forma de comprimir es totalmente diferente al del axial debido a que no genera una presión excesiva.

Los turbo cargadores diagonales no son muy corrientes y su teoría fundamental no difiere de la de los turbo cargadores radiales. Una característica fundamental es que el diagonal puede suministrar un caudal 2 a 3 veces mayor que un turbo cargador del mismo diámetro con un rendimiento en un 5% mayor.

1.3.7.3 Comparación entre turbo cargadores

El turbo cargador centrífugo tiene las siguientes ventajas sobre el axial:

- Mayor robustez y seguridad en su uso.
- Menor número de escalonamientos.
- Mayor zona de estabilidad de funcionamiento, respecto al fenómeno de bombeo.

El turbo cargador axial ofrece las siguientes ventajas con relación al radial:

- Mejor rendimiento.
- Para un mismo gasto másico y presión, mayor número de revoluciones.
- El turbo cargador axial tiene menor volumen, menor superficie frontal, y menor peso para igualdad de gastos másico y de relación de compresión.

Esta ventaja es importante en aviaciones y en motores de combustión interna, debido a que estimulo la evolución del turbocompresor axial.

1.3.8 DIAGNÓSTICO DE FALLAS

El 90% de los fallos que se producen en turbo cargadores se localizan en las siguientes partes y se deben a las siguientes causas:

1.3.8.1 Fallas en carcazas (central, turbina y compresor)

- Cavitación, debido a la presencia de condensado por la humedad relativa del ambiente.
- Carcazas de turbina azulada, con trizaduras internas en la base causada por el exceso de temperatura
- Golpe de ariete, debido al cambio de presión
- Rayaduras y trizaduras, debido a la presencia de cuerpos extraños en la turbina o en el compresor (filtro de aire deteriorado)
- Corrosión, debido al ambiente al que se encuentra expuesto.
- Elevadas temperaturas de gas de escape (deficiencia en el sistema de encendido y de alimentación)

1.3.8.2 Fallas en cojinetes

- Cojinete azulado por fallas en el sistema de lubricación
- Cojinetes rayados debido a la presencia de impurezas en el aceite lubricante (aceite contaminado)

1.3.8.3 Fallas en la rueda compresora

- Rueda totalmente destruida por el ingreso de objetos extraños a la carcasa compresora.
- Rueda dañada por fatiga del material

1.3.8.4 Fallas en los alabes de la turbina

- Alabes de la rueda compresora afectados por el ingreso de objetos extraños (polvo, piedras, pedazos de filtros colapsados, pedazos de guaipe) a la carcasa compresora
- Alabes de la turbina dañados por el ingreso de objetos extraños a la carcasa de la turbina procedentes del motor de combustión.

1.3.8.5 Fallas en el sistema de lubricación

- Suciedad en el aceite
- Suministro de aceite poco adecuado (presión de aceite y filtro)
- Aceite lubricante carbonizado debido al exceso de temperatura o a la mala calidad del aceite
- Canales de lubricación taponados debido a carbón y limallas procedentes del motor.

1.3.8.6 Fallas en el desmontaje y montaje

Este tipo de fallas se da por una errónea manipulación de cada uno de las partes del turbo cargador al ser desmontado por completo. Es decir no se tiene en consideración la geometría de los elementos y su forma de encajar en el turbo cargador.

CAPITULO II

PREFACTIBILIDAD

La pre factibilidad permite determinar la definición del problema del proyecto, el establecimiento de las restricciones, limitaciones y especificaciones del mismo para un correcto diseño de acuerdo a las necesidades del usuario.

2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La multinacional Suiza ABB por medio de la empresa PRIMATEC ha solicitado la realización del diseño ergonómico de un dispositivo soporte para mantenimiento de carcazas de turbo cargadores, dada una serie de problemas de salud laboral que se ha observado durante el mantenimiento de los turbo cargadores. Debido a que la empresa ABB mantiene como filosofía de seguridad que se puede perder trabajos, proyectos y/o dinero pero NUNCA una vida humana ni tampoco exponer a sus trabajadores a riesgos innecesarios que redunden en problemas de salud ocupacional.

2.1.1 SITUACION ACTUAL

El mantenimiento de la carcaza principal de los turbo cargadores utilizados en la industria petrolera, dadas sus grandes dimensiones y peso, conlleva una serie de posiciones incómodas y esfuerzos por parte de los operarios, que sin los herramientas y utillajes apropiados producen a la larga, dolencias físicas, con las pertinentes implicaciones que se derivan de esto.

2.1.2 SITUACION FUTURA

Con los antecedentes expuestos, se diseña un utillaje ergonómico de soporte para realizar mantenimiento de carcazas de turbo cargadores, para de esta forma evitar la utilización de elementos o instrumentos inadecuados dentro de la operación.

Lo cual permite reducir el tiempo empleado en cuanto a su mantenimiento y evita el cansancio físico de las personas dedicadas a esta operación.

2.2 RESTRICCIONES Y LIMITACIONES

Para proporcionar las mejores condiciones de funcionamiento y operatividad; existen restricciones y limitaciones que se establecen a continuación:

- El dispositivo debe poseer un peso moderado, para que facilite su transportación y manejo dentro de las instalaciones ABB.
- El diseño de cada componente del dispositivo debe adaptarse a las condiciones tecnológicas disponibles en lo que respecta a: disponibilidad de materia prima, elementos normalizados y procesos de fabricación.
- Tomar en consideración las medidas de la Tabla 2.1 que se relacionan con la carcasa del turbocompresor de las figuras 1.17, 1.18 y 1.19 respectivamente; a las cuales tiene que adaptarse el dispositivo para su diseño.



Figura 2. 1: Carcasa central que soporta el dispositivo de mantenimiento

Fuente: Propia, Instalaciones ABB Ecuador SA.

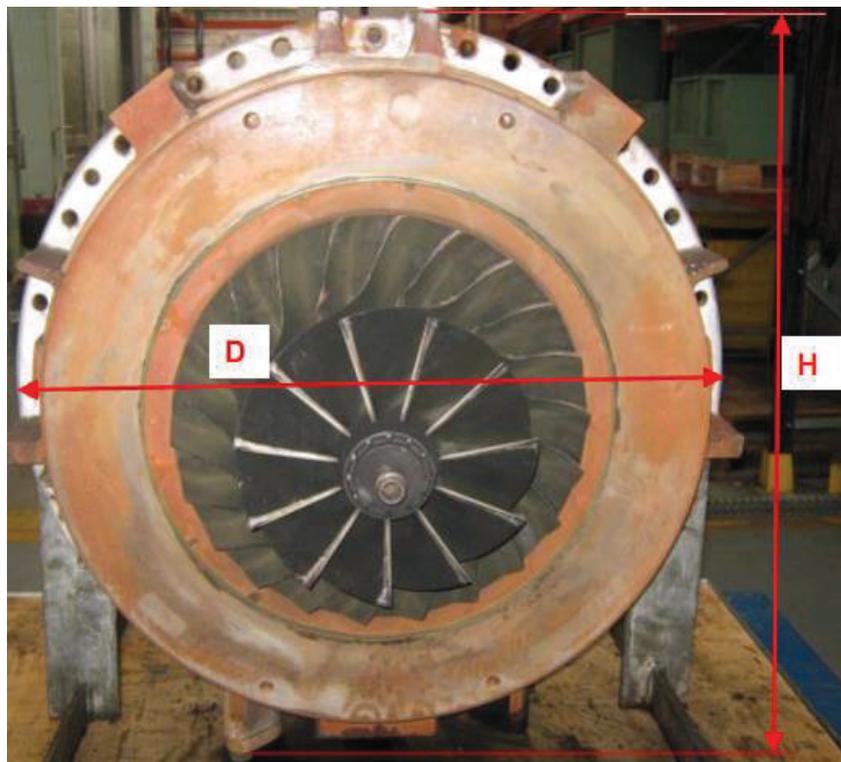


Figura 2. 2: Dimensiones de la carcasa del turbo cargador

Fuente: Propia, Instalaciones ABB Ecuador SA.

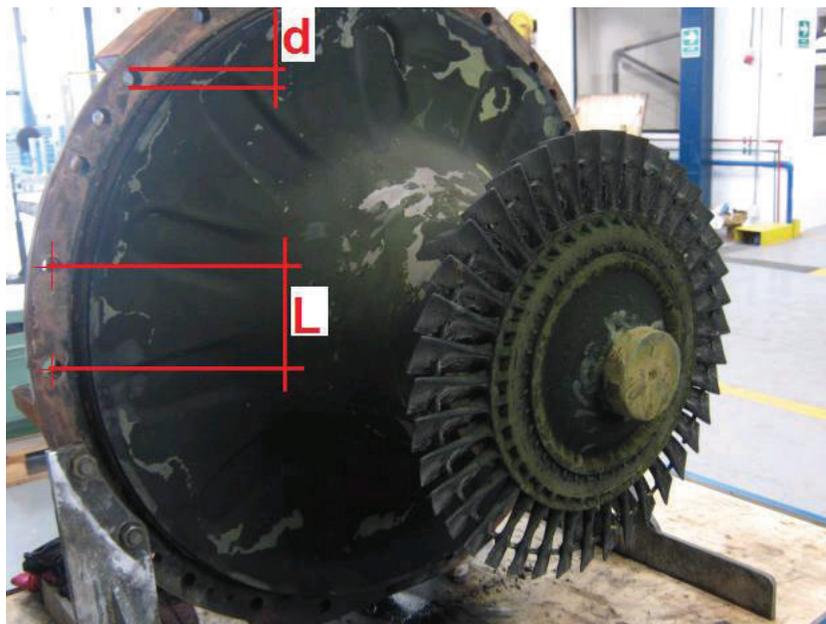


Figura 2. 3: Dimensiones agujeros soporte del turbo cargador

Fuente: Propia, Instalaciones ABB Ecuador SA.

Tabla 2. 1: Parámetros dimensionales del dispositivo soporte

| RESTRICCIONES Y LIMITACIONES DIMENCIONALES | | |
|---|--------------------|---------------|
| Descripción: | Medida [mm] | |
| | Mínima | Máxima |
| Diámetro de la carcaza (D) | 800 | 1000 |
| Altura máxima de la carcaza (H) | 708 | 1012 |
| Altura entre el suelo y el borde de la carcaza (h) | 340 | 350 |
| Distancia entre centros agujeros soporte (L) | 100 | 110 |
| Diámetro agujeros soporte (d) | 18 | 20 |

Fuente: Propia, Instalaciones ABB Ecuador SA

Todas estas restricciones y limitaciones no afectan en el desempeño y utilización del dispositivo soporte.

2.3 ESPECIFICACIONES

Para establecer las especificaciones del dispositivo soporte se ha tomado en consideración el estudio de campo realizado así como las sugerencias de los operarios que realizan mantenimientos a las carcazas de lo turbo cargadores.

2.3.1 PARAMETROS FUNCIONALES

El utillaje a diseñar es ergonómico, es decir su operación no produce fatiga, ni daño alguno a los operadores. Por lo cual se considera los siguientes aspectos:

- Debe ser versátil para poder manipular determinados rangos de peso y de diámetro. En lo posible debe ser de operación manual.
- El montaje y desmontaje de las partes constitutivas del equipo a diseñarse debe ser simple, lo que redunde en un mantenimiento fácil.

Por lo tanto para el correcto funcionamiento y adaptación del dispositivo a los operarios se diseña bajo los parámetros que se observan en la tabla 2.2:

Tabla 2. 2 Parámetros funcionales del dispositivo soporte

| ESPECIFICACIONES TECNICAS FUNCIONALES | |
|--|-------------------------|
| Soporte máximo de carga | 1000 [Kg] |
| Angulo de giro respecto al eje principal | 360 ° |
| Dimensión mínima de soporte | 800 [mm] |
| Dimensión máxima de soporte | 1000 [mm] |
| Funcionamiento | Manual /Semi automático |
| Lubricación | Grasa |
| Medio de sujeción carcasa soporte | Pasadores / Freno |

Fuente: Propia, Instalaciones ABB Ecuador SA

2.3.2 NORMA QUE RIGUE EL DISEÑO ERGONOMICO

Si bien no existen muchas normas explícitas para un diseño mecánico ergonómico como tal, existen normas que se refieren a las interacciones entre los operadores y las máquinas durante la instalación, operación, preparación, mantenimiento, limpieza, desmontaje, reparación y transporte de equipo.

Estas normas recomiendan los principios a tomar en cuenta en el momento de diseñar y operar utillajes, herramientas o máquinas que manipulan las personas, considerando la salud, la seguridad, las capacidades humanas y el bienestar del usuario. Dichos principios son aplicables a todo ámbito de las características y capacidades humanas con el objetivo de asegurar los considerados antes anotados como también el comportamiento global des sistema.

El presente Proyecto de Titulación se basa en la NORMA UNE-EN 614-1:2006 + A1:2009, la que trata de la Seguridad de las Máquinas, principios del diseño ergonómico. Esta norma requiere su adecuada interpretación para que se adapte al uso previsto.

2.3.3 AMBIENTE TIPO DE TRABAJO Y VIDA UTIL

Se refiere al medio en donde va a funcionar el dispositivo y a la carga de trabajo que va a poseer así como el nivel de instrucción que necesita el operario para su correcto funcionamiento:

- Los usuarios no necesitan experiencia técnica calificada, simplemente el operador debe poseer nociones básicas de seguridad industrial, mantenimiento de carcazas y poseer como mínimo instrucción secundaria.
- El dispositivo va estar sometido a una carga continua de trabajo ya que será utilizado para realizar mantenimiento entonces funcionara solo en periodos ordinarios.

- Debido a que el dispositivo no va a estar sometido a trabajo continuo se estima que la vida útil será aproximadamente 15 años; realizando mantenimiento regular y adecuado. De tal manera que el dispositivo no sea prescindido por fallas mecánicas si no debido a desarrollo tecnológico.

2.3.4 MATERIAL Y PROCESO DE FABRICACIÓN

- Se considera el uso de materiales que sean de fácil adquisición en el país y permitan un funcionamiento adecuado de la máquina. Por lo cual el material utilizado es el acero estructural ASTM A36 para toda la estructura y el acero C1018 para piezas maquinadas.
- Para su posible fabricación se utilizan procesos de fabricación convencionales, tales como torneado, taladrado, fresado, soldadura, etc. los cuales permiten el fácil acceso o fabricación de los elementos a sustituir.

CAPITULO III

FACTIBILIDAD

En el presente capítulo se analizan las alternativas de prototipos que satisfagan con los requerimientos de diseño previamente identificados.

3.1 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

Del trabajo de campo realizado se determina las características de funcionalidad del equipo a diseñarse, por lo que se divide al sistema general en tres sistemas que son:

- De sujeción de las carcazas
- De giro de las carcazas y,
- Sistema de regulación para el rango de diámetro de carcaza a ser manipulada.

Establecidos estos tres sistemas, el estudio de alternativas se realiza para cada uno de ellos y que con la estructura o bastidor conforman el prototipo a diseñarse.

Tomado en consideración los siguientes factores:

- Bajo costo de cada uno de sus elementos de construcción
- Facilidad de construcción y ensamblaje
- Facilidad de operación y mantenimiento
- Seguridad y facilidad de transporte.

3.1.1 SISTEMA SUJECIÓN DE LAS CARCAZAS

Las alternativas tomadas para este sistema son los siguientes:

- Alternativa A: Sujeción hidráulica
- Alternativa B: Sujeción manual

3.1.1.1 Alternativa A: Sujeción hidráulica

3.1.1.1.1 Descripción:

La sujeción hidráulica es un sistema de agarre de cualquier tipo de elementos, realizando movimientos de apertura, de cierre y de la presión de modo hidráulico como se muestra en la figura 3.1

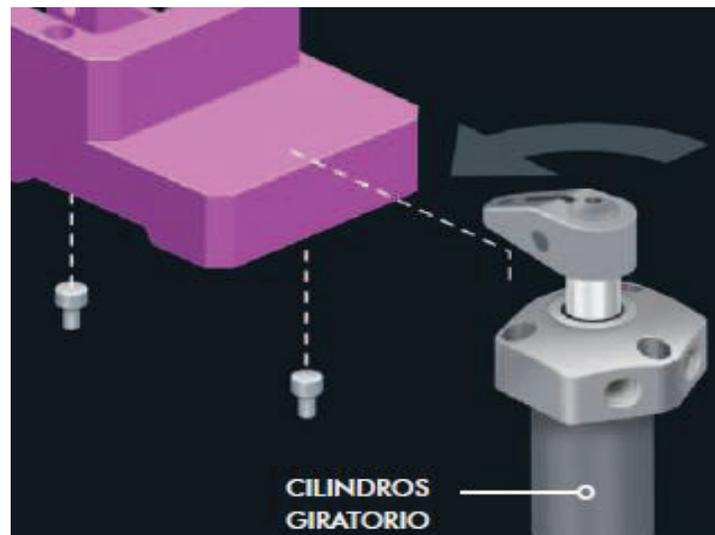


Figura 3. 1 Sujeción hidráulica

3.1.1.1.2 Ventajas:

- El proceso de sujeción es seguro
- Reduce los tiempos de montaje y desmontaje de los elementos a ser sujetos.

3.1.1.1.3 Desventajas:

- Más costoso que el sistema de sujeción manual
- Necesita más mantenimiento.
- El espacio para su montaje es más amplio.

3.1.1.2 Alternativa B: Sujeción manual por perno y tuerca

3.1.1.2.1 Descripción:

Las carcazas poseen en su parte radial de una serie de agujeros que permiten montarlas al resto del turbo cargador. Estos agujeros pasantes se pueden utilizar para fijarlos al utillaje a diseñar como se muestra en la figura 3.2

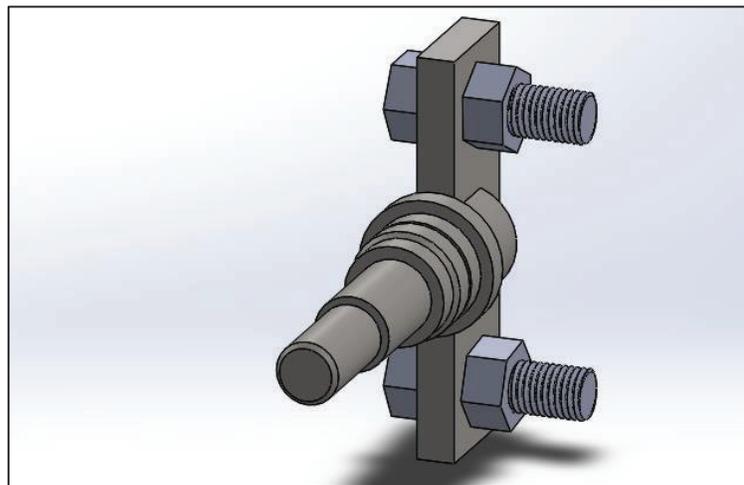


Figura 3. 2 Sujeción manual perno y tuerca

Elaboración: Propia

Fuente: Solidwork

3.1.1.2.2 Ventajas:

- Menor costo
- Menor mantenimiento
- Utiliza poco espacio

3.1.1.2.3 Desventajas:

- Al realizar una tarea, conlleva más tiempo
- Se necesita más habilidad para su utilización

3.1.2 SISTEMA DE GIRO DE LAS CARCAZAS

Las alternativas tomadas para este sistema son los siguientes:

- Alternativa A: Engranajes
- Alternativa B: Manivela de giro y pasador de anclaje en placa divisora

3.1.2.1 Alternativa A: Engranajes

3.1.2.1.1 Descripción:

Es un cilindro o rueda dentada, que se utiliza para transmitir movimiento giratorio. Utilizando un par de engranajes se dan el giro y la posición deseada para las carcazas a ser reparadas, como se ilustra en la figura 3.3

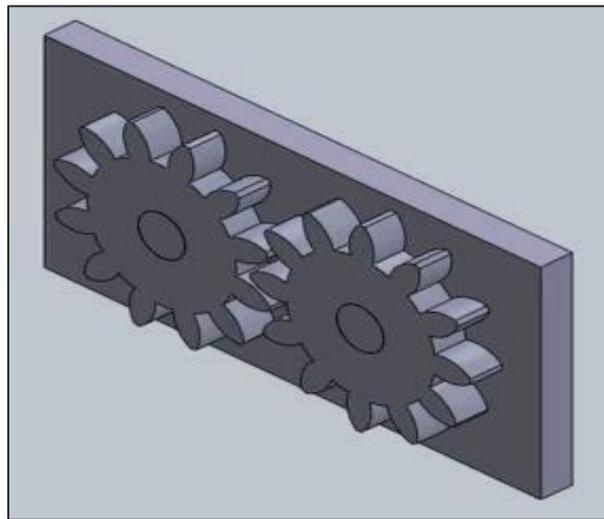


Figura 3. 3 Engranajes

Elaboración: Propia

Fuente: Solidwork

3.1.2.1.2 Ventajas:

- Mayor control de giro
- Rendimiento alto
- Gran duración y fiabilidad

3.1.2.1.3 Desventajas:

- Ruido durante su funcionamiento a grandes velocidades
- Mayor mantenimiento
- Mayor costo

3.1.2.2 Manivela de giro y pasador de anclaje en placa divisora

3.1.2.2.1 Descripción:

El giro de la carcaza se realiza utilizando una manivela, para luego ubicarla en la posición requerida para su mantenimiento se emplea una placa, la que cuenta con divisiones como se ilustra en la figura 3.4

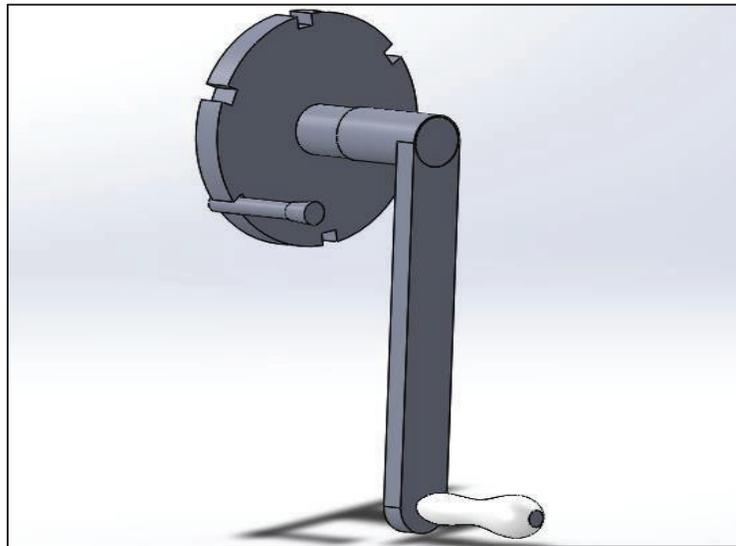


Figura 3. 4 Manivela, pasador y placa divisora

Elaboración: Propia

Fuente: SolidWork

3.1.2.2.2 Ventajas:

- Más barato
- Su mantenimiento es fácil
- Se puede utilizar agujeros propios de la carcaza

3.1.2.2.3 Desventajas:

- Menor posiciones de giro

3.1.3 SISTEMA DE REGULACIÓN DE DIÁMETRO DE CARCAZAS

Las alternativas para la selección de este sistema son los siguientes:

- Alternativa A: desplazamiento por medio de tornillo de potencia
- Alternativa B: correderas

3.1.3.1 Alternativa A: Desplazamiento por medio de tornillo de potencia

3.1.3.1.1 Descripción:

Este tipo de tornillo está destinado a la transmisión de potencia y de movimiento, es decir convierte un movimiento de giro o angular, en un movimiento lineal o de traslación. Como se muestra en la figura 3.5

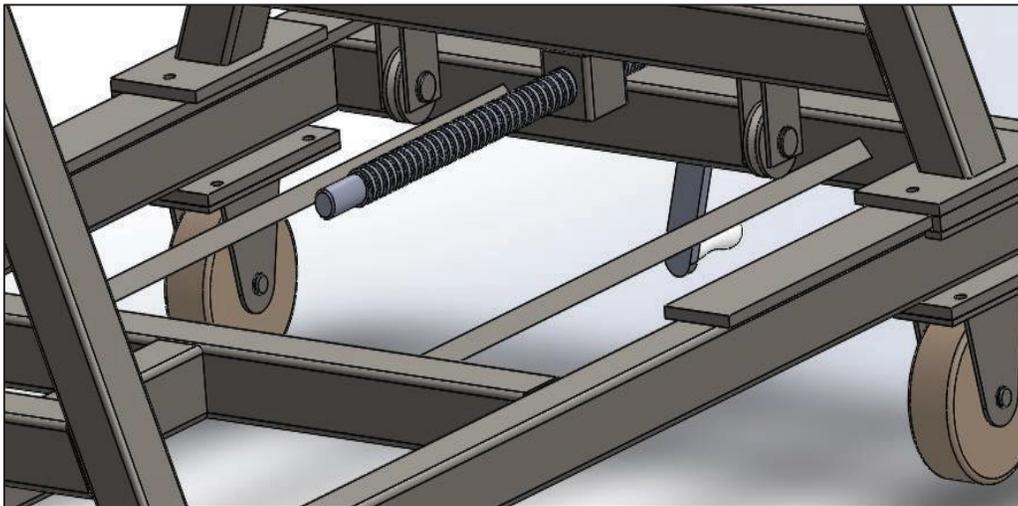


Figura 3. 5 Desplazamiento por medio de tornillo

Elaboración: Propia

Fuente: Solidwork

3.1.3.1.2 Ventajas

- Capacidad de transporte de carga grande
- Ventaja mecánica
- Fácil diseño y de fabricación
- Bajo costo

3.1.3.1.3 Desventajas

- Son de baja eficiencia

3.1.3.2 Alternativa B: Correderas

3.1.3.2.1 Descripción:

Es un sistema que consta de dos elementos, en donde, uno de los elementos es fijo y el otro se desliza sobre el otro, este sistema posee un grado de libertad, este grado de libertad está en la dirección en la que se desplaza uno de los elementos como se observa en la figura 3.6

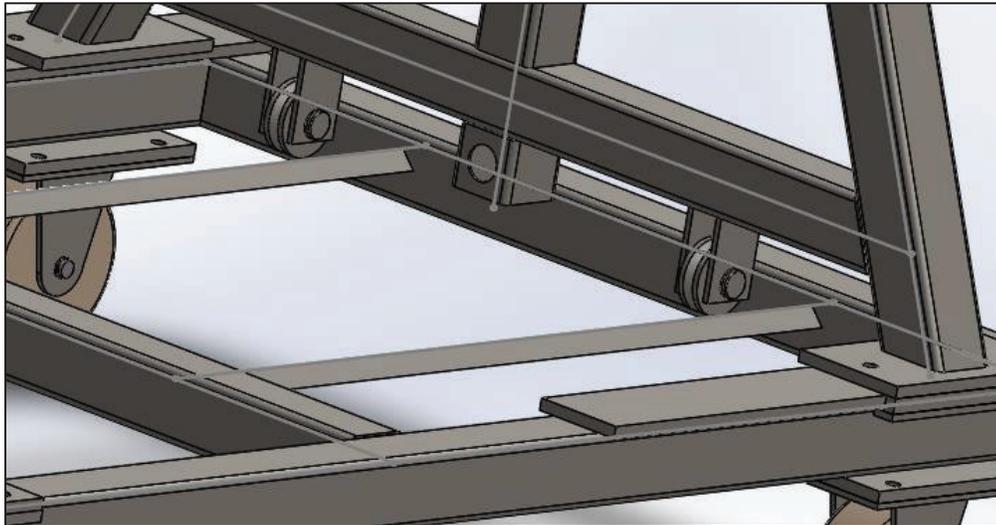


Figura 3. 6 Correderas

Elaboración: Propia

Fuente: Solidwork

3.1.3.2.2 *Ventajas*

- Fácil construcción

3.1.3.2.3 *Desventajas*

- Tiene un solo grado de libertad.

3.2 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Se realiza una breve justificación de los factores más importantes que se toman a consideración, para así obtener la mejor alternativa que cumpla con los requerimientos que se busca para solucionar el problema propuesto.

Los criterios tomados en cuenta en cada sistema son los siguientes:

- Costo
- Mantenimiento
- Facilidad de construcción
- Disponibilidad de materiales

Estos criterios son posteriormente cuantificados.

3.2.1 JUSTIFICACIÓN DE FACTORES PARA LA SELECCIÓN

Para la selección de las alternativas se ocupó los mencionados criterios expuestos:

3.2.1.1 Costo

Involucra costos de construcción como de mantenimiento. Este es un factor que hace al dispositivo competitivo frente a la utilización de otros utillajes.

3.2.1.2 Mantenimiento

Se refiere a la facilidad de desmontaje y montaje de cada uno de los elementos que componen el dispositivo con la finalidad de asegurar su correcto funcionamiento y de esta forma evitar contratiempos.

3.2.1.3 Facilidad de construcción

Involucra a todos los procesos y las maquinas- herramientas que se ocupan en la fabricación del dispositivo así como la obra de mano utilizada.

3.2.1.4 Disponibilidad de materiales

Se refiere a facilidad de adquisición de los materiales utilizados dentro de la industria ecuatoriana.

Una vez determinado y justificada cada uno de los factores para la selección se procede a dar una valoración adecuada a cada ítem. La determinada valoración numérica para cada criterio se presenta en la tabla 3.1.

Utilizando el método de Brown y Gibson, el cual consiste en una evaluación ponderada, en este punto se desea seleccionar la alternativa adecuada para cada sistema propuesto, para que dicha elección cumpla con los parámetros funcionales y de diseño.

Tabla 3. 1: Valoración de criterios para la selección de alternativas

| Costo | Mantenimiento | Facilidad de construcción | Disponibilidad de material | Valoración |
|--------|---------------|---------------------------|----------------------------|------------|
| Bajo | Fácil | Bajo | Bajo | 4 |
| Módico | Medio | Medio | Medio | 3 |
| Alto | Difícil | Alto | Alto | 2 |

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

La alternativa que obtenga la mayor puntuación en cada sistema, será la que se diseñe. En las tablas 3.2 a la 3.4 se realiza la ponderación para cada sistema

3.2.2 SISTEMA DE SUJECIÓN DE LA CARCAZA

Tabla 3. 2 Valoración de alternativas para el sistema de sujeción de la carcaza

| Criterios | Sujeción hidráulica | Sujeción manual | Diseño ideal |
|----------------------------|---------------------|-----------------|--------------|
| Costo | 2 | 4 | 4 |
| Mantenimiento | 2 | 4 | 4 |
| Facilidad de construcción | 2 | 3 | 4 |
| Disponibilidad de material | 2 | 3 | 4 |
| Total | 8 | 14 | 16 |
| Porcentaje | 50% | 87,5% | 100% |

Fuente: propia

Elaboración: propia

Como se observa en la tabla 3.2 la alternativa con la mayor valoración para el sistema de sujeción es la manual, por lo tanto se selecciona esta opción para su posterior diseño.

3.2.3 SISTEMA DE GIRO DE LA CARCAZA

Tabla 3. 3 Valoración de alternativas para el sistema de giro de la carcaza

| Criterios | Engranajes | Manivela de giro y pasador de anclaje en placa divisora | Diseño ideal |
|----------------------------|------------|---|--------------|
| Costo | 2 | 3 | 4 |
| Mantenimiento | 2 | 3 | 4 |
| Facilidad de construcción | 2 | 3 | 4 |
| Disponibilidad de material | 3 | 3 | 4 |
| Total | 9 | 12 | 16 |
| Porcentaje | 56.25% | 75% | 100% |

Fuente: propia

Elaboración: propia

En la tabla 3.3 se visualiza que, de las opciones propuestas la de mayor porcentaje es la manivela de giro y pasador de anclaje en placa divisora, entonces esta alternativa se selecciona para el desarrollo del presente proyecto.

3.2.4 SISTEMA DE REGULACION DEL DIAMETRO DE LA CARCAZA

Tabla 3. 4 Valoración de alternativas para el sistema de regulación del diámetro

| Criterios | Desplazamiento por medio de tornillo de potencia | Correderas | Diseño ideal |
|----------------------------|--|------------|--------------|
| Costo | 2 | 2 | 4 |
| Mantenimiento | 3 | 2 | 4 |
| Facilidad de construcción | 2 | 2 | 4 |
| Disponibilidad de material | 3 | 2 | 4 |
| Total | 10 | 8 | 16 |
| Porcentaje | 62,5% | 50% | 100% |

Fuente: propia

Elaboración: propia

En la tabla 3.4 la alternativa con la mayor valoración es la del desplazamiento por medio de tornillo de potencia, por lo que esta alternativa se selecciona para su posterior diseño.

3.3 PROTOCOLO DE PRUEBAS

El protocolo de pruebas es un documento, que consiste en un estudio de los principales parámetros establecidos en el diseño del equipo, y evaluar el correcto funcionamiento y fiabilidad del prototipo.

Algunos aspectos importantes a ser comprobados en el protocolo de prueba son:

- Datos de la empresa a verificar el prototipo.
- Dimensiones físicas del prototipo.
- Verificación de la soldadura.
- Verificación de los sistemas principales.

Pruebas: en este apartado el prototipo se somete a dos pruebas diferentes como son la prueba de vacío y la prueba con carga.

En el Anexo 1 se muestra el formato del protocolo de pruebas

CAPITULO IV

DISEÑO DEL DISPOSITIVO SOPORTE

Al empezar con el diseño y selección de los elementos del dispositivo soporte, se establecen criterios en los cuales se fundamenta el cálculo de la alternativa escogida

4.1 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES Y PARAMETROS DE DISEÑO

- ✓ Para los cálculos respectivos se considera a la carga en forma estática en cualquier posición que esta se encuentre, porque la velocidad de uso no sobrepasa los 2,4 m/min.
- ✓ El peso de los elementos adherentes a la estructura no se consideran debido que al ser comparados con el peso de la carcasa son despreciables.
- ✓ El material empleado para la construcción del prototipo es el acero A36 de fácil adquisición en el mercado nacional. Se puede emplear otro tipo de material específico para la fabricación de elementos que lo ameriten.
- ✓ El factor de seguridad escogido es mayor o igual a 2 por ser de uso generalizado, en casos específicos se utiliza el factor de seguridad recomendado.
- ✓ El diseño de los diferentes elementos deben ser sometidos a comprobación de acuerdo a las normas correspondientes.
- ✓ Se utilizan unidades del sistema internacional de unidades (SI) y si es necesario su equivalencia en el sistema técnico (ST).

4.2 APLICACIÓN DEL SOFTWARE SAP 2000

Para facilitar el cálculo de las reacciones y los momentos en cada uno de los elementos de la estructura del soporte, se utiliza el software SAP 2000, cuya presentación se ve en la figura 4.1

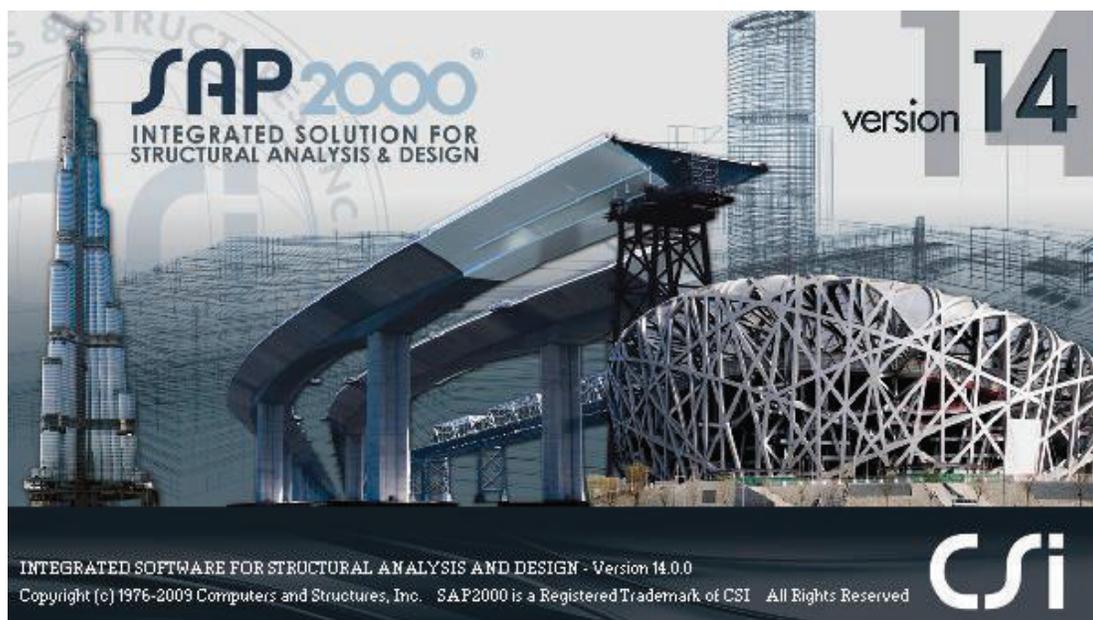


Figura 4. 1 SAP2000 Advanced V14.0.0 Pantalla de inicio

Fuente: COMPUTERS AND ESTRUCTURES Inc, SAP 2000 Advance V14.0.0
Pantalla de inicio

Este programa se utiliza ampliamente por ingenieros civiles, mecánicos, estructurales Arquitectos y otros, para facilitar el cálculo de las estructuras, y es desarrollado por la COMPUTERS and STRUCTURES Inc en California.

El objetivo del programa, es el cálculo de fuerzas en los diferentes elementos de la estructura que en conjunción con las secciones, propiedades de los materiales, aplicaciones de cargas, incorporación de normas, se han convertido en una herramienta práctica para agilizar los procesos del diseño.

Hay que tener en consideración que, por ser un programa no tiene razonamiento. Es decir se puede utilizar el programa para agilizar los cálculos pero nunca reemplazara el criterio ingenieril del diseñador al analizar una estructura.

4.2.1 ENTORNO DE TRABAJO DEL PROGRAMA SAP 2000

Para someter a análisis a cualquier estructura, se debe elaborar un modelo Bidimensional o Tridimensional de la estructura según lo amerite el estudio a realizarse. Para lograr esto se dispone de un Red o Cuadrícula (Grid) entre cuyos nodos se pueden ubicar los elementos de la estructura.

Sin embargo se debe tener en consideración las unidades con las cuales se va a trabajar, en la lista desplegable en la parte inferior derecha de la pantalla, como se ve en la figura 4.2



Figura 4. 2 Lista desplegable para selección de unidades

Fuente: COMPUTERS AND STRUCTURES Inc, SAP 2000 Advance V14.0.0

4.2.1.1 Crear modelo

Para comenzar, se debe crear un modelo de la estructura. Dentro del dialogo de Nuevo Modelo (New Model) mostrado en la Figura 4.3 Se encuentran diferentes tipos de modelos a saber:

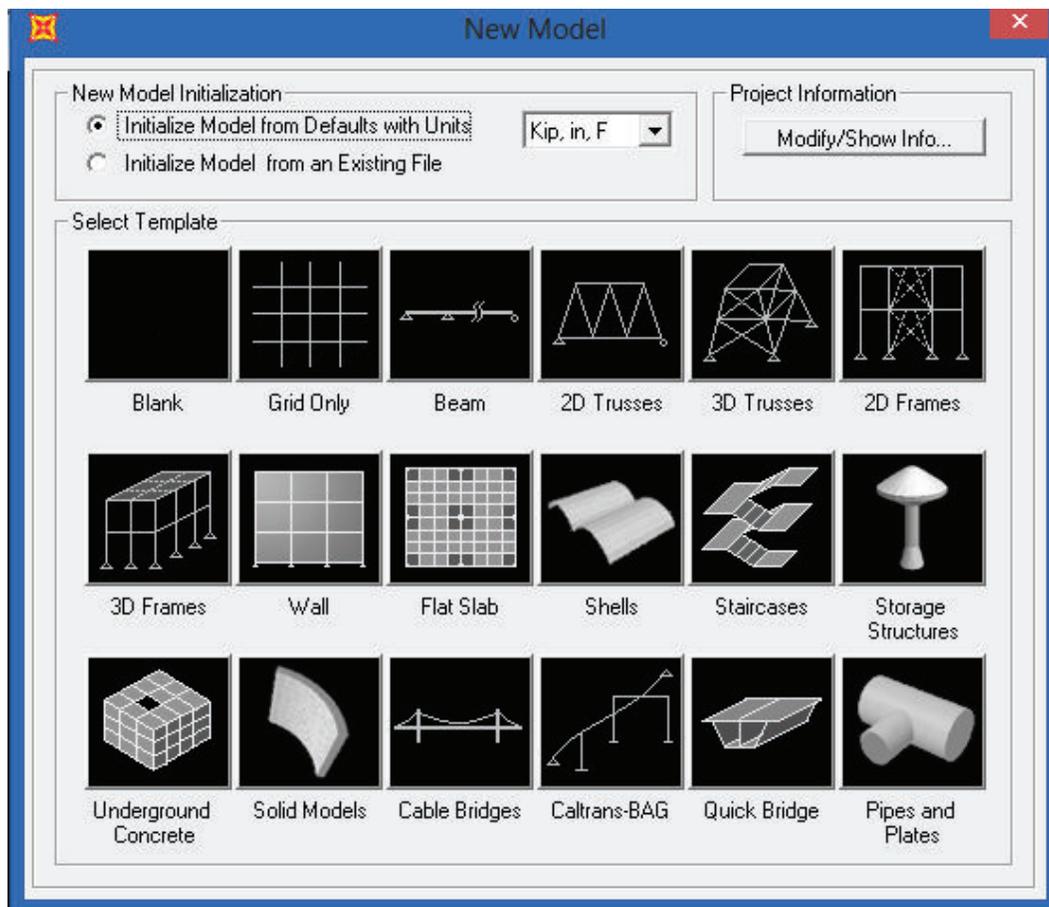


Figura 4. 3 Ventana nuevo modelo NEW MODEL SAP 2000

Fuente: COMPUTERS AND ESTRUCTURES Inc, SAP 2000 Advance V14.0.0

- Blank.- Se crea un modelo en blanco, para definir dentro del programa las geometrías de la cuadrícula.
- Grid Only.- Se crea solamente la cuadrícula del modelo.
- Beam.- Se utiliza para analizar solamente una viga bidimensional entre 2 o mas apoyos.
- 2D Trusses.- Para estructuras bidimensionales de celosía.
- 3D Trusses.- Para estructuras tridimensionales de celosía, especialmente estructuras de torres para comunicaciones y transporte de energía.
- 2D Frames.- Para pórticos con o sin arriostramientos interiores
- 3D Frames.- Para edificios tridimensionales con o sin arriostramientos interiores, pisos, paredes de cortante, elementos planares, losas, etc.

- Wall.- Para analizar paredes de hormigón armado.
- Flat Slab.- Para diseño de losas y pisos.
- Shells.- Para calcular cilindros verticales, semicilindros horizontales, múltiples semicilindros contiguos, paraboloides hiperbólicas, esferas parciales, domos esféricos y domos parabólicos
- Staircases.- Para cálculo de escaleras y descansos de estas.
- Storage Structures.- Para cálculo de tanques elevados de almacenamiento
- Underground Concrete.- Para cálculo de estructuras enterradas, como parqueaderos, refugios, casas de máquinas, etc.
- Solid Models.- Para cálculo de estructuras masivas de hormigón, como represas, anclajes de cables de puentes, etc.
- Cable Bridges.- Para cálculos básicos de puentes colgantes.
- Cabaltrans.- Para calcular rieles o cables de transportes como teleféricos.
- Quick Brlm.- Para cálculo de puentes de viguetas simplemente apoyadas o trabes de alma llena, para secciones de acero o en hormigón.
- Pipes and Plates.- Para placas, tubos, tuberías y conexiones especiales.

4.3 CALCULO DIMENSIONAMIENTO Y SELECCION DE ELEMENTOS.

Para mayor facilidad, el soporte se diseña por sistemas, que están comprendidos en:

- Sistema estructural.
- Sistema de sujeción de las carcazas.
- Sistema de giro de las carcazas.
- Sistema de regulación para el rango de diámetro de carcaza a ser manipulada.

4.3.1 SISTEMA ESTRUCTURAL.

Este sistema se refiere al soporte estructural de la carcaza, en donde va a reposar el peso de la carcaza para su mantenimiento. Por lo que se requiere de una serie de cálculos que garanticen la seguridad del operario de mantenimiento.

Para este cálculo se tienen en consideración los siguientes parámetros:

- Peso de la carcaza
- Fuerza aplicada a la estructura
- Dimensión radial de la carcaza
- Factor de seguridad

Restricciones:

- Peso = 1000 [Kg f]
- Dimensión = 1000 [mm]
- Factor de seguridad (n) ≥ 2

La fuerza se calcula en base al peso de la carcaza sin embargo como se debe tener en consideración los demás elementos de la estructura se tomara 10% del peso de la carcaza como referencia por lo tanto el peso considerado será de: 1100 [Kg f] que en su respectivo sistema es 10780 [N].

4.3.1.1 Diseño geométrico

Para asegurar que la estructura soporte el peso de la carcaza se toma como geometría base un trapecio el cual va a ser respectivamente analizado con las fuerzas obtenidas mediante el uso del software SAP 2000 previamente mencionado. Además que se debe tener en consideración que dicho dispositivo debe tener una altura ergonómica apropiada, como se menciona en el apartado 1.1.7.

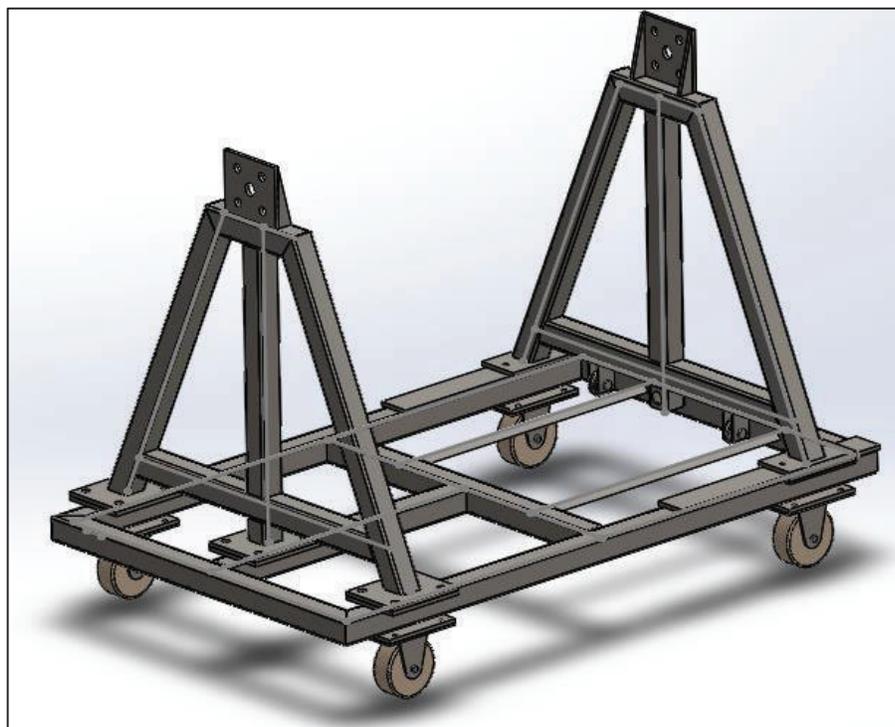


Figura 4. 4 Estructura geométrica del soporte

Fuente: Propia – Solidwork

4.3.1.2 Calculo de la fuerza en cada extremo del soporte

Para el cálculo de las reacciones en cada apoyo de la estructura, se realiza un análisis considerando al peso como carga distribuida, como se ilustra en la figura 4.1.

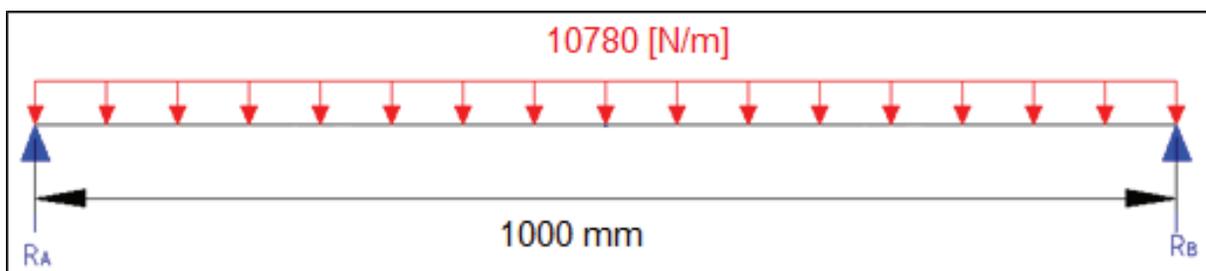


Figura 4. 5 Reacciones del soporte de la carcaza

Fuente: Propia

Una vez ubicada la fuerza y reacciones que actúan dentro de los soportes de la estructura se realiza un análisis estático (Ver Ec. 4.1 y Ec. 4.2) para determinar el valor de cada reacción:

$$\sum F_y = 0 \quad (\text{Ec. 4.1})$$

$$R_A + R_B = 10780$$

$$\sum M_A = 0 \quad (\text{Ec. 4.2})$$

$$M_B = 0$$

$$R_B = \frac{10780 [N] * 05 [m]}{1 [m]} = 5390 [N]$$

$$R_A = 5390 [N]$$

4.3.1.3 Calculo del perfil

Con el valor de cada reacción se procede a determina el esfuerzo cortante y el momento máximo de la parte vertical de la estructura.

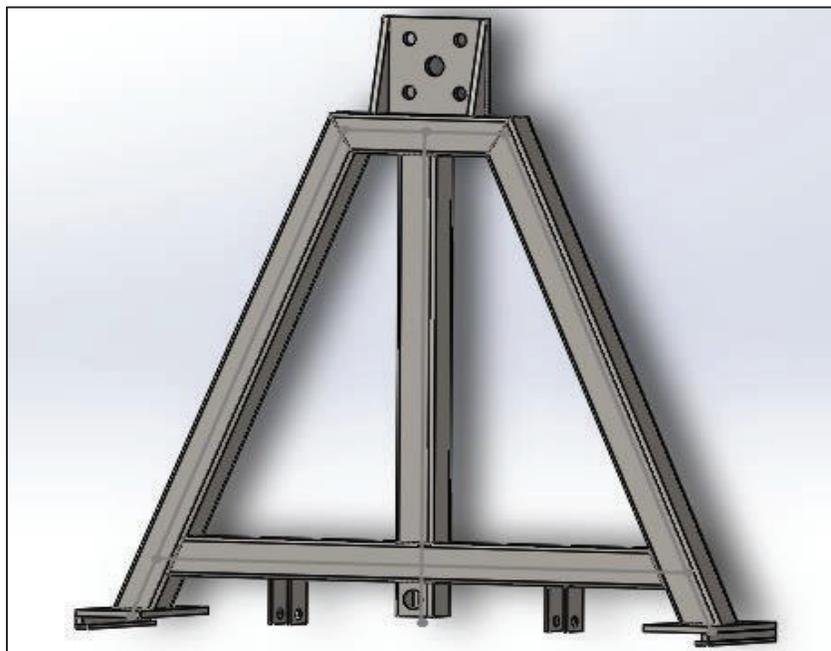


Figura 4. 6 Estructura soporte móvil

Fuente: Propia- Solidwork

Para este cálculo se tienen como datos los siguientes parámetros:

- Longitud de la viga soporte = 300 [mm]
- Carga puntual = 5390 [N]
- Factor de seguridad ≥ 2

En base a estas consideraciones, se presenta el diagrama de cuerpo libre en la figura 4.5

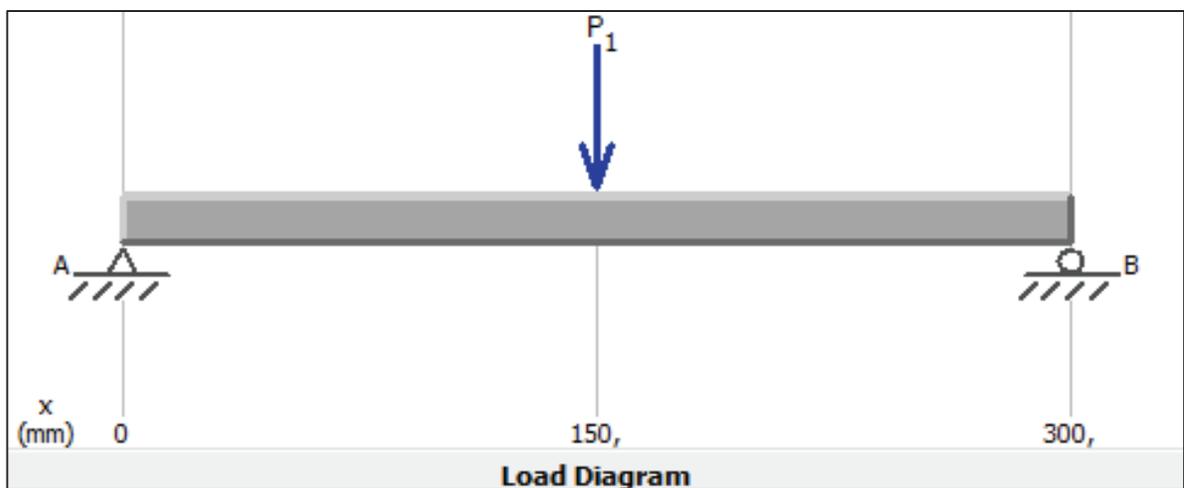


Figura 4. 7 Viga soporte

Fuente: MDSolids 4.0

Elaboración: Propia

Los diagramas del esfuerzo cortante y momento flector se determinan mediante el software MDSolids 4.0 y son representados en las figuras 4.6 y figura 4.7 respectivamente.

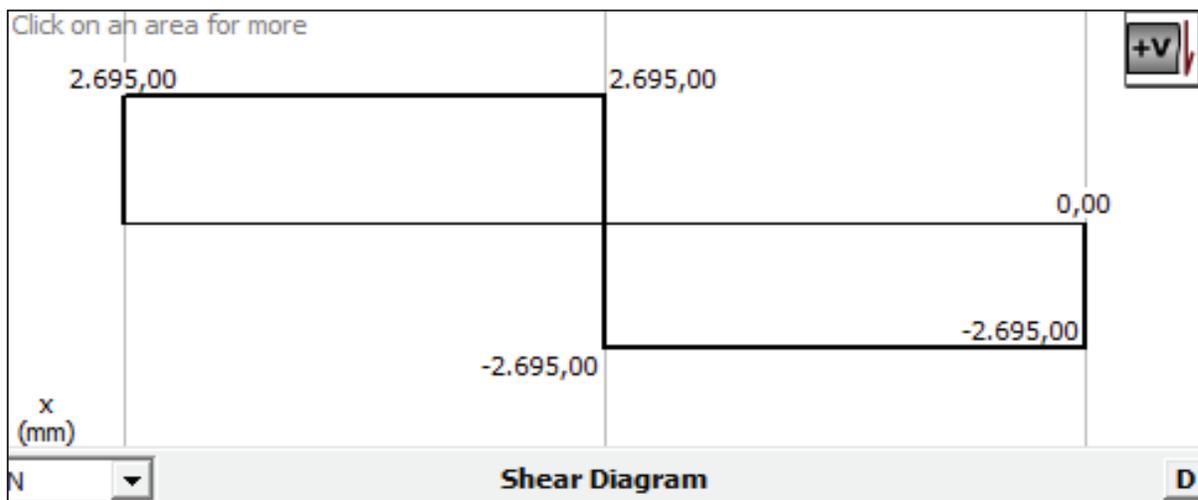


Figura 4. 8 Diagrama del cortante de la viga soporte

Fuente: MDSolids 4.0

Elaboración: Propia

El esfuerzo cortante máximo (V_M) es de 2695 [N]

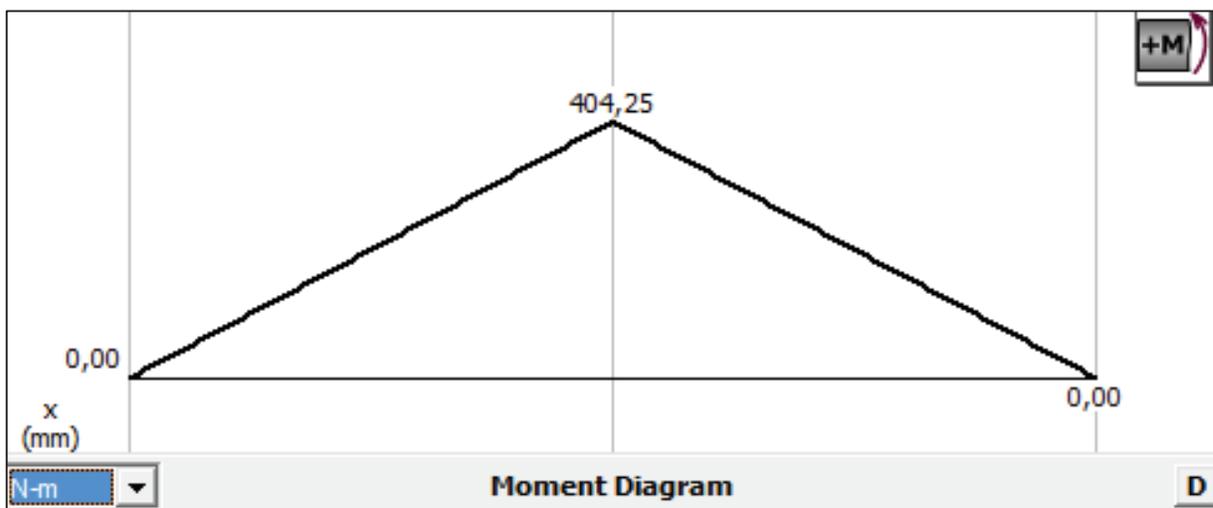


Figura 4. 9 Diagrama del momento flector de la viga soporte

Fuente: MDSolids 4.0

Elaboración: Propia

El momento máximo (M_M) es de 404,25 [Nm]

4.3.1.3.1 Selección del perfil

A partir del momento máximo originado en la aplicación de las cargas mencionadas se selecciona el perfil, utilizando un factor de seguridad (n) mayor o igual a 5

Se selecciona acero estructural ASTM A-36 que posee las propiedades expuestas en la tabla 4.1

Tabla 4. 1 Propiedades mecánicas acero ASTM A-36

| Propiedades Mecánicas | | | | |
|--------------------------|-----|--------------------------|-----|------------|
| Esfuerzo Fluencia Mínimo | | Esfuerzo Tracción Mínima | | Elongación |
| Kg/mm ² | MPa | Kg/mm ² | MPa | % |
| 25,5 | 250 | 40,8 | 400 | 2 |

Fuente: http://www.acerosotero.cl/acero_carbono_astm_a36.html

Mediante la ecuación 4.3 y otras relaciones se determinan el módulo de resistencia para un perfil determinado

$$\sigma_p = \frac{Mc}{Ix} = \frac{M_M}{S_x} \leq \sigma_{max} = \frac{S_y}{n} \quad (\text{Ec. 4.3})^8$$

Donde:

σ_p = esfuerzo permisible

M_M = momento máximo

S_y = límite de fluencia

S_x = módulo de resistencia

⁸ MANUAL DE DISEÑO MECANICO, J. E. SHIGLEY.

$$\sigma_p = \sigma_{max} = \frac{250}{2} = 125 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{max} = \frac{M_M \times n}{S_x} \quad (\text{Ec.4.2})$$

Reemplazando valores en la ecuación 4.2

$$125000000 \text{ [Pa]} = \frac{404,25 \times 2}{S_x}$$

$$S_x = 6,468 \times 10^3 \text{ [m}^3\text{]}$$

$$S_x = 6.468 \text{ [cm}^3\text{]}$$

De acuerdo al catálogo IPAC que se muestra en el Anexo 2, se selecciona un perfil cuadrado de lado 60 [mm] y de espesor 2 [mm]

Además por diseño geométrico y la utilización de correderas se selecciona un ángulo, que sea la guía de la misma. Ver Anexo 3

4.3.1.4 Análisis estructural del soporte

Una vez seleccionado el perfil y con el diseño geométrico de la estructura se hace el análisis del mismo, por medio de la aplicación del software SAP 2000 previamente mencionado (Ver sección 4.2)

Sin embargo debido a que la estructura posee un soporte móvil el cual varía su posición de acuerdo al diámetro de la carcaza que soporta, el análisis estructural debe ser en dos posiciones puntuales (Ver Capítulo 2, Tabla 2.1):

- Diámetro máximo de la carcaza a soportar
- Diámetro mínimo de la carcaza a soportar

En las figuras 4.10 a las 4.22 se visualiza el análisis estructural de la carcaza en sus dos posiciones principales.

4.3.1.4.1 Análisis estructural para el diámetro máximo

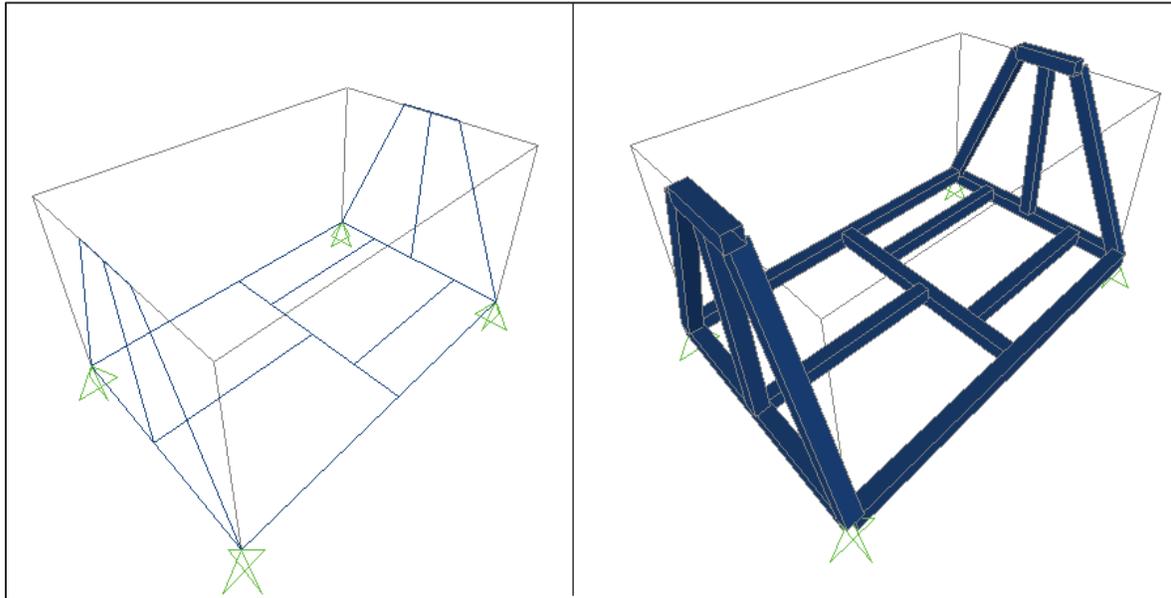


Figura 4. 10: Diseño geométrico de la estructura: a) Diseño 2D, b) Diseño 3D

Fuente: SAP2000 V14

Elaboración: Propia

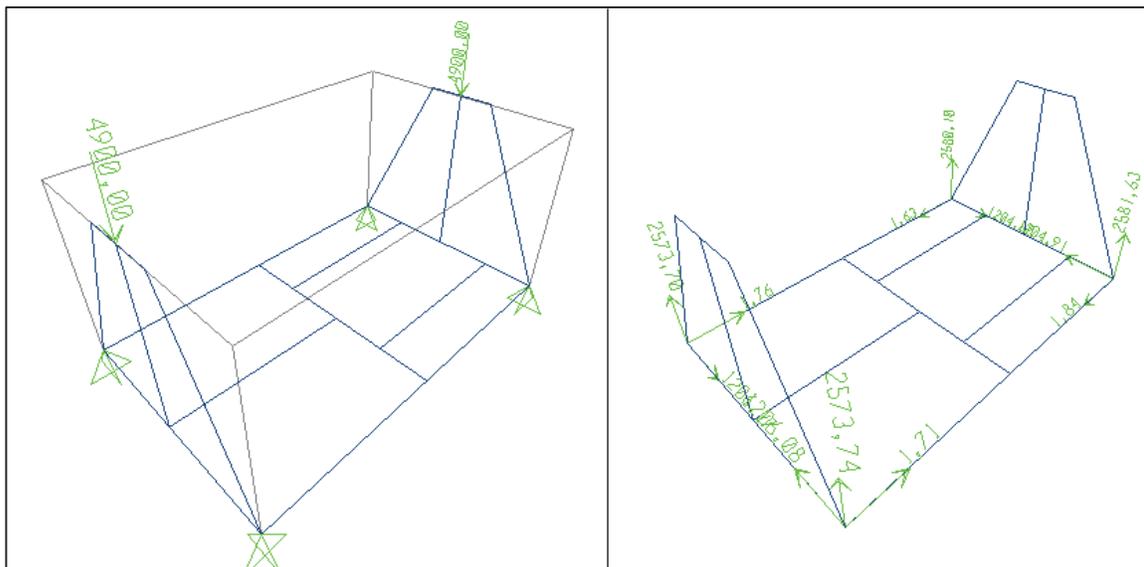


Figura 4. 11: a) Fuerzas que soporta la estructura b) Fuerzas resultantes

Fuente: SAP2000 V14

Elaboración: Propia

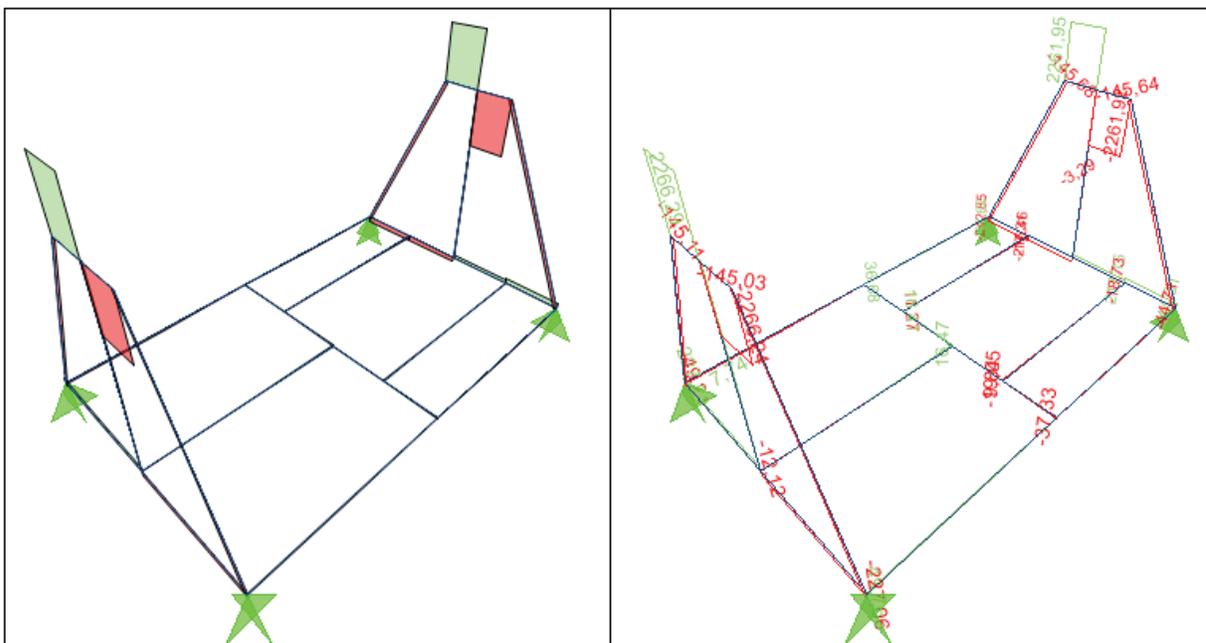


Figura 4. 12: a) Diagrama fuerza cortante Y b) Fuerza cortante máxima y mínima

Fuente: SAP2000 V14

Elaboración: Propia

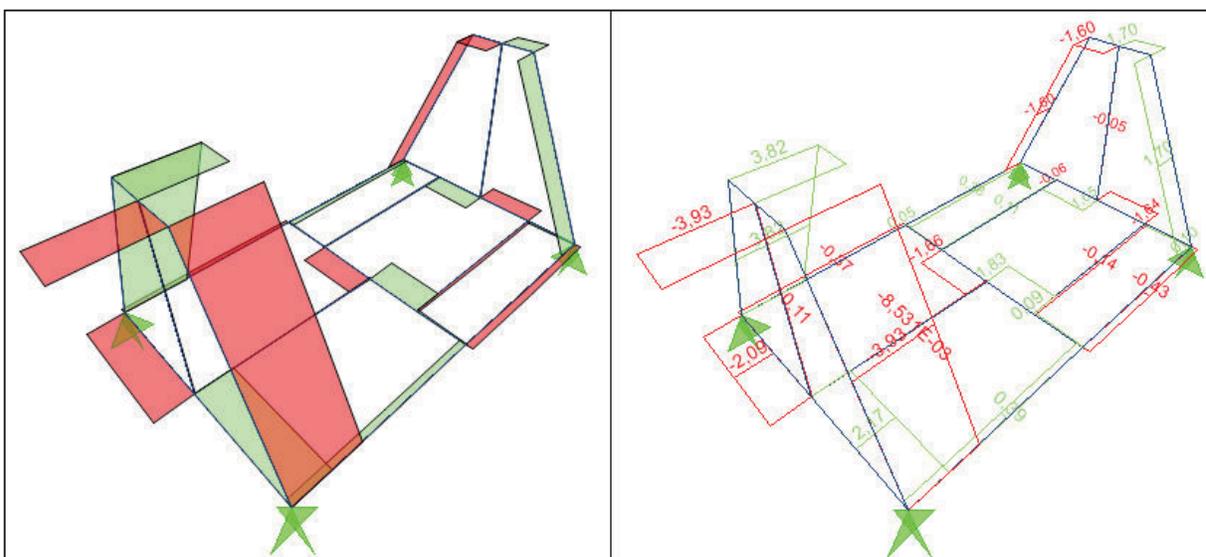


Figura 4. 13: a) Diagrama fuerza cortante X b) Fuerza cortante máxima y mínima

Fuente: SAP2000 V14

Elaboración: Propia

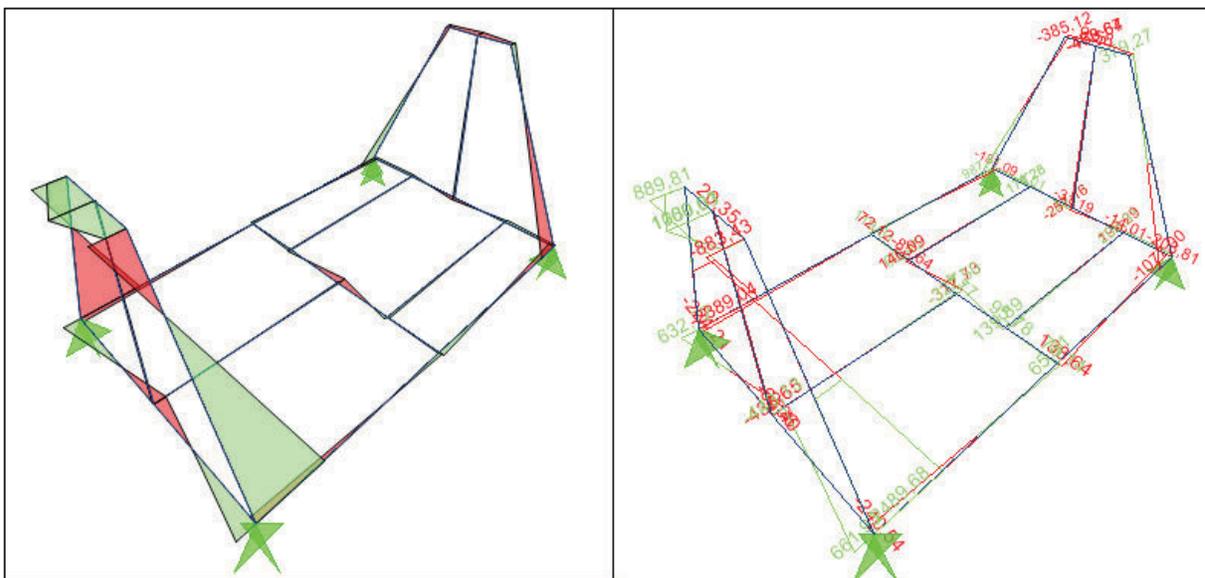


Figura 4. 14: a) Diagrama momento X b) Momento máxima y mínima

Fuente: SAP2000 V14

Elaboración: Propia

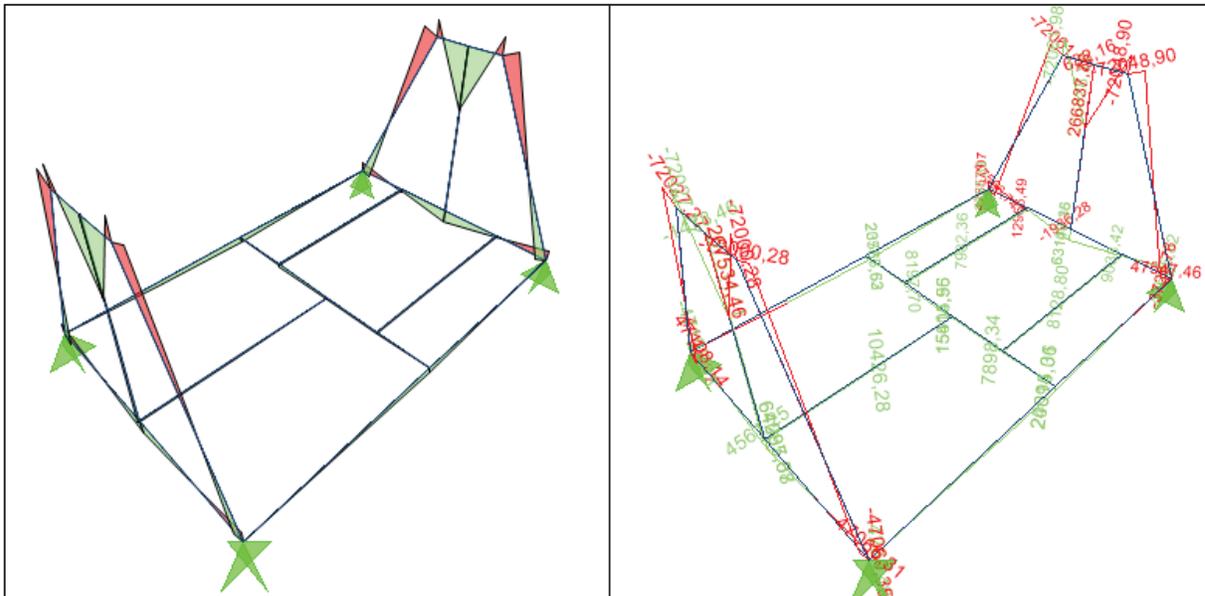


Figura 4. 15: a) Diagrama momento Y b) Momento cortante máxima y mínima

Fuente: SAP2000 V14

Elaboración: Propia

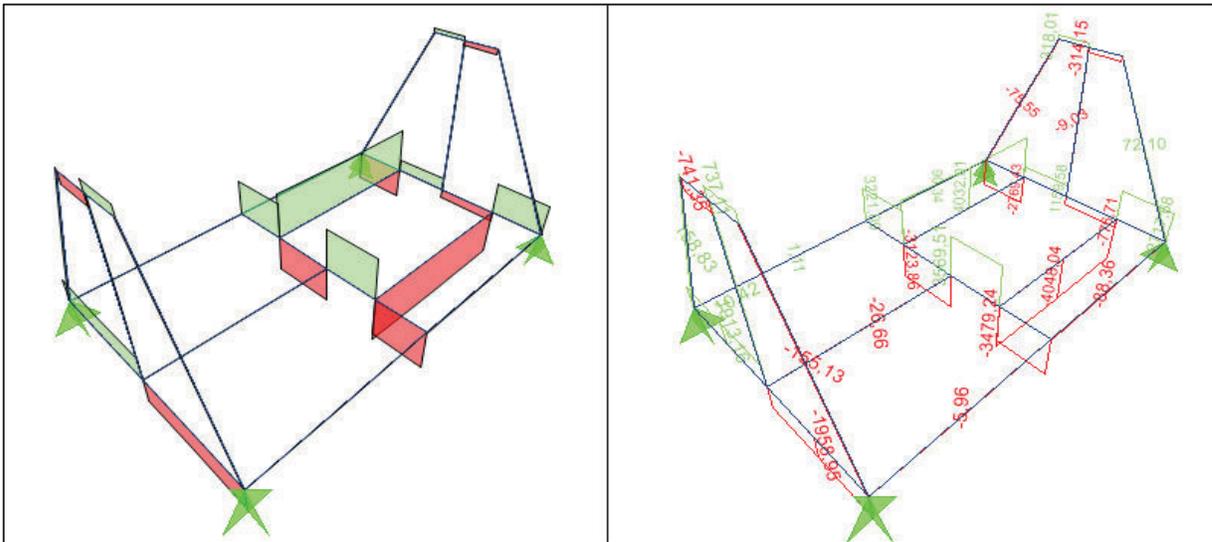


Figura 4. 16: a) Diagrama momento Torsor b) Momento Torsor máximo y mínimo

Fuente: SAP2000 V14

Elaboración: Propia

4.3.1.4.2 Análisis estructural para el diámetro mínimo

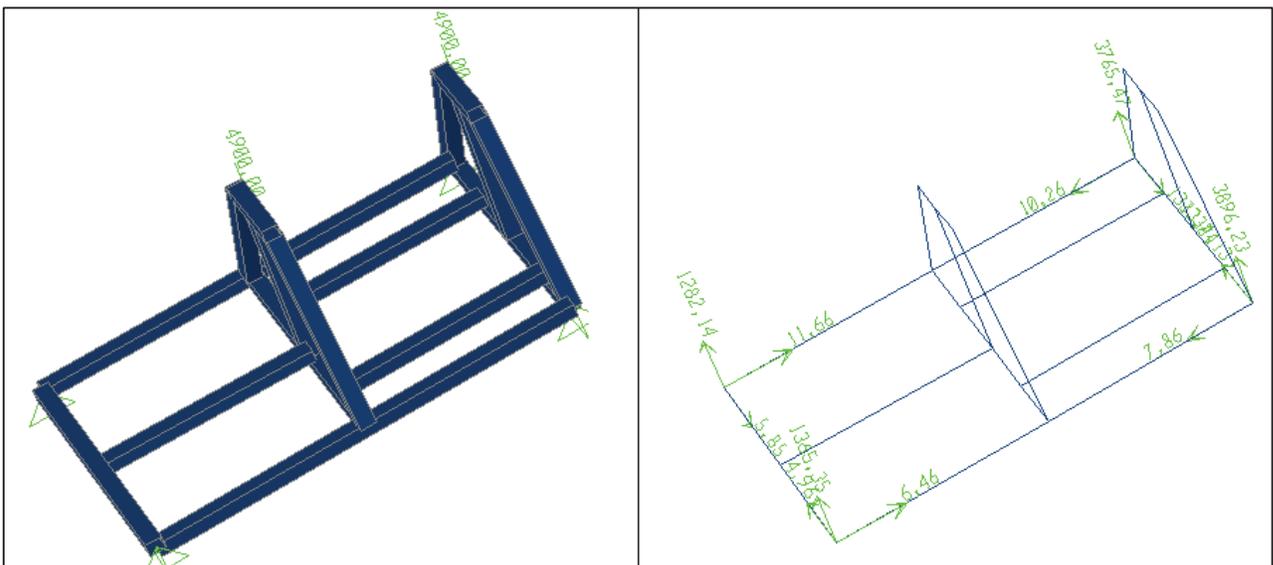


Figura 4. 17: a) Fuerzas que soporta la estructura b) Fuerzas resultantes

Fuente: SAP2000 V14

Elaboración: Propia

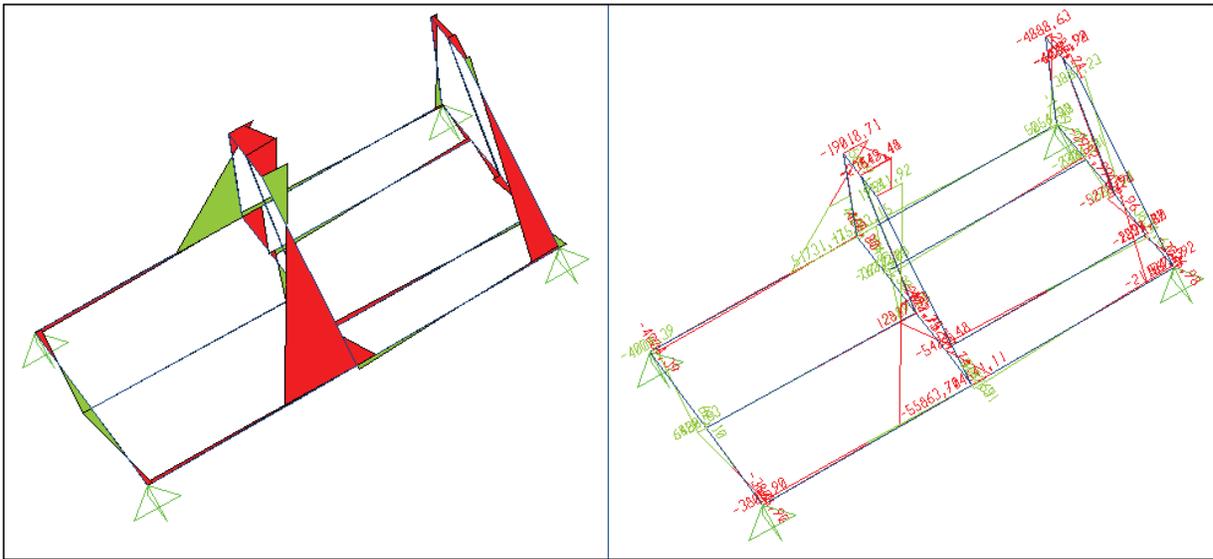


Figura 4. 20: a) Diagrama Momento Y b) Momento máximo y mínimo

Fuente: SAP2000 V14

Elaboración: Propia

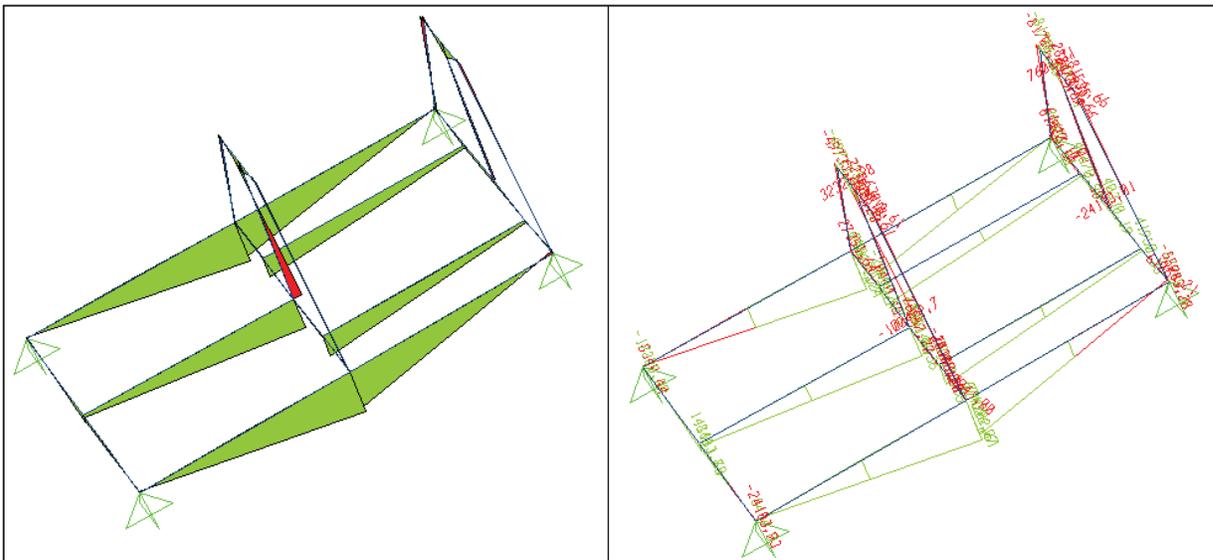


Figura 4. 21: a) Diagrama Momento X b) Momento Flector máximo y mínimo

Fuente: SAP2000 V14

Elaboración: Propia

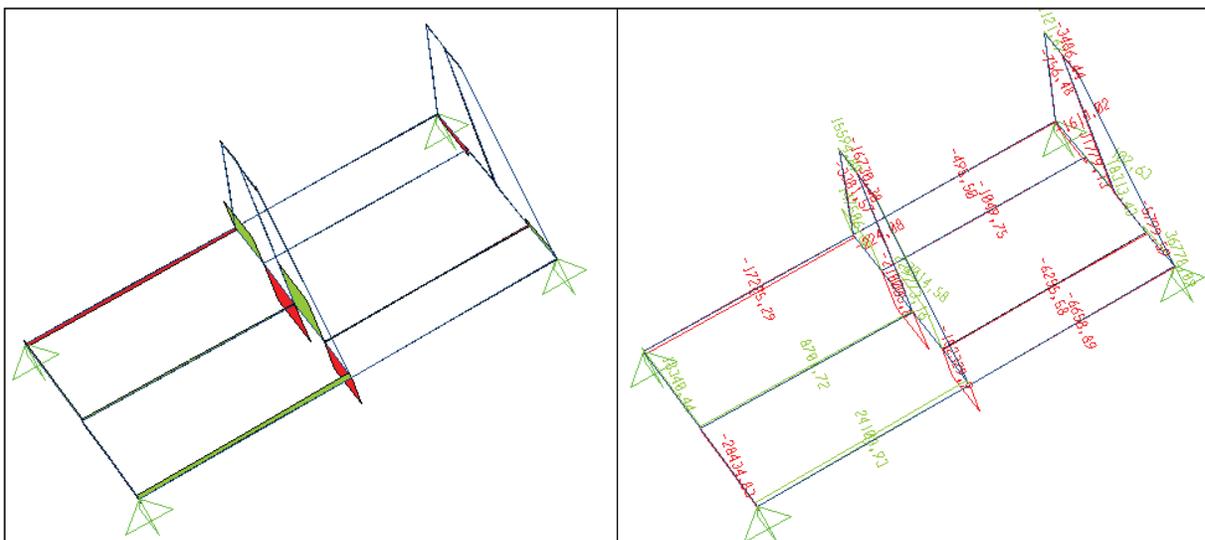


Figura 4. 22: a) Diagrama momento Torsor b) Momento Torsor máximo y mínimo

Fuente: SAP2000 V14

Elaboración: Propia

Con los datos obtenidos se concluye que el material y el perfil seleccionado para el diseño cumplen con las características para soportar las fuerzas ejercidas sobre el mismo.

4.3.1.5 Selección de soldadura

El 80% de las soldaduras realizadas en el prototipo se encuentran en la estructura soporte, lo que quiere decir, que los perfiles metálicos de bajo espesor con resistencia a la fluencia igual a 250 [MPa] (36 ksi), son unidos mediante el proceso SMAW mediante la selección del electrodo E 6011 de diámetro 3,2 [mm] (1/8") como electrodo de penetración recomendado según la norma AISC. En el Anexo 4 (WPS Soldadura de la estructura) se presenta los parámetros del diseño de la soldadura a emplearse, además el electrodo seleccionado es de la marca INDURA E6011, sus características se detallan en el Anexo 5.

4.3.1.6 Selección de Garruchas

Son elementos que permiten desplazar con mayor facilidad al equipo dependiendo del lugar en donde se realice el mantenimiento de la carcaza. Ver figura 4.23

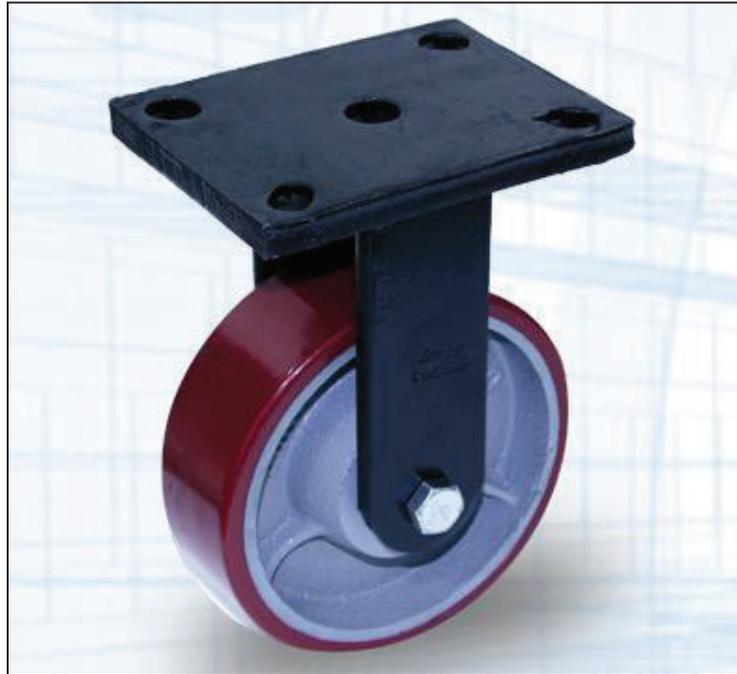


Figura 4. 23 Garrucha

Fuente: Catalogo de ruedas y garruchas industriales ecuador

Para esta selección se consideración los siguientes parámetros:

- Capacidad de carga
- Superficie de trabajo
- Condiciones Ambientales

Restricciones:

- Capacidad de carga (Cc)
Se determina dividiendo la carga total por el número de garruchas a utilizar.
 $Cc = 275$ [Kg f]

- Superficie de trabajo
La garruchas van estar expuestas a superficies de asfalto, baldosa, cerámica, madera y ladrillo.
- Condiciones ambientales
Las garruchas van a estar expuestas a ambientes de aceite industrial, superficies húmedas y viruta metálica.

De acuerdo a lo anteriormente mencionado y con el catálogo de garruchas expuesto en el Anexo 6 se tiene que la garrucha seleccionada es: Rueda de tipo PR de diámetro 150 [mm]

4.3.2 SISTEMA DE SUJECION DE LAS CARCAZAS

Este sistema se refiere a los elementos que permiten la sujeción de la carcaza hacia la estructura del soporte como se muestra en la figura 4.24 para permitir ubicarla en las diferentes posiciones en las que se debe realizar el mantenimiento de la misma.

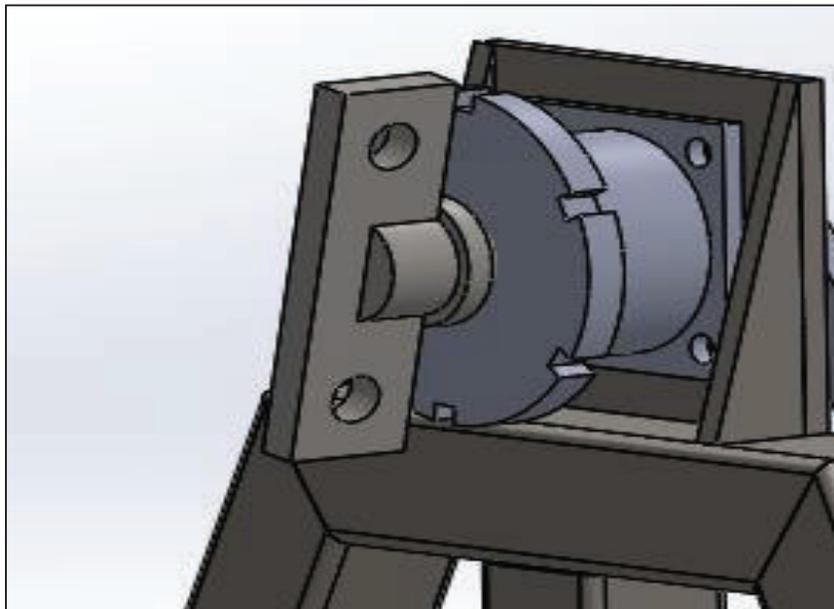


Figura 4. 24 Sujeción de la carcaza- placa soporte

Elaboración: Propia

Fuente: SolidWork

4.3.2.1 Diseño de la placa soporte

Es aquel elemento que permite la interacción y el soporte entre la carcaza y el eje que genera el movimiento de la misma. Ver figura 4.24

Para el diseño se tiene en consideración los siguientes parámetros:

- Material de construcción
- Espesor
- Diámetro de orificios para las sujeción de la carcaza
- Distancia entre centros de los orificios
- Alto y ancho de la placa

Restricciones:

- Material de construcción:
Acero SAE 1018
- Espesor
Se selecciona un espesor similar al de la carcaza que es de 15 [mm]
- Diámetro de orificios
 $d_o = 20$ [mm] (De acuerdo a parámetros dimensionales del dispositivo ver Tabla 2.1)
- Distancia entre centros de los orificios.
La distancia es de 110 [mm] (De acuerdo a parámetros dimensionales del dispositivo ver Tabla 2.1)
- Ancho y alto de la placa
Se determina de acuerdo a la distancia entre centros y el diámetro de los orificios, de tal manera que se asegure el soporte de la carcaza, sin que ocurra una fractura del mismo. Por lo tanto las dimensiones son:
Ancho = 48 [mm]
Alto = 160 [mm]

4.3.2.2 Selección de los pernos de sujeción

Para seleccionar el perno que cumpla con la función determinada, se realiza el análisis sometiéndolo al mismo a esfuerzos de corte y tracción. Debido a que son las dos posiciones principales en las que el perno va a trabajar.

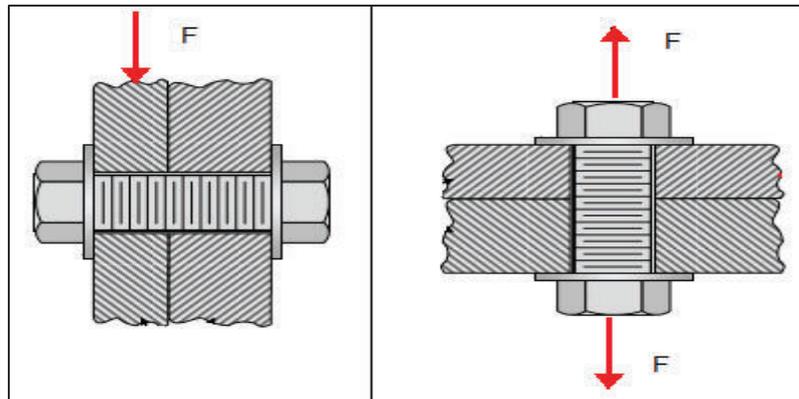


Figura 4. 25 a) perno sometido a corte b) perno sometido a tracción

Elaboración: Propia

Para esta selección se tienen en consideración los siguientes parámetros:

- Fuerza a soportar
- Espesor de la carcaza
- Espesor del elemento soporte
- Módulo de elasticidad del perno
- Cantidad de pernos
- Diámetro del perno
- Longitud del perno

Restricciones:

- Fuerza a soportar
 $F = 5390 [N]$

- Espesor de la carcaza
 $t = 20 \text{ [mm]} = 0,02 \text{ [mm]}$
- Espesor del elemento soporte
 $l = 15 \text{ [mm]} = 0,015 \text{ [mm]}$
- Módulo de elasticidad del perno (E)
 $E = 30 \times 10^6 \text{ [psi]}$
 $E = 2,07 \times 10^{11} \text{ [Pa]}$
- Cantidad de pernos
 $N_p = 2$
- Diámetro del perno
 $d_p = 20 \text{ [mm]} = 0,02 \text{ [mm]}$ (De acuerdo a parámetros dimensionales del dispositivo ver Tabla 2.1)
- Longitud del perno

Para determinar la longitud del perno se considera la longitud de cada espesor que va a unir, además de la longitud de la tuerca. Esta se obtiene de una relación con el diámetro del perno (Ver Anexo 7)

 $l_t \text{ (longitud de la tuerca)} = 16 \text{ [mm]} = 0,016 \text{ [m]}$
 $l_p = t + l + l_t + e_x$
 $l_p = 0,02 + 0,015 + 0,016 + 0,009 = 0,06 \text{ [m]} = 60 \text{ [mm]}$

4.3.2.2.1 Esfuerzo de precarga

$$\text{Área de apoyo } (A_a) = d_p \times t \quad (\text{Ec. 4.2})$$

$$A_a = 0,02 \times 0,02$$

$$A_a = 0,004 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$\text{Esfuerzo de precarga } (\sigma_a) = \frac{F}{2A_a} \quad (\text{Ec.4.3})$$

$$\sigma_a = \frac{5390 \text{ [N]}}{2 \times 0,004 \text{ [m}^2\text{]}}$$

$$\sigma_a = 67,4 \text{ [MPa]}$$

4.3.2.2.2 Esfuerzo cortante promedio

$$\text{Área de corte } (A_c) = \frac{\pi}{4} d^2 \quad (\text{Ec. 4.4})$$

$$A_c = \frac{\pi}{4} 0,02^2$$

$$A_c = 0,003 \text{ [m}^2\text{]}$$

$$\text{Esfuerzo cortante } (\tau_p) = \frac{F}{2A_c} \quad (\text{Ec. 4.5})$$

$$\tau_p = \frac{5390 \text{ [N]}}{2 \times 0,003 \text{ [m}^2\text{]}}$$

$$\tau_p = 85,6 \text{ [MPa]}$$

4.3.2.2.3 Esfuerzo bajo carga

$$\sigma_c = c \times \sigma_a + \sigma_a \quad (\text{Ec. 4.6})$$

$$\text{Constante de carga estatica } (c) = \frac{k_b}{k_b + k_m} \quad (\text{Ec. 4.7})$$

$$l_a = 0,04 \text{ [m]}$$

$$\text{Constante de rigidez del perno } (k_b) = \frac{\pi \times dp^2 \times E}{l_a} \quad (\text{Ec. 4.8})$$

$$k_b = \frac{\pi \times 0,02^2 \times 2,07 \times 10^{11}}{0,04}$$

$$k_b = 6,5 \times 10^9 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}} \right]$$

$$\text{Constante de rigidez de los elementos } (k_m) = \frac{\pi \times dp \times E}{2 \ln \left(\frac{5(l_a + 0,5dp)}{l_a + 2,5dp} \right)} \quad (\text{Ec. 4.9})$$

$$k_m = \frac{\pi \times 0,02 \times 2,07 \times 10^{11}}{2 \ln \left(\frac{5(0,04 + 0,5 \times 0,02)}{0,04 + 2,5 \times 0,02} \right)}$$

$$K_m = 6,36 \times 10^9 \left[\frac{\text{N}}{\text{m}} \right]$$

Reemplazando las constantes k_b , y k_m en la Ec. 4.7

$$c = \frac{6,5}{6,5 + 6,4}$$

$$c = 0.5$$

Reemplazando constante de carga estática en la Ec. 4.6

$$\sigma_c = 0,5 \times 67,4 + 67,4$$

$$\sigma_c = 101,1 \text{ [MPa]}$$

4.3.2.2.4 Resistencia ultima mínima a la tracción

Factor de seguridad (n)

Como los pernos deben soportar una gran carga para evitar la caída de la carcaza sobre los operarios se toma un factor de seguridad igual 5

$$n = \frac{S_u}{\sigma_c} \quad (\text{Ec. 4.10})$$

$$S_u = 5 \times 101,1$$

$$S_u = 505,5 \text{ [MPa]}$$

Por lo tanto el perno seleccionado tiene que ser: M20 x 60 con $S_u \geq 505,5$ [MPa] que mediante la tabla de clases métricas (ver Anexo 8) el perno escogido es de propiedad 8,8.

4.3.3 SISTEMA DE GIRO DE LAS CARCAZAS

Este sistema se refiere a los elementos que permiten dar giro a la carcaza y ubicar en las diferentes posiciones a la misma para su mantenimiento Ver la figura 4.26

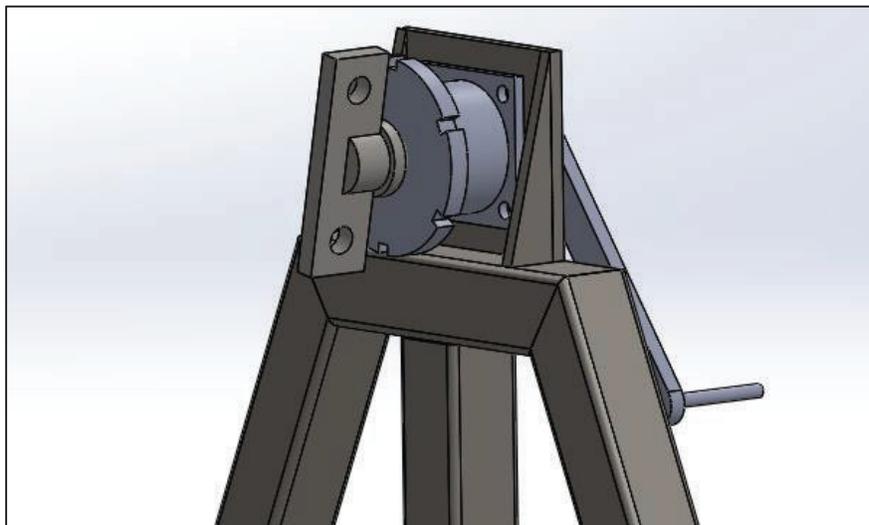


Figura 4. 26 Sistema giro de las carcazas

Elaboración: Propia

Fuente: SolidWork

4.3.3.1 Diseño del eje

Para este cálculo se tienen en consideración los siguientes parámetros:

- Fuerza aplicada al eje
- Tipo de material

Restricciones:

- Fuerza aplicada al eje
 $F_e = 4900 \text{ [N]}$
- Longitud del eje: $0,160 \text{ [m]}$
- Tipo de material:
Acero de transmisión SAE 1018 que tiene las siguientes propiedades
 - ✓ Resistencia a la fluencia $S_y = 220 \text{ [MPa]}$
 - ✓ Resistencia a la Tracción $S_{ut} = 400 \text{ [MPa]}^9$

⁹ SHIGLEY; Diseño en ingeniería mecánica; 8va Edición; Apéndice A-20

4.3.3.1.1 Fuerza cortante máxima y momento flector máximo

En la figura 4.23 se muestra el diagrama de cuerpo libre del elemento: con lo que se obtiene la reacción R_A

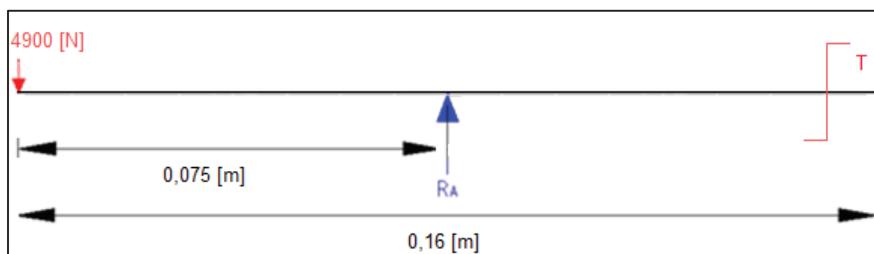


Figura 4. 27 Diagrama de cuerpo libre del eje

Fuente: propia

El cálculo de la R_1 está dado por la siguiente sumatoria de fuerzas:

$$\sum F_y = 0 \quad (\text{Ec. 4.11})$$

$$R_A - 4900 [N] = 0$$

$$R_A = 4900 [N]$$

Una vez obtenida la reacción en A se realiza un estudio por tramos del eje para realizar los diagramas de fuerza cortante y momento flector, como se indica en la figura 4.24 y de esta manera obtener el punto crítico y el momento flector máximo.

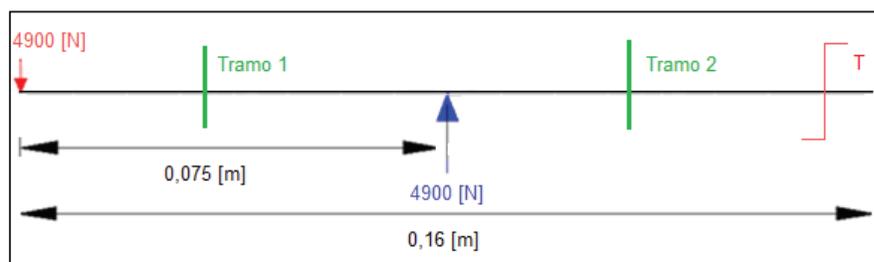


Figura 4. 28 División del eje en tramos

Fuente: propia

- **Estudio del tramo 1**

En la figura 4.25 se representa las fuerzas que interactúan el tramo 1

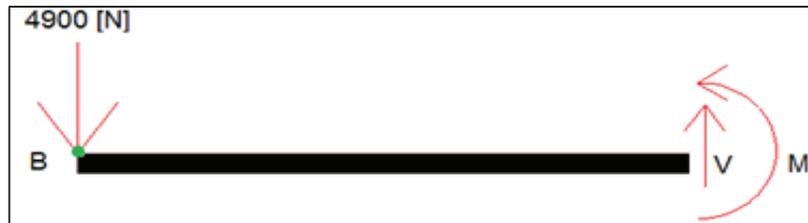


Figura 4. 29 Diagrama de cuerpo libre tramo 1

Fuente: propia

Calculo de la fuerza cortante y el momento flector

$$\sum F_y = 0$$

$$V - 4900 [N] = 0 \quad (\text{Ec. 4.12})$$

$$V = 4900 [N]$$

$$\sum M_B = 0$$

$$M + V * x = 0$$

$$M = - 4900 [N] * 0.075 [m] ; \text{ Cuando } 0 \leq x \leq 0,076 \quad (\text{Ec. 4.13})$$

$$M = - 367,5 [N * m]$$

- **Estudio del tramo 2**

En la figura 4.26 se representa las fuerzas que interactúan el tramo 1

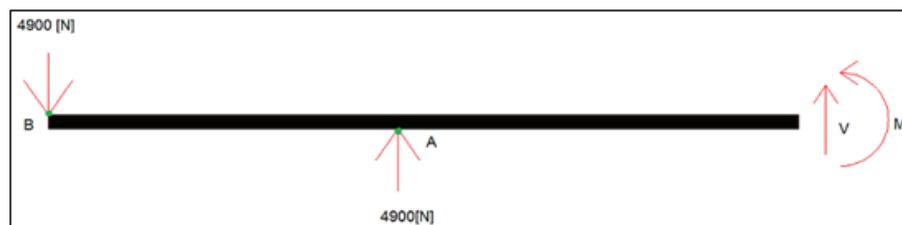


Figura 4. 30 Diagrama de cuerpo libre tramo 2

Fuente: propia

Calculo de la fuerza cortante y el momento flector

$$\sum F_y = 0$$

$$V - 4900 [N] + 4900 [N] = 0 \quad (\text{Ec. 4.14})$$

$$V = 0$$

$$\sum M_B = 0$$

$$M + V * x + 4900[N] * 0,075 = 0 ; \text{ Cuando } 0,075 \leq x \leq 0,16 \quad (\text{Ec. 4.15})$$

$$M = - 367,5 [N * m]$$

Calculo del momento torsor.

$$\text{Potencia generada por brazos (hp)} = 1,5 * t^{-0.40} \quad (\text{Ec. 4.16})^{10}$$

Dónde:

t = Tiempo en el que puede producir hp , para el proyecto el valor del tiempo es 2 [s], debido a que el operario no está en constante movimiento, sólo se realiza hasta regular la carcaza hasta una posición determinada.

$$hp = 1,5 * 2^{-0.40}$$

$$hp = 1.36 hp$$

$$P_{b/h} = 847.70 [W]$$

$$\text{Torque, (T)} = \frac{P}{\omega} \quad (\text{Ec. 4.17})^{11}$$

Donde:

ω = velocidad angular, la cual se la considera como una revolución debido a que el movimiento no va hacer continuo.

¹⁰ MARKS, Manual del ingeniero mecánico, 17-39, 9-4

¹¹ VALLEJO ZAMBRANO, Física vectorial

$$T = \frac{847,7 [W]}{2\pi \left[\frac{rad}{s}\right]}$$

$$T = 134,916 [N * m]$$

- Diagramas de fuerza cortante, momento flector y momento torsor:

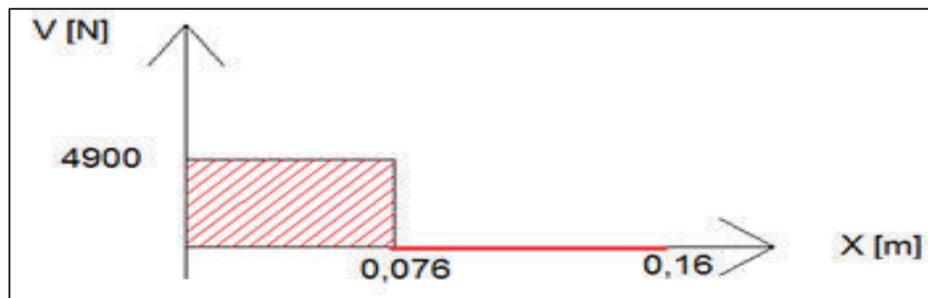


Figura 4. 31 Diagrama de fuerza cortante

Fuente: propia

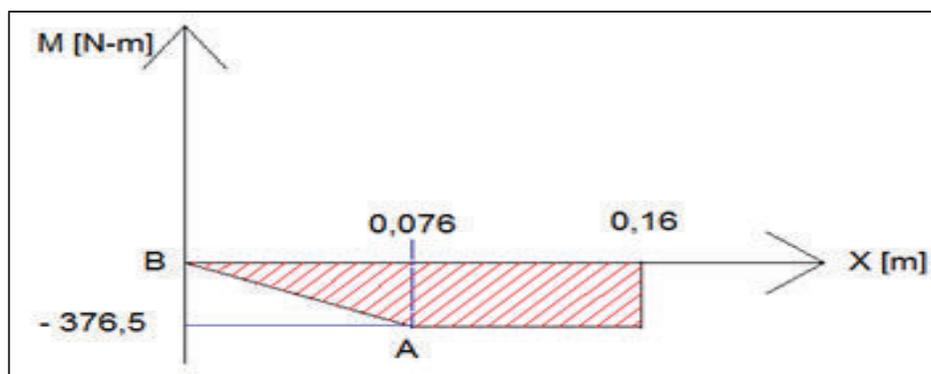


Figura 4. 32 Diagrama de Momento flector

Fuente: propia



Figura 4. 33 Diagrama Momento Torsor

Fuente: propia

De las figuras 4.27, 4.28, 4.29 se determina que el punto crítico es A obteniendo así los valores máximos de fuerza cortante, momento flector y momento torsor.

$$V_{\max} = 4900 \text{ [N]}$$

$$M_{\max} = 367,5 \text{ [N * m]}$$

$$T_{\max} = 134,916 \text{ [N * m]}$$

4.3.3.1.2 Calculo de esfuerzos

$$\sigma_x = \frac{32 M}{\pi d^3} \quad (\text{Ec. 4.18})$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 T}{\pi d^3} \quad (\text{Ec. 4.19})$$

Reemplazando los valores de momento flector máximo, momento torsor máximo y diámetro de 0,006 [m] en las Ec. 4.18 y 4.19:

$$\sigma_x = \frac{32 * 367,5 \text{ [N*m]}}{\pi 0,06^3} \quad ; \quad \tau_{xy} = \frac{16 * 134,916 \text{ [N*m]}}{\pi 0,06^3}$$

$$\sigma_x = 17330204,91 \text{ [N * m}^2\text{]} \quad ; \quad \tau_{xy} = 3181118,27 \text{ [N * m}^2\text{]}$$

Siguiendo con el cálculo de las teorías de falla para el diseño estático del eje, se aplica la teoría de falla de la distorsión:

$$\sigma' = (\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 \tau_{xy}^2)^{1/2} \quad (\text{Ec. 4.20})$$

$$\sigma' = ((17330204,91)^2 + 3 * (3181118,27)^2)^{1/2}$$

$$\sigma' = 18185008,73 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

$$\text{Factor de seguridad } (n) = \frac{S_y}{\sigma'} \quad (\text{Ec. 4.21})$$

Donde:

σ' = Esfuerzo permisible

S_y = Límite de fluencia

$$n = \frac{220 \text{ [MPa]}}{18,184 \text{ [MPa]}} = 12$$

4.3.3.1.2 Cálculo del diámetro del eje asumiendo un factor e seguridad

Para máquinas de uso industrial se considera un factor de seguridad mayor a 1 por lo tanto el factor de seguridad a estimar es 1,5.

$$d = \left[\frac{32 * n}{\pi * S_y} \sqrt{M_{max} + \frac{3}{4} * T_{máx}^2} \right]^{1/3} \quad (\text{Ec. 4.22})$$

$$d = \left[\frac{32 * 1,5}{\pi * 220 * 10^6 \text{ [N/m}^2\text{]}} \sqrt{(367,5 \text{ [N * m]})^2 + \frac{3}{4} * (134,916 \text{ [N * m]})^2} \right]^{1/3}$$

$$d = 0,0299 \text{ [m]} \approx 30 \text{ [mm]}$$

4.3.3.1.3 Diseño de la lengüeta

Para permitir transmitir el movimiento de la manivela al eje y de esta forma ubicar la carcaza en una posición determinada se realiza el diseño de una lengüeta.

Mencionado elemento se diseña con sección rectangular para encajarse entre la manivela y el eje que son solidarios entre sí, evitando deslizamientos de una pieza sobre la otra. La lengüeta debe carecer de juego que pudiese desgastarla o romperla por cizallamiento.

Para este cálculo se tiene en consideración los siguientes parámetros:

- Base de la lengüeta
- Altura de la lengüeta
- Longitud de la lengüeta

Restricciones

- Base de la lengüeta (b) = 8 [mm]
- Altura de la lengüeta (h) = 7 [mm]

Las dimensiones se obtienen a partir de una relación con el eje, como se muestra en el Anexo 9. Bajo estas consideraciones el elemento representado en la figura 4.30, soporta los esfuerzos cortantes a los que está sometido.

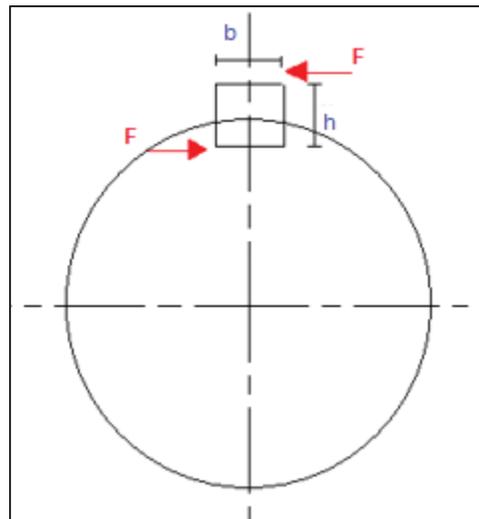


Figura 4. 34 Diagrama de cuerpo libre de la lengüeta en el eje.

Fuente: Propia

- Longitud de la lengüeta (l_e)

Para determinar la longitud de la lengüeta se considera que: El Material para su construcción sea Acero SAE 1018, cuyo valor de $S_y = 220$ [MPa].

El valor del torque (T) generado en la manivela es: $134,916$ [$N \cdot m$]

Se obtiene la fuerza generada por el torque (F):

$$T = F * r \quad (\text{Ec. 4.23})$$

$$F = \frac{134,916 \text{ [N*m]}}{0,25 \text{ [m]}}$$

$$F = 539,664 \text{ [N]}$$

De la teoría de falla de distorsión se tiene la siguiente ecuación:

$$S_{sy} = 0,577 S_y \quad (\text{Ec. 4.24})$$

$$S_{sy} = 0,577 * 220 * 10^6$$

$$S_{sy} = 126940000$$

Los valores obtenidos se remplazan en la presente ecuación Ec. 4.25

$$\frac{S_{sy}}{n} = \frac{F}{b * l} \quad (\text{Ec. 4.25})$$

Donde:

S_{sy} = resistencia al cortante

n = Factor de seguridad.

$$\frac{126940000}{1,5} = \frac{539,664}{0,008 * l}$$

$$l = 0,000797 \text{ [m]} = 0,79 \text{ [mm]}$$

Debido a que los esfuerzos son muy bajos y por facilidad de mecanizado se opta por dar una longitud normalizada con un valor igual a 20 [mm].

4.3.3.1.3 Diseño de la soldadura para unir la placa soporte

La soldadura es el proceso que sirve para unir el eje y la placa de sujeción. El proceso que se utiliza es SMAW, en el Anexo 10 se presenta el correspondiente WPS con la descripción del proceso.

Las consideraciones para la siguiente memoria de cálculo son las siguientes:

- Se realiza una junta tipo "T".
- Para el desarrollo de los cálculos, el esfuerzo actúa de manera perpendicular sobre la garganta efectiva del filete.
- El material está sometido a un momento máximo cuyo valor es: 784 [N*m]
- Se selecciona un electrodo E70xx, con un límite de fluencia igual a 420 [MPa].

Siguiendo con el proceso se calcula el momento de inercia unitario I_u de acuerdo a la tabla 4.2

Tabla 4. 2 Propiedades flexionantes de la soldadura

| Soldadura | Área de Garganta | Ubicación de G | Segundo Momento Unitario del área |
|-----------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| | $A = 0,707 \text{ hd}$ | $x = 0$ $y = d/2$ | $I_u = d^3/12$ |
| | $A = 1,414 \text{ hd}$ | $x = b/2$ $y = d/2$ | $I_u = d^3/6$ |
| | $A = 1,414 \text{ hd}$ | $x = b/2$ $y = d/2$ | $I_u = bd^2/2$ |
| | $A = 0,707h (2b+d)$ | $x = b^2/(2b+d)$ $y = d/2$ | $I_u = (d^3/12) (6b+d)$ |

Fuente: SHIGLEY; Diseño en Ingeniería Mecánica; 8va Ed; Tabla 9.2

El momento de inercia (I_u) = $\frac{bh^2}{2}$ (Ec. 4.26)

Donde:

b = longitud del material base

h = espesor del material base

$$I_u = \frac{0,044 * 0,012^2}{2} = 0,000003 \text{ [m}^3\text{]}$$

Se determina la garganta efectiva de soldadura t:

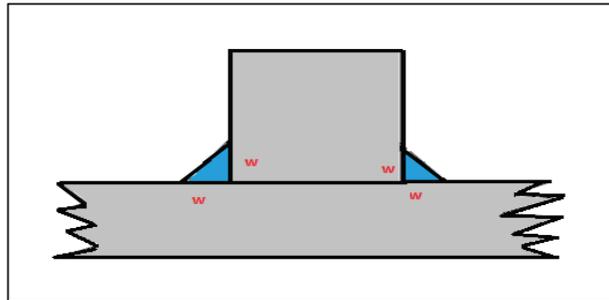


Figura 4. 35 Esquema de soldadura

Elaboración: Propia

$$t = w \cos 45^\circ$$

De donde se obtiene el momento de inercia de la soldadura (I_s) = $t I_u$ (Ec. 4.27)

$$I_s = 2,2401 * 10^{-6} w$$

El esfuerzo al que se somete la soldadura (σ_s) = $\frac{M \frac{h}{2}}{I_s}$ (Ec. 4.28)

$$\sigma_s = \frac{784 \frac{0,012}{2}}{2,2401 * 10^{-6} w} = \frac{2099892,865}{w}$$

Para el electrodo se calcula

$$\sigma_s = \sigma_{permisible} = 0.6 S_y \quad (\text{Ec. 4.29})$$

$$\sigma_{permisible} = 252000000 \text{ [Pa]}$$

Reemplazando Ec. 4.27 en Ec. 4.28

$$252000000 = \frac{2099892,865}{w}$$

$$w = 0.0083 \text{ m} \approx 8,33 \text{ [mm]}$$

Por lo tanto se selecciona un electrodo E 7018 de 3mm (1/8") de diámetro, realizando 3 pasadas, de la marca INDURA cuyas propiedades se pueden observar en el Anexo 11.

4.3.3.2 Selección de la chumacera

Para seleccionar la chumacera se considera como factor fundamental el diámetro del eje en el cual va estar montada, dicho valor es 30 [mm]. En el catálogo presentado en el Anexo 12 se selecciona una chumacera tipo pared designación FY30SD, como se ilustra en la figura 4.36



Figura 4. 36 Rodamiento tipo pared designación FY30SD

Fuente:<http://www.dismagri.com/comercio/catalogo/rodamientos/serie-ucf/rodamiento-ucf206?vmcchk=1>

4.3.3.3 Diseño de la placa divisora

Es el elemento que permite ubicar en posiciones determinadas a la carcaza para realizar las diferentes operaciones de mantenimiento. Ver figura 4.37

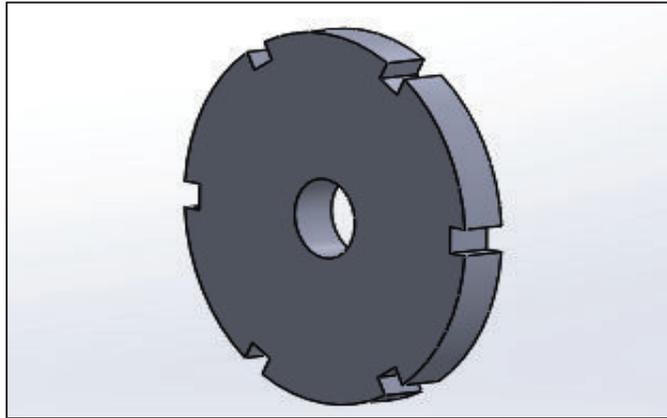


Figura 4. 37 Placa divisora

Elaboración: Propia

Fuente: SolidWork

Para este diseño se considera los siguientes parámetros:

- Ángulos de posicionamiento de la carcaza
- Material de fabricación
- Espesor

Restricciones:

- Ángulos de posicionamiento de la carcaza
Por diseño ergonómico y geométrico determinada placa tiene forma circular de radio 60 [mm]. En donde de acuerdo a los requerimientos del usuario dicha placa se divide para 6 diferentes posiciones. Por lo tanto la dimensión de los ángulos de posición es de 60°
- Material de fabricación
Acero SAE 1018
- Espesor
Se selecciona un espesor similar al de la carcaza que es de 15 [mm]

4.3.3.4 Diseño de la manivela

Es aquel elemento que permite girar al eje para mover la carcaza, el cual transmite el movimiento al eje por medio de una lengüeta. Ver figura

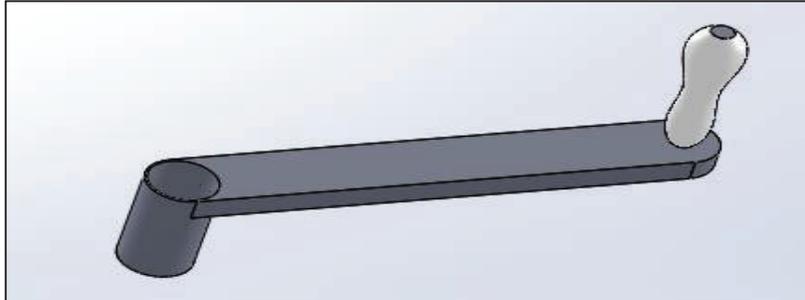


Figura 4. 38 Manivela

Elaboración: Propia

Fuente: SolidWork

Para este diseño se considera los siguientes parámetros:

- Longitud de la manivela
- Espesor
- Material de fabricación

Restricciones:

- Longitud de la manivela:
Por diseño ergonómico se surge que la longitud de la manivela sea la longitud promedio de un brazo. Para que de esta forma el girar la carcaza no resulta cansado y de una dificultad considerable. Por lo tanto la longitud sugerida de la manivela está entre: 250 [mm] a 300 [mm]
- Espesor
El espesor recomendado para la manivela es de 15 [mm] debido a que el radio del eje es de 30 [mm]
- Material de fabricación
Acero SAE 1018

4.3.4 SISTEMA DE REGULACIÓN PARA EL RANGO DE DIÁMETRO DE CARCAZA A SER MANIPULADA.

Este sistema se refiere a elementos mecánicos que permitan desplazar y asegurar el soporte móvil de acuerdo al diámetro de la carcaza a realizarle mantenimiento. Dentro de estos dispositivos de acuerdo al estudio previamente mencionado en la sección 3.1.1 se tienen un tornillo de potencia como se puede visualizar en la figura 4.39.

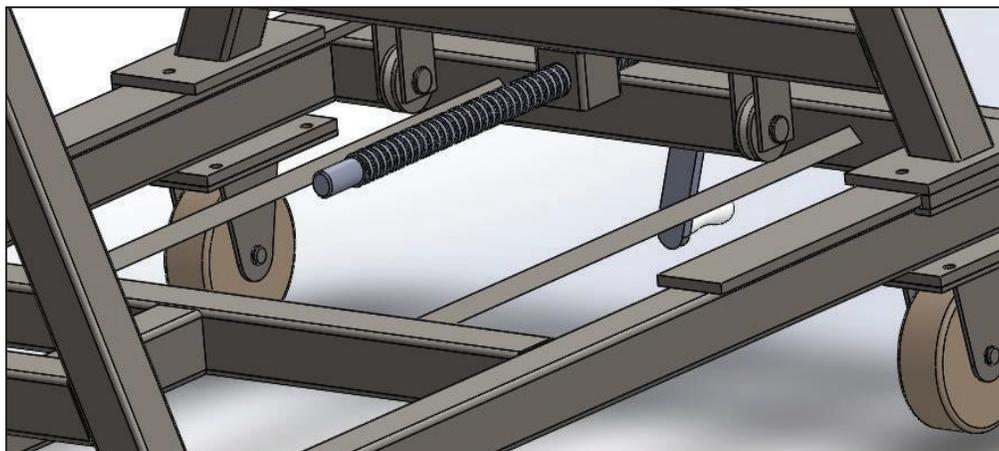


Figura 4. 39 Sistema de regulación

Elaboración: Propia

Fuente: SolidWork

4.3.3.1 Diseño del tornillo de potencia

Para garantizar el correcto desempeño al momento de desplazar la estructura móvil se necesita de un mecanismo de fácil manipulación, el cual es un tornillo de potencia, este mecanismo está sujeto a la estructura rígida del soporte. Sin embargo hay que considerar que el tornillo no va a transmitir fuerza sino a general desplazamiento por lo cual se necesita de un paso lo suficientemente grande. Por lo tanto se opta por diseñar un tornillo de tres entradas.

Para este cálculo se tienen en consideración los siguientes parámetros:

- Masa de la estructura móvil
- Carga de soporte del tornillo
- Tipo de rosca y tornillo
- Material de tornillo
- Lubricante

Restricciones:

- Masa de la estructura móvil
 $M_{sm} = 10 [Kgf] = 98.1 [N]$
- Carga de la estructura móvil

La imagen 4.40 muestra el sistema hiperestático para el perfil transversal en donde se encuentran los apoyos incluido el tornillo de potencia.

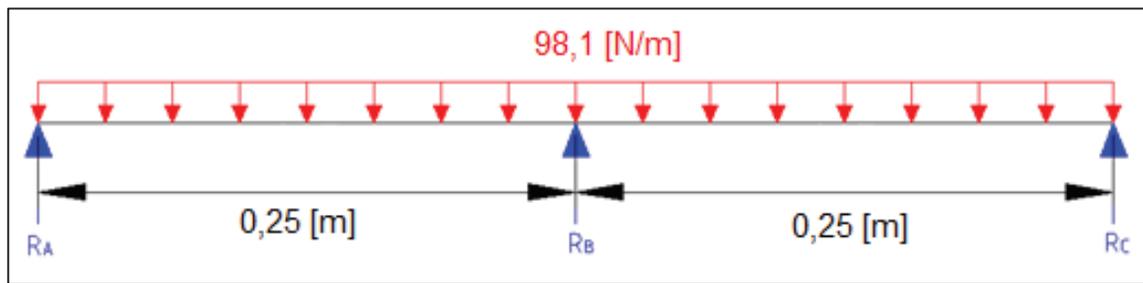


Figura 4. 40 Diagrama de cuerpo libre del perfil transversal

Elaboración: Propia

Para el análisis de la plataforma se aplica el teorema de Clapeyron o teorema de los tres momentos, el cual permite encontrar las reacciones en sistemas hiperestáticos representadas en la figura 4.41:

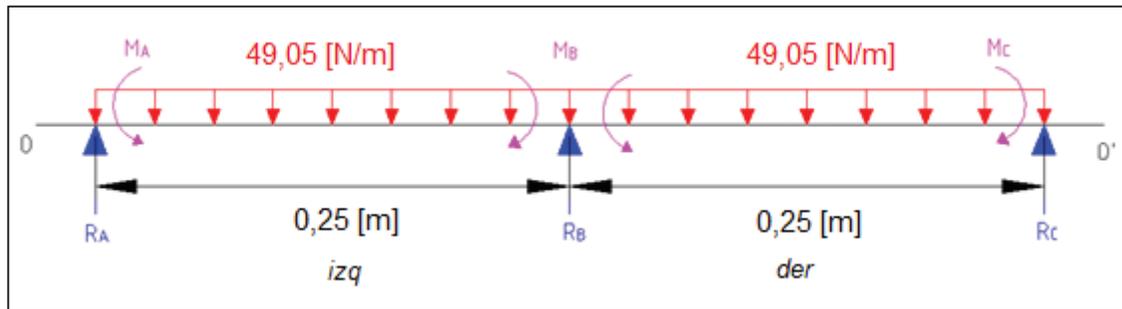


Figura 4. 41 Diagrama cuerpo libre del perfil transversal

Elaboración: Propia

El teorema de los tres momentos

$$L_i M_A + 2(L_i + L_d)M_B + L_d M_C = -6 EI(\alpha_{oi} + \alpha_{od}) \quad (\text{Ec.4.30})$$

Los puntos A y C, por ser los extremos, presentan momentos nulos:

$$M_A = M_C = 0 \quad (\text{Ec. 4.31})$$

Entonces:

$$2(L_i + L_d)M_B = -6 EI(\alpha_{oi} + \alpha_{od}) \quad (\text{Ec. 4.32})$$

$$2(0,25 + 0,25)M_B = -6 EI(\alpha_{oi} + \alpha_{od})$$

$$M_B = -6 EI(\alpha_{oi} + \alpha_{od})$$

En base al manual de Pisarenko (Anexo 13), para vigas que soportan fuerzas distribuidas, se tiene:

$$\alpha_{oi} = \alpha_{od} = \frac{qL^3}{24 EI} \quad (\text{Ec. 4.33})$$

Reemplazando:

$$\alpha_{oi} = \alpha_{od} = \frac{49,05 \times 0,25^3}{24 EI} = \frac{0,032}{EI}$$

Sustituyendo la Ec. 4.33 en Ec. 4.32, se tiene:

$$M_B = -6 EI \left(\frac{0,032}{EI} \right) \quad (\text{Ec. 4.34})$$

$$M_B = -0,192 \text{ [kg m]}$$

Se procede a calcular los momentos hiperestáticos:

Tramo izquierdo:

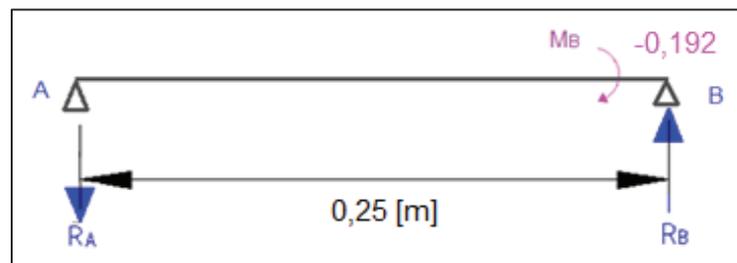


Figura 4. 42 Tramo izquierdo del perfil - Momentos hiperestáticos

Elaboración: Propia

$$R_A = R_B = \frac{M_B}{L} \quad (\text{Ec. 4.35})$$

$$R_A = R_B = \frac{0,192}{0,25} = 0,77 \text{ [N]}$$

Tramo derecho:

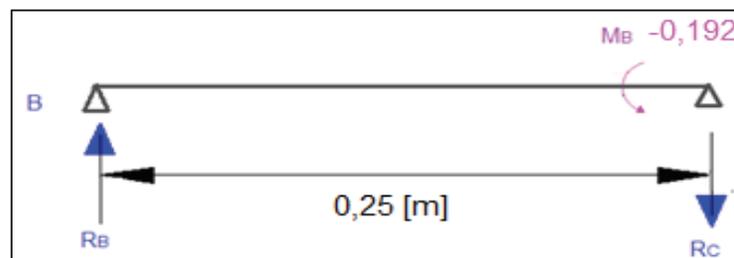


Figura 4. 43 Tramo derecho del perfil - Momentos hiperestáticos

Elaboración: Propia

$$R_B = R_C = \frac{M_B}{L} \quad (\text{Ec. 4.36})$$

$$R_B = R_C = \frac{0,192}{0,25} = 0,77 \text{ [N]}$$

La obtención de cargas externas se efectúa en dos tramos, similar al caso anterior:

Tramo izquierdo:

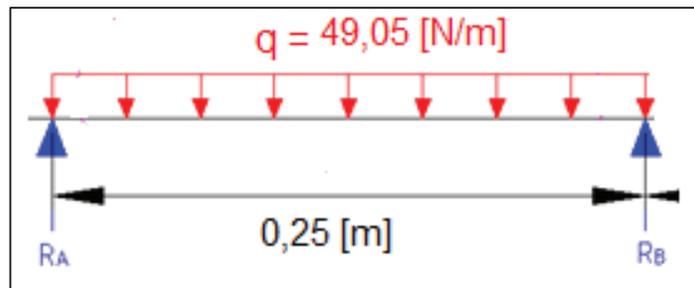


Figura 4. 44 Tramo izquierdo del perfil - Cargas externas

Elaboración: Propia

$$R_A = R_B = \frac{qL}{2} \quad (\text{Ec. 4.37})$$

$$R_A = R_B = \frac{49,05 \times 0,25}{2} = 6,13 \text{ [N]}$$

Tramo derecho:

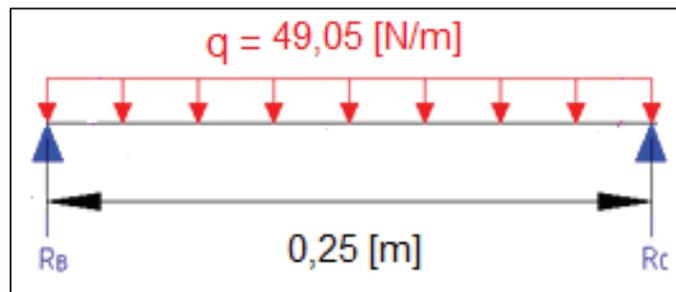


Figura 4. 45 Tramo derecho del perfil - Cargas externas

Elaboración: Propia

$$R_{B'} = R_C = \frac{qL}{2} \quad (\text{Ec. 4.38})$$

$$R_{B'} = R_C = \frac{49,05 \times 0,25}{2} = 6,13 \text{ [N]}$$

Las reacciones finales se establecen con la sumatoria de las dos anteriores:

De las ecuaciones (4.35) y (4.37) se obtiene que,

$$R_A = -0,77 + 6,13 = 5,36 \text{ [N]} \quad (\text{Ec. 4.39})$$

$$R_B = 0,77 + 6,13 = 6,9 \text{ [N]} \quad (\text{Ec. 4.40})$$

De las ecuaciones (4.36) y (4.38) se obtiene que,

$$R_B = 0,77 + 6,13 = 6,9 \text{ [N]} \quad (\text{Ec. 4.41})$$

$$R_C = -0,77 + 6,13 = 5,36 \text{ [N]} \quad (\text{Ec. 4.42})$$

Por lo tanto la carga de soporte del tornillo es:

$$P_{sm} = 6,9 \text{ [N]}$$

- Tipo de rosca y tornillo para una rosa de tres entradas

Tornillo de rosca métrica cuadrada cuyos datos son:

Paso aparente (p_a) = 10,5 [mm]

Paso real (p) = 3,5 [mm]

Diámetro nominal (d_n) = 30 [mm] (De acuerdo tabla anexo 14)

4.3.3.1.1 Cálculos de diámetros

$$\text{Diámetro de paso (dp)} = d_n - p \quad (\text{Ec 4.43})$$

$$dp = 30 - 3,5 = 26,5 \text{ [mm]}$$

$$\text{Diámetro menor (dm)} = d_n - p/2 \quad (\text{Ec. 4.44})$$

$$dm = 30 - 1,75 = 28,25 \text{ [mm]}$$

4.3.3.1.2 Calculo del ángulo de avance

$$\text{Avance (L)} = n \times p_a \quad (\text{Ec. 4.45})$$

$$L = 1 \times 10,5 = 10,5 \text{ [mm]}$$

$$\text{Angulo de avance } (\lambda) = \tan \lambda = \frac{L}{\pi \times d_m} \quad (\text{Ec. 4.44})$$

$$\lambda = \tan^{-1} \left[\frac{5}{\pi \times 28,25} \right] = 3^\circ$$

4.3.3.1.3 Calculo del par de torsión

Parámetros:

$$\text{Coeficiente de fricción dinámico (f)} = 0,09^{12}$$

$$\text{Coeficiente de fricción del collarín (fc)} = 0$$

Diámetro de collarín (dc) = 0 (Debido a que no se utiliza collarín en esta aplicación)

Para desplazar la estructura móvil hacia adelante (elevar)

$$T_s = \frac{P_{sm} \times d_m}{2} \left[\frac{L + \pi f d_m}{\pi d_m - f L} \right] + \frac{P_{sm} \times f_c \times d_c}{2} \quad (\text{Ec. 4.45})$$

$$T_s = \frac{6,9 \times 28,25}{2} \left[\frac{3,5 + \pi \times 0,09 \times 28,25}{\pi \times 28,25 - 0,09 \times 3,5} \right] + \frac{28,25 \times 0 \times 0}{2}$$

$$T_s = 12,67 \text{ [N mm]}$$

Para desplazar la estructura móvil atrás (bajar)

$$T_b = \frac{P_{sm} \times d_m}{2} \left[\frac{\pi f_c d_m - L}{\pi d_m + f L} \right] + \frac{P_{sm} \times f_c \times d_c}{2} \quad (\text{Ec. 4.46})$$

$$T_b = \frac{6,9 \times 28,25}{2} \left[\frac{\pi \times 0,09 \times 28,25 - 3,5}{\pi \times 28,25 + 0,09 \times 3,5} \right] + \frac{6,9 \times 0 \times 0}{2}$$

$$T_b = 4.873 \text{ [N mm]}$$

4.3.3.1.4 Calculo de la eficiencia (e)

$$e = \frac{P_{sm} \times L}{2 \pi T_s} \quad (\text{Ec. 4.47})$$

$$e = 320$$

¹² SHIGLEY; Diseño en ingeniería mecánica; 8va Edición; Tabla 8.6

Con la eficiencia obtenida queda demostrado que el tornillo de potencia cumple con la finalidad de desplazar la estructura móvil.

4.3.3.1.5 Condición de auto aseguramiento

$$\pi f d m > L \rightarrow \text{Auto asegurante} \quad (\text{Ec. 4.48})$$

$$\pi \times 0,15 \times 6,9 > 3,5$$

$$3,25 > 3,15 \rightarrow \text{El tornillo es Auto asegurante}$$

4.3.3.1.6 Esfuerzo cortante debido al momento de torsión T_s en el exterior del tornillo

$$\mathcal{T} = \frac{16 T_s}{\pi d p^3} \quad (\text{Ec. 4.49})$$

$$\mathcal{T} = \frac{16 \times 0,012}{\pi \times 26,5^3}$$

$$\mathcal{T} = 3,56 \times 10^{-6} \text{ [MPa]}$$

Mediante a la información obtenida se concluye que el tornillo de potencia no tendrá tendencia a deformarse y mucho menos a fracturarse.

4.3.3.1.7 Esfuerzo axial nominal

$$\sigma = -\frac{4F}{\pi d p^2} \quad (\text{Ec. 4.50})$$

$$\sigma = -\frac{4 \times 6,9}{\pi \times 26,5^2}$$

$$\sigma = -0,013 \text{ [MPa]}$$

4.3.3.1.8 Esfuerzo de apoyo

$$\sigma_B = -\frac{2 \cdot 0,38 P_{sm}}{\pi d m \cdot 1 p} \quad (\text{Ec. 4.51})$$

$$\sigma_B = -\frac{2 \times 0,38 \times 6,9 \times 10^3}{\pi \times 26,5 \times 1 \times 3,5}$$

$$\sigma_B = -17,99 \text{ [MPa]}$$

4.3.3.1.9 Esfuerzo flexionante en la raíz

$$\sigma_b = \frac{6 \cdot 0,38 P_{sm}}{\pi d p \cdot 1 p} \quad (\text{Ec. 4.52})$$

$$\sigma_b = \frac{6 \times 0,38 \times 6,9 \times 10^3}{\pi \times 26,5 \times 1 \times 3,5}$$

$$\sigma_b = 53,99 \text{ [MPa]}$$

4.3.3.1.10 Esfuerzo von Mises y esfuerzo cortante máximo

$$\frac{\sigma}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2} \quad (\text{Ec. 4.53})$$

Reemplazando Ec 4.49 y Ec 4.50 en la Ec 4.53

$$\frac{-0,013}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{-0,013}{2}\right)^2 + 3,58 \times 10^{-6}}$$

$$\sigma_1 = 53,99 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_2 = 0,013 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_3 = 0 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma' = \left[\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \right]^{1/2}$$

$$\sigma' = \left[\frac{(53,99 - 0,013)^2 + (0,013 - (0))^2 + ((0) - 53,99)^2}{2} \right]^{1/2}$$

$$\sigma' = 53,99 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} \quad (\text{Ec. 4.54})$$

Reemplazando Ec 4.53 en la Ec 4.54:

$$\tau_{max} = \frac{53,99 - (0)}{2}$$

$$\tau_{max} = 26,99 \text{ [MPa]}$$

De acuerdo a los esfuerzos obtenidos el material escogido es: ASTM A-36 que tienen las siguientes propiedades mecánicas:

Esfuerzo fluencia mínimo: 250 [MPa]

Esfuerzo tracción mínima: 400 [MPa]

4.3.3.1.11 Factor de seguridad

$$n = \frac{400}{53,99} \quad (\text{Ec. 4.55})$$

$$n = 6$$

Por lo tanto se concluye que el material y las dimensiones escogidas son adecuados.

4.3.2.2 Diseño del trinquete:

Este elemento se utiliza para ubicar a la carcaza en la posición requerida por el usuario para el pertinente mantenimiento.

Dicho elemento va a trabajar a corte y soporta el mismo momento que la lengüeta que acciona la manivela, por lo tanto y como además trabaja como un pasador determinamos el área resistente al corte y equivalente al área de la sección de la lengüeta.

$$A_{lengüeta} = b \times h \quad (\text{Ec. 4.56})$$

Donde:

b : ancho de la lengüeta

h : altura de lengüeta

$$A_{lengüeta} = 56 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Obtenemos el área equivalente:

$$A_{eq} = \pi r^2 = A_{lengüeta} \quad (\text{Ec. 4.57})$$

$$r = 4,22 \text{ [mm]}$$

$$r_{trinquete} = 5 \text{ [mm]}$$

Por lo tanto:

$$\emptyset_{\text{crítico del trinquete}} = 10 \text{ [mm]}$$

Se decide hacer el diseño geométrico circular de trinquete por facilidad de fabricación es decir por torneado.

Finalizado el diseño se elaboran los respectivos planos de taller y montaje que se ilustran en el Anexo 16.

CAPITULO V

CONSTRUCCION, MONTAJE, SIMULACION Y MANTENIMIENTO

El capítulo tiene por objetivo abordar el proceso de construcción y montaje del prototipo. Se detallan cada una de las máquinas y herramientas necesarias para la construcción. De igual forma se realiza una simulación la cual indica si el dispositivo cumple con los parámetros y requisitos previamente mencionados.

5.1 CONSTRUCCION

La construcción de los elementos pertenecientes al prototipo se realiza siguiendo los detalles de cada plano mostrado en el Anexo 16.

Dichos elemento que conforma el dispositivo deben seguir un proceso adecuado que satisfaga las necesidades de tiempo y costo. En el Anexo 17 se detallan los planes de proceso de construcción de los elementos que conforman el soporte. Además en la figura 5.1 se establece el proceso secuencial que se utiliza para construir los elementos del prototipo.

5.1.2 MÁQUINAS HERRAMIENTAS Y HERRAMIENTAS

La construcción del prototipo del dispositivo soporte, se realiza en un Taller Industrial que posee máquinas, herramientas e instrumentos de medida necesarios para poder realizar los diferentes procesos mecánicos.

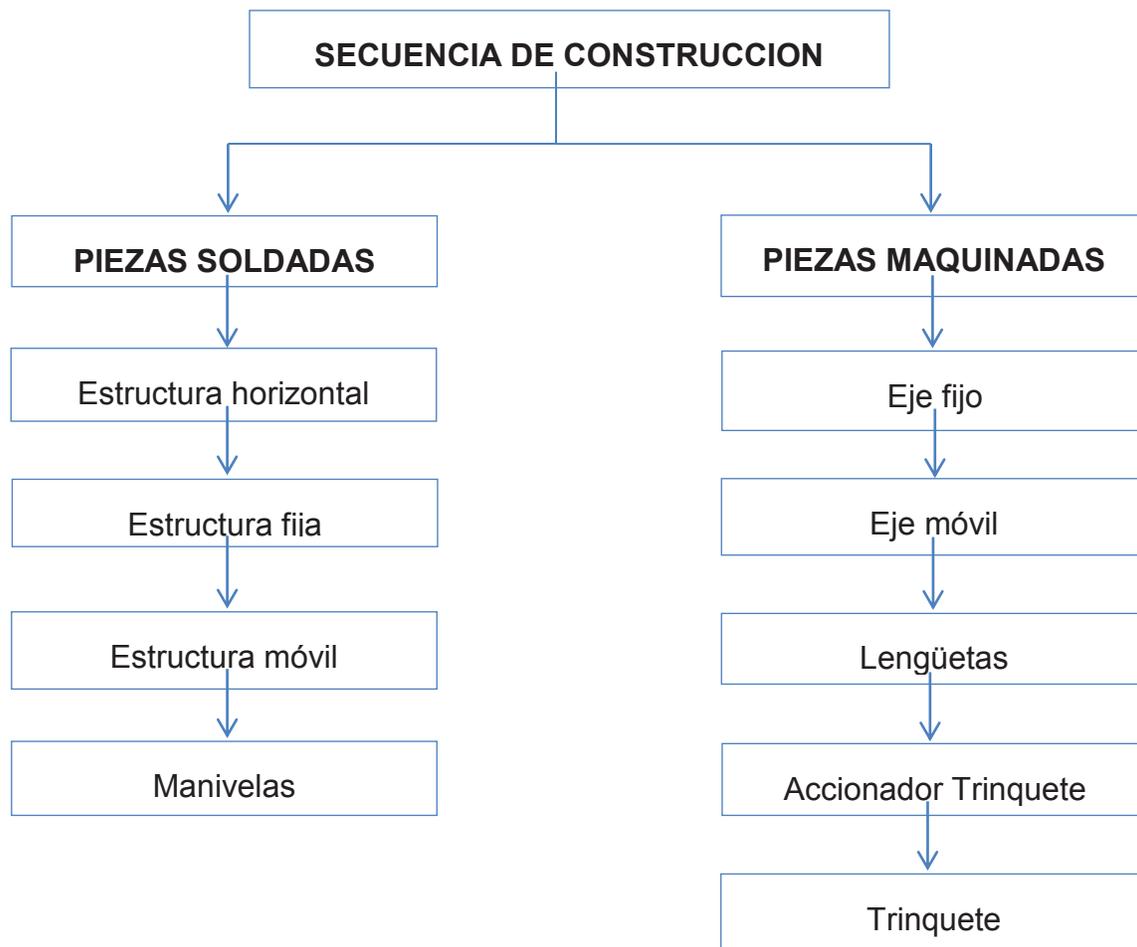


Figura 5. 1 Fases de construcción del prototipo
Elaboración: Propia

5.1.2.1 Las máquinas-herramientas utilizadas son:

- Fresadora universal
- Torno paralelo
- Máquina soldadora SMAW
- Cizalla
- Taladro de banco
- Amolador

5.1.2.2 Las herramientas utilizadas son:

Herramientas de medición

- Calibrador pie de rey
- Flexómetro
- Graduador
- Nivel de burbuja de aire

Herramientas de trazado

- Rayador
- Compás
- Lápiz
- Granete
- Escuadra

Herramientas de corte

- Brocas
- Brocas de centro
- Cuchillas de acero rápido
- Fresas cilíndricas
- Hoja de sierra

Herramientas de acabado

- Disco de corte
- Disco de pulidos
- Limas planas
- Lijas de grano grueso
- Lijas de grano fino

Herramientas de Montaje

- Juego de llaves boca y corona
- Martillo de goma

Materiales

- Pintura electrostática
- Electrodo SAE 1018
- Electrodo 6011

En el Anexo 17 se presentan los planes de proceso típicos.

5.2 MONTAJE Y MANTENIMIENTO

El montaje se debe ejecutar de acuerdo a la simulación presentada conjuntamente con este documento en versión digital. De igual manera, el plano 1.3268.001 describe gráficamente el proceso.

En la figura 5.2 se describe detalladamente el proceso de montaje del dispositivo soporte. Adicionalmente, en el Anexo 15 se presenta un Manual de Operación, que describe el uso, manejo adecuado y mantenimiento del dispositivo, el mismo permite alargar la vida útil del equipo y la operación correcta del operario.

5.3 SIMULACION

Para evaluar el diseño y correcto funcionamiento del dispositivo se utiliza el software de ingenieril SolidWork el cual permite verificar puntos críticos de la estructura y que la misma cumpla con todos los parámetros previamente mencionados. Lo cual se describe y se observa en la versión digital del documento.

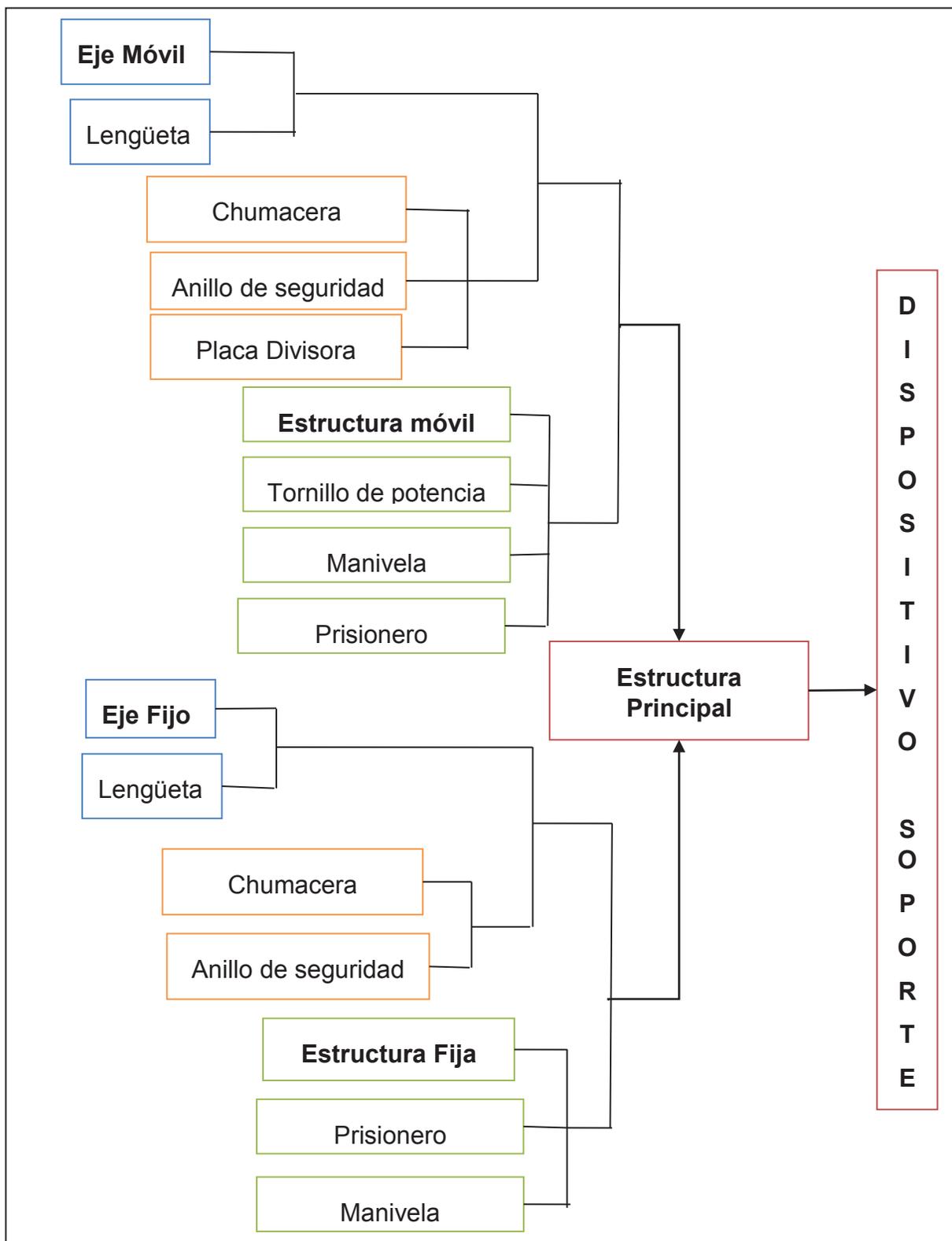


Figura 5. 2 Montaje de elementos

Elaboración: Propia

CAPITULO VI

ANALISIS DE COSTOS

En el presente capitulo se detallan los costos de manufactura y los costos de cada uno de los elementos que constituyen el prototipo, ya sean estos normalizados o contruidos. Los diferentes costos son detallados en tablas.

Se debe considerar que los precios de la materia prima, como es el caso de los diferentes aceros utilizados en la construcción y demás, varían en el mercado nacional, es por ello que los costos de la maquina puede variar.

6.1 COSTOS DEL PROTOTIPO

Ya finalizado el estudio de diseño y construcción del dispositivo soporte para el mantenimiento de carcazas de turbo cargadores, se realiza un análisis económico para estimar el costo total del dispositivo.

En el análisis económico se tendrá en cuenta:

- Costos de materiales
- Costos de elementos normalizados
- Costos de hora / maquina-herramientas
- Costo de diseño
- Imprevistos

Los valores presentados en las siguientes tablas son en base a proformas obtenidas de almacenes dedicados a la distribución de aceros y elementos normalizados de la ciudad de Quito, determinados precios son referenciales desde Junio del 2015 hasta Agosto 2015.

6.2 COSTOS DE MATERIALES

En la tabla 6.1 se detallan los precios referenciales de diferentes materiales necesarios para la construcción del prototipo.

Tabla 6. 1. Lista de precio de los materiales

| Materiales | | | | | |
|--------------------|-----------------|----------------------------|----------|-----------------|------------------|
| N° | Descripción | Especificaciones | Cantidad | Precio unitario | Total |
| 1 | Perfil Cuadrado | ASTM A-36: 60x60x2 [mm] | 8 m | 3,92 | 31,36 |
| 2 | Angulo | ASTM A-36: 20x20x2 [mm] | 2 m | 3,43 | 6,86 |
| 3 | Platina | ASTM A-36 | 1 m | 6,52 | 6,52 |
| 4 | Plancha | ASTM A-36: | 2 m | 12,45 | 24,9 |
| 5 | Barra circular | SAE 10 18 | 1 m | 10,39 | 10,39 |
| 6 | Plancha | SAE 10 18 | 1 m | 14,71 | 14,71 |
| 7 | Cilindro | ASTM A-36: | 1 m | 6,40 | 6,40 |
| Valor Total | | | | | \$ 101,14 |

Elaboración: Propia

Fuente: Propia

6.3 COSTOS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS

En la tabla 6.2 se detallan los precios referenciales de los elementos normalizados para la fabricación del prototipo

Tabla 6. 2 Lista de precios de elementos normalizados

| Elementos Normalizados | | | | | |
|------------------------|------------------------|------------------|----------|-----------------|-----------------|
| N° | Descripción | Especificaciones | Cantidad | Precio Unitario | Total |
| 1 | Chumacera | FY30SD | 2 | 18,00 | 36,00 |
| 2 | Garrucha | D = 6 pulg | 4 | 10,00 | 40,00 |
| 3 | Rodachin | D = 50 mm | 2 | 8,00 | 16,00 |
| 4 | Pernos Garruchas | M10 X 20 | 16 | 0,50 | 8,00 |
| 5 | Pernos Chumacera | M12 X 30 | 8 | 1,50 | 12,00 |
| 4 | Pernos sujeción | M 20 x 60 | 4 | 2,50 | 10,00 |
| 6 | Pernos estructura | M 20 x 40 | 12 | 2,50 | 30,00 |
| 7 | Electrodo ASTM A-36 | INDURA E6010 | 20 | 0,30 | 6,00 |
| 8 | Electrodo SAE 1018 | INDURA E7018 | 5 | 1,00 | 5,00 |
| 9 | Pasadores | M10 x 20 | 2 | 1,50 | 3,00 |
| Valor Total | | | | | \$166,00 |

Elaboración: Propia

Fuente: Propia

6.4 COSTOS DE MAQUINADO

Las horas de uso de cada máquina herramienta son obtenidas del desarrollo de las hojas de procesos para la elaboración de cada una de las partes de la máquina. En la tabla 6.3 se detalla cada uno de los costos de maquinado.

Tabla 6. 3 Costos de maquinado

| Costos de Maquinado | | | | |
|---------------------|-----------------------|--------------------------|------------------|------------------|
| N° | Descripción | Tiempo aproximado [hora] | Costos [\$/hora] | Valor total [\$] |
| 1 | Torno | 12 | 12,00 | 144 |
| 2 | Fresadora | 10 | 20,00 | 120,8 |
| 3 | Oxicorte | 2 | 8,00 | 4,00 |
| 4 | Soldadora SMAW | 4 | 12,00 | 28,08 |
| 5 | Taladradora | 2 | 5,00 | 2,40 |
| 6 | Sierra mecánica | 1,59 | 5,00 | 7,95 |
| 7 | Herramientas manuales | 1,35 | 5,00 | 6,75 |
| 8 | Varios | 0,67 | 5,00 | 3,35 |
| Valor Total | | | | \$ 95,77 |

Elaboración: Propia

Fuente: Propia

6.5 COSTO DE MANO DE OBRA

En la tabla 6.4 se detallan los costos correspondientes a la mano de obra empleada en la construcción del prototipo.

Tabla 6. 4 Costos de mano de obra

| Costos de mano de obra | | | | |
|------------------------|----------------------------------|---------------|-----------------|------------------|
| N° | Descripción | Hora - hombre | Valor hora [\$] | Total [\$] |
| 1 | Mecánico Industrial | 10 | 6,31 | 63,1 |
| 2 | Soldador eléctrico y/o acetileno | 3 | 8,52 | 25,56 |
| 3 | Ayudante mecánico | 5 | 4,09 | 20,45 |
| Valor Total | | | | \$ 109,11 |

Elaboración: Propia

Fuente: Propia

6.6 COSTO DE DISEÑO

Se requiere un aproximado de 67 horas para desarrollar los cálculos y los planos de cada uno de los elementos mecánicos que son necesarios para el correcto diseño de la máquina.

El costo establecido por diseñadores en el mercado nacional es de 15 \$/hora por lo tanto el costo de diseño es de 1000 dólares americanos.

6.7 IMPREVISTOS

Los imprevistos son equivalentes al 10% del total, estos se consideran por retrasos en la ejecución tanto del diseño como la construcción de la máquina, incremento en el costo de los materiales o de la mano de obra.

6.8 COSTOS TOTALES

En la tabla 6.5 se detalla el costo total del diseño y construcción de la máquina trituradora de hojas secas de guayusa. Además de estos costos se considera una utilidad del 13% del subtotal.

Tabla 6. 5 Costos Totales

| Costo Totales | |
|--|------------|
| Costo materiales | \$ 101,14 |
| Costo de elementos normalizados | \$ 166,00 |
| Costo de maquinado | \$ 95,77 |
| Costo de mano de obra | \$ 109,11 |
| Costo de diseño | \$ 1000 |
| SUBTOTAL | \$ 1472,02 |
| Imprevistos (10%) | \$ 147,20 |
| Utilidad (13%) | \$ 191,36 |
| Costo Total | \$ 1810,58 |

Elaboración: Propia

Fuente: Propia

CONCLUSIONES

- El presente proyecto de titulación cumple el objetivo para el que fue presentado. Se garantiza el soporte y el posicionamiento ergonómico de la carcaza que se encuentre sujeta al mismo, para de esta manera asegurar la salud del usuario, minimizando costos y tiempos de operación.
- El estudio de campo en la empresa ABB permite establecer las condiciones de diseño en base a la carga de soporte, las dimensiones máximas y mínimas de las carcazas, grados de libertad y espacio disponible para el uso del dispositivo.
- El documento presenta un montaje virtual de instalación, simulación y adicionalmente una secuencia escrita, esto con el objetivo de garantizar la funcionalidad de la máquina al momento que inicia su operación.
- Se presenta una guía de usuario, donde se establecen las condiciones bajo las cuales la máquina debe operar, así como las restricciones de funcionamiento y sugerencias e indicaciones para el mantenimiento del dispositivo soporte y así prolongar su vida útil.
- El análisis de costos permite conocer el precio de la máquina en el mercado nacional. De acuerdo al diseño óptimo de cada uno de sus elementos y a la selección correcta de los mismos, de tal manera que se evite sobredimensionamiento que altere el aspecto mercantil del mismo.
- Al culminar el presente Proyecto de Titulación, los autores pusieron en práctica los conocimientos adquiridos durante su formación profesional y establecieron criterios de diseño para obtener un dispositivo ergonómico que cumpla con los parámetros establecidos por el usuario.

RECOMENDACIONES

- Para el óptimo funcionamiento del dispositivo se recomienda seguir las instrucciones de construcción y montaje descritas en el capítulo 5. Además de un previo estudio del manual de usuario para evitar su mala utilización.
- Se recomienda lubricar periódicamente los elementos del dispositivo de transmisión de movimiento en donde se genera fricción, debido a que su falta de mantenimiento puede producir estancamiento y posibles fracturas.
- Es recomendable que luego de la construcción se realice el protocolo de pruebas correspondiente para garantizar que el mismo se encuentre en correcto estado.

BIBLIOGRAFIA

LIBROS CONSULTADOS

- WOLFGANG LAURIG, J. V. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo.
- C. RADHAKRISHNA RAO, Estadística y Verdad, Electronic-University Mathematical Books 2, Universidad de Barcelona, Pág. 180
- MATA, C.F., Aproximaciones al diseño ergonómico de máquinas, Febrero 2006
- SHIGLEY J. & MISCHELL L.; Manual de Diseño Mecánico; 5ta Edicion; Editorial Mc Graw Hill; México 1989
- SHIGLEY J. & MITCHELL L.; Manual de Diseño Mecánico; 8va Edición, Editorial McGraw Hill México 1995.
- PISARENKO; G. S., Manual de resisitencia de Materiales; Editorial Mir Moscú, 1979; pag 268, 269
- GERE JAMES; Mecánica de Materiales; 6ta Edición; Editorial Thomson; México; 2006
- POPE, E: Soluciones Prácticas para El Ingeniero Mecánico; Ed. McGraw Hill, 1er edición; México 2000
- MARKS; Manual del Ingeniero Mecánico; Editorial McGraw Hill; México 1995
- JÜTZ,Hermann; GTZ. Tablas para la Industria Metalurgica, Alemania, 3ra Edicion: Alemania 1976
- VARGAS, J; Guía de los fundamentos de Dibujo Industrial; E.P.N., Facultad de Ingeniería Mecánica; Quito-Ecuador, 2008.
- VARGAS, J; Producción por Virutaje; E.P.N., Facultad de Ingeniería Mecánica; Quito-Ecuador, 2015.
- INEN; Código de Dibujo Técnico Mecánico; Quito-Ecuador; 1994

TESIS CONSULTADAS

- CANTUÑA E.; Diseño de una máquina elevadora eléctrica con capacidad máxima de 500 [Kg] para un taller mecánico automotriz; Escuela Politécnica Nacional; Quito; 2014
- MARTINEZ J.; Diseño y construcción de una maquina pulidora rotativa para piezas planas de acero inoxidable; Escuela Politécnica Nacional; 2011.
- MORENO M & TORRES L.; Diseño de un sistema de izaje desmontable para desplazamiento entre pisos para personas con capacidades limitadas temporales en silla de ruedas dentro de una vivienda de dos plantas. Escuela Politécnica Nacional; 2014
- RAMOS F. & VEGA K.; Diseño y construcción de una máquina trituradora de hojas secas de guayusa con una capacidad de 6.5 quintales por hora.

ENLACES WEB

- <http://www.forosecuador.ec/forum/comunidad/foro-libre/252>
- <http://www.turbocargadores.com/interesante-detalle.php?cont=16>
- www.mecanica-valles.es.tl/El-turbocargador.htm
- www.zonatuning.com
- http://www.arpem.com/images/tecnica/turbo/esquema_turbo_1.gif
- <https://www.youtube.com/watch?v=-FZ1b12wxG0>
- http://es.slideshare.net/lordrizon/3-compresores?next_slideshow=1
- [http://www.lincolnelectric.com/enus/Consumables/Pages/product.aspx?product=Products_Consumable_StickElectrodes-MildandLowAlloySteels-Fleetweld-Fleetweld35LS\(LincolnElectric\)](http://www.lincolnelectric.com/enus/Consumables/Pages/product.aspx?product=Products_Consumable_StickElectrodes-MildandLowAlloySteels-Fleetweld-Fleetweld35LS(LincolnElectric))
- <http://www.ipac-acero.com/>

ANEXOS

ANEXO 1:
PROTOCOLO DE PRUEBAS

ANEXO 2
CATALOGO IPAC PARA SELECCIÓN DEL PERFIL

ANEXO 3:
CATALOGO IPAC PARA SELECCIÓN DE ANGULO

ANEXO 4:

WPS SOLDADURA DE LA ESTRUTURA

ANEXO 5:
PROPIEDADES DE ELECTRODO 6011

ANEXO 6:
CATALOGO PARA SELECCIÓN DE GARRUCHAS

ANEXO 7:
PARAMETROS DIMENSIONALES DE TORNILLOS Y TUERCAS
METRICAS

ANEXO 8:
CLASES METRICAS DE PROPIEDAD MECANICA DE PERNOS DE
ACERO

ANEXO 9:
SELECCIÓN DE LENGÜETA Y LENGUETEROS

ANEXO 10:

WPS UNION PLACA SOPORTE Y EJE

ANEXO 11:
PROPIEDADES DEL ELECTRODO E7018

ANEXO 12:
SELECCIÓN DE CHUMACERA

ANEXO 13:
ECUACIONES DE LA LÍNEA ELÁSTICA

ANEXO 14:
DIMENSIONES ROSCAS METRICAS

ANEXO 15:
MANUAL DE USUARIO

ANEXO 16:

PLANOS DE MONTAJE Y DE TALLER

ANEXO 17:
PLANES DE PROCESO