



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE LAS CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL PARA EL
MANTENIMIENTO DEL MOTOR RELIANCE ELECTRIC DE 250 HP”**

Proyecto de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero
Electromecánico

Autores:

Marco Alexis Garzón Taipe

Franz Steeven Rueda Espinoza

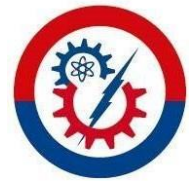
Tutores Académicos:

Ing. M.Sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera

Ing. M.Sc. Jefferson Alberto Porras Reyes

LATACUNGA – ECUADOR

2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Garzón Taipe Marco Alexis y Rueda Espinoza Franz Steeven declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL PARA EL MANTENIMIENTO DEL MOTOR RELIANCE ELECTRIC DE 250 HP”**, siendo el Ing.M.sc. Héctor Raúl Reinosos Peñaherrera y Ing.M.sc. Jefferson Alberto Porras Reyes, tutores del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados ver dos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Garzón Taipe Marco Alexis
C.I. 050368348-4

Rueda Espinoza Franz Steeven
C.I. 110553142-8



AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de tutores de la Propuesta Tecnológica sobre el título:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL PARA EL MANTENIMIENTO DEL MOTOR RELIANCE ELECTRIC DE 250 HP” de Marco Alexis Garzón Taipe y Franz Steeven Rueda Espinoza, estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes Científico-Técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe para su correspondiente estudio y calificación.

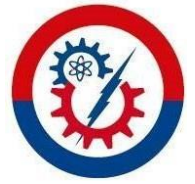
Latacunga, Febrero 2023

Ing. MsC. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera

C.I. 050215089-9

Ing. M.Sc .Jefferson Alberto Porrás Reyes

C.I. 070440044-9



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS; por cuanto, el o los postulantes: Marco Alexis Garzón Taipe y Franz Steeven Rueda Espinoza con el título de Proyecto de titulación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL PARA EL MANTENIMIENTO DEL MOTOR RELIANCE ELECTRIC DE 250 HP”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Febrero 2023

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)

Ing. Mg. Laurencio Alfonso Héctor Luis Dr. C.

CC: 175836725-2

Lector 2

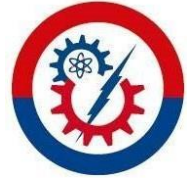
Ing. MsC. Cruz Panchi Luis Rolando

050259517-6

Lector 3

Ing. Luis Miguel Navarrete López

180374728-4



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Con el presente documento, se pone en constancia que los estudiantes: Marco Alexis Garzón Taípe y Franz Steeven Rueda Espinoza, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, han desarrollado el proyecto tecnológico **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL PARA EL MANTENIMIENTO DEL MOTOR RELIANCE ELECTRIC DE 250 HP”** realizaron la entrega del archivo ejecutable para la carrera de Ingeniería Electromecánica cumpliendo así con los objetivos propuestos al inicio del desarrollo del proyecto.

Sin otro particular autorizo para que usen el presente documento para cualquier fin legal pertinente de la Universidad

Latacunga, Febrero 2023

Para constancia firman:

Ms.C Cristian Fabian Gallardo Molina

C.I. 050284769-2

AGRADECIMIENTO

Por el desarrollo del presente trabajo en primer lugar agradezco a Dios por ser mi guía y darme la sabiduría en el transcurso de mi camino como profesional.

De igual manera doy gracias a mi compañero y personas que ayudaron que este trabajo sea posible ya que sin su ayuda no se habría logrado la culminación del mismo.

A mis padres por su apoyo incondicional, ya que ellos me ayudaron son sus palabras de aliento para no dejar mis sueños y seguir adelante, gracias a mi hermana quien ha estado en los momentos buenos y malos, a todos mis familiares quienes siempre me han guiado con sus palabras y consejos, y también gracias a mi compañero de tesis quien gracias el hemos logrado la culminación de esta investigación, a mi novia le estoy agradecido ya que ha estado en los buenos y malos momentos ayudándome y guiándome con sus palabras de sabiduría, gracias a mis tutores quienes nos guiaron en todo este proceso, y a la universidad técnica de Cotopaxi por abrirnos las puertas.

-Marco Alexis

AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias a Dios por haberme permitido llegar a conseguir esta meta tan importante en mi vida por siempre guiarme en el camino correcto y ayudarme en este largo transcurso de mi formación como Ing. Electromecánico.

Luego le doy las gracias a mis padres y hermanos por ser el pilar fundamental en conseguir esta meta, siempre apoyarme en todo lo que me proponga, gracias por ese apoyo incondicional en todo momento y a toda hora, por formarme con una aptitud de luchador a siempre superar cualquier obstáculo que se me presente, les estaré agradecido toda la vida.

Al señor Alex Rojas y su esposa la señora Karina Jacome quienes fueron como mis segundos padres en todo este trayecto, me acogieron y me hicieron como uno más de su familia, siempre estuvieron pendientes de mí y me ayudaron en todo lo que estaba a su alcance sin recibir nada a cambio.

A mis tutores por guiarme en la elaboración del proyecto y confiar en la capacidad de llevar acabo esta tesis, también agradezco por ser mis docentes en el transcurso de mi formación.

A todos mis amigos y compañero de tesis que de una u otra manera siempre me animaban a luchar por este objetivo.

Franz Steeven

DEDICATORIA

Este logro académico lo dedico a Dios que me ha guiado en mi camino y llenado de bendiciones mi vida y por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi vida profesional.

A mis padres, que sin su apoyo nada de esto se llegaría a realizar, con su amor, paciencia, dedicación constante, que no me permitieron renunciar a mi meta, me han enseñado a luchar y enfrentarme y sonreír ante las adversidades de la vida, con esfuerzo y dedicación este trabajo es para cada uno de ustedes y en especial para mi novia quien ha sido mi guía en este largo camino en donde sin sus conocimientos no hubiese logrado todo esto, me apoyo en mis momentos de angustia y celebrando junto a mi cada uno de mis triunfos, por eso y muchas cosas más hoy te digo gracias lady.

-Marco Alexis

DEDICATORIA

Agradezco a dios por todo lo que me ha dado en esta vida, por todas las cosas buenas que tenía preparadas para mí, no cabe duda que tenía predestinado mi profesión e hizo que sucedan tantas cosas para llegar a luchar por mis sueños desde el primer instante en el que me toco salir de mi tierra dejando todas las comodidades de mi hogar para lograr la meta que me tenía propuesta.

Este logro tan importante se lo dedico principalmente a mi abuelita Mariana Agila quien siempre soñaba con que este momento llegara, pero por situaciones de la vida no lo pudimos compartir juntos, yo sé que desde el cielo siempre fuiste esa motivación especial por la cual nunca me rendí y logre hacer posible nuestra promesa, Aunque ya no estes conmigo siempre me ayudaras y seguirás creyendo en mí y yo siempre me acordare de ti, un abrazo al cielo querida abuelita.

A mis padres por todo ese esfuerzo que han hecho todo este tiempo para siempre darme todo lo que estuviera a su alcancé, y dejarme como legado lo que ustedes siempre han dicho una profesión es la mejor herencia que pueden dejar los padres a sus hijos, por enseñarme que en la vida siempre hay que luchar hasta el último segundo para conseguir lo que te propones y que si en el camino las cosas se ponen difíciles es por qué vas del lado correcto, por eso y por muchas otras cosas les estoy agradecido infinitamente gracias papitos.

Franz Steeven

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	viii
ÍNDICE GENERAL.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
INFORMACIÓN GENERAL	1
1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. RESUMEN.....	2
ABSTRACT	3
AVAL DE TRADUCCIÓN	4
1.2. EL PROBLEMA	5
1.2.1. Planteamiento del problema.....	5
1.2.2. Formulación del problema	5
1.2.3. Matriz Causa-Efecto	6
1.3. BENEFICIARIOS.....	7
1.3.1. Beneficiarios directos	7
1.3.2. Beneficiarios indirectos.....	7
1.4. JUSTIFICACIÓN	7
1.5. PREGUNTA CIENTÍFICA	7
1.6. OBJETIVOS.....	7
1.6.1. General	7
1.6.2. Específicos	7
1.7. SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	8
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	9
2.1. ANTECEDENTES	9
2.2. MARCO REFERENCIAL	9
2.3. FUNDAMENTOS GENERALES.....	9
2.3.1. Definición de Motor Eléctrico Reliance Electric de 250 HP.....	9
2.3.2. Estator	10
2.3.3. Rotor	10

2.3.4.	Carcasa.....	11
2.3.5.	Caja de conexiones	11
2.4.	Diseño estructural.	11
2.4.1.	Armadura.....	11
2.4.1.1.	Conexión entre elementos.....	12
2.4.1.2.	Cargas en los elementos de la armadura.....	12
2.4.1.3.	Apoyos en las armaduras.....	13
2.5.	Procesos de Soldadura	13
2.5.1.	Variables que intervienen en el proceso de soldadura	15
2.5.2.	Tamaño de los electrodos.....	15
2.6.	Equipos de Izaje	16
2.6.1.	Elementos de izaje	17
2.7.	Materiales de Ingeniería	18
2.7.1.	Acero Estructural ASTM 36	18
2.7.2.	Perfil IPN 80	18
2.8.	Clasificación de los metales	19
2.9.	Mantenimientos aplicables en motores eléctricos.....	20
2.9.1.	Tipos de mantenimiento	20
2.10.	Componentes Tecnológicos.....	20
2.11.	Software de modelado paramétrico de sólidos 3D INVENTOR	20
3.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	22
3.1.	METODOLOGÍA	22
3.2.	Definición de requisitos(alcance)	23
3.2.1.	Metodología cualitativa y cuantitativa.	23
3.2.1.1.	Metodología cuantitativa	23
3.2.1.2.	Metodología cualitativa.....	23
3.3.	Estructura funcional para motores eléctricos.....	24
3.4.	Diseño conceptual.....	25
3.4.1.	Bosquejo del diseño estructural para mantenimiento del motor Reliance Electric de 250 HP.....	25
3.4.2.	Sistema Estructural	26
3.4.3.	Dimensionamiento de los perfiles IPN para la construcción del sistema estructural. 26	26
3.4.3.1.	Ecuación para el dimensionamiento de la IPN.....	26
3.4.3.2.	Ecuación para encontrar el esfuerzo máximo.	26
3.4.3.3.	Ecuación para para determinar el factor de seguridad.....	26
3.4.4.	Diseño de la soldadura de la estructura.....	27

3.4.4.1.	Ecuación para el cálculo de la soldadura.....	27
3.4.5.	Procedimiento para determinar el tipo de electrodo	27
3.4.5.1.	Ecuación para la selección de electrodos.	28
3.4.6.	Selección de pernos de expansión para la fijación del sistema.....	28
3.4.6.1.	Ecuación para la selección de los pernos.	28
3.4.7.	Sistema de desplazamiento.	29
3.4.8.	Ecuaciones para determinar la deflexión de las vigas superiores.	29
3.4.9.	Sistema de Izaje	30
3.5.	Diseño dimensional.....	31
3.5.1.	Diseño detallado de los elementos del sistema estructural para el mantenimiento del motor eléctrico Reliance electric de 250 Hp.....	31
3.6.	Diseño en detalle.....	32
3.6.1.	Parámetros y características técnicas del sistema estructural.	32
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	37
4.1.	Introducción.....	37
4.1.1.	Diseño estructural del sistema para el estudio del motor eléctrico	37
4.1.2.	Dimensiones y descripción del sistema estructural.....	37
4.1.3.	Análisis del diseño estructural	37
4.1.4.	Modelado del sistema estructural en Inventor 2023	37
4.1.5.	Análisis de esfuerzos en la estructura y determinar el factor de seguridad estático ..	39
4.1.6.	Cálculo para el dimensionamiento de las vigas IPN.....	41
4.1.6.1.	Cálculo para encontrar el módulo resistente de la IPN.....	41
4.2.	Cálculo del esfuerzo máximo de la viga con una carga de 2 Toneladas.	41
4.2.1.	Cálculo para deflexión de vigas.....	42
4.3.	Diseño de la soldadura en el sistema estructural.....	42
4.3.1.1.	Cálculos para el tipo de soldadura.	43
4.3.2.	Selección del tipo de electrodo para la estructura.....	43
4.4.	Análisis estructural detallado mediante el software inventor	44
4.5.	Análisis y simulación de los puntos críticos	45
5.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	48
5.1.	Análisis de costos	48
5.2.	IMPACTOS TECNICOS, SOCIAL Y ECONOMICO.	50
6.	CONCLUSIONES DEL PROYECTO	50
6.1.	CONCLUSIONES.....	50
6.2.	RECOMENDACIONES.....	51
	BIBLIOGRAFÍA.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1. Sistema de tareas por objetivo	8
Tabla 2. 1. Diámetro de electrodo, corriente soldadura	15
Tabla 2. 2. Acero ASTM 36 propiedades	18
Tabla 3. 1Elementos del sistema estructural.....	24
Tabla 3. 2Descripción del tecele.....	30
Tabla 3. 3 Materiales del sistema del sistema estructural	32
Tabla 5. 1Materiales del sistema estructural	48
Tabla 5. 2. Costos de hora de Ingeniería	49
Tabla 5. 4. Costos indirectos.....	49
Tabla 5. 5. Rubro total	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1. Matriz causa efecto	6
Figura 2. 1. Motor Eléctrico Reliance Electric 250 Hp	10
Figura 2.2. Unión de Elementos	12
Figura 2. 3. Cargas en los elementos de la Armadura	13
Figura 2.4. Apoyos en armadura	13
Figura 2.5. Tipos de Suelta	14
Figura 2.6. Variables en el proceso de soldadura	15
Figura 2.7. Equipo de izaje	16
Figura 2.8. Elementos de Izaje	17
Figura 2.9. Clasificación de metales	19
Figura 3. 1. Metodología del sistema estructural	22
Figura 3. 2. Sistemas del diseño estructural 1. Sistema estructural 2. Sistema de desplazamiento 3. Sistema de Izaje	25
Figura 3. 3. Perfil IPN.....	26
Figura 3. 4. Cordón de soldadura	27
Figura 3. 5. Características del electrodo E-7018 1/8.....	28
Figura 3. 6. Diagrama de pernos.....	28
Figura 3. 7. Deflexión de vigas empotradas	29
Figura 3. 8. Componentes del sistema estructural Vigas en I laminadas en caliente de clases de acero de dimensiones 10 y 11 y tipo de electrodo, solda en secciones del sistema estructural.....	31
Figura 4. 1. Modelado del sistema estructural.....	38
Figura 4. 2. Sistema estructural modelado en Inventor.....	38
Figura 4. 3. Mallado del sistema estructural.....	39
Figura 4. 4. Esfuerzos en el sistema estructural	40
Figura 4. 5. Perfiles IPN dimensiones y propiedades	41
Figura 4. 6. Diseño de soldadura del sistema estructural	43
Figura 4. 7. Características del electrodo E-7018 1/8.....	44
Figura 4. 8. Sistema estructural detallado	44
Figura 4. 9. Coeficiente de seguridad y Tensión de Von Mises	45
Figura 4. 10. Análisis de desplazamientos y fuerzas aplicadas A, Desplazamiento, B Fuerza 1 C, Fuerza 2.....	46
Figura 4. 11. Primera tensión principal	47

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación (3. 1)	26
Ecuación (3. 2)	26
Ecuación (3. 3)	27
Ecuación (3. 4)	27
Ecuación (3. 5)	28
Ecuación (3. 6)	29
Ecuación (3. 7)	29

INFORMACIÓN GENERAL

Título: Diseño y construcción de un sistema estructural para el mantenimiento del motor Reliance Electric de 250 HP.

Fecha de inicio: Octubre 2022

Fecha de finalización: Marzo 2022

Lugar de ejecución: Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica

Equipo de trabajo:

Tutores:

Ing. M.Sc. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera

C.I. 050215089-9

Email: hector.reinoso@utc.edu.ec

Ing. M.Sc. Jefferson Alberto Porras Reyes

C.I. 070440044-9

Email: jefferson.porras0449@utc.edu.ec

Ponentes:

Garzón Taipe Marco Alexis

C.I. 050368348-4

Email: marco.garzon3484@utc.edu.ec

Rueda Espinoza Franz Steeven

C.I. 110553142-8

Email: franz.rueda1428@utc.edu.ec

Área de Conocimiento:

07 Ingeniería, industria y construcción / 071 Ingeniería y profesiones afines / 0714
Electrónica y automatización

Línea de investigación:

Tecnología industrial, gestión de la producción, riesgos y seguridad laboral

Sublíneas de investigación de la Carrera:

Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. RESUMEN

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL PARA EL MANTENIMIENTO DEL MOTOR RELIANCE ELECTRIC DE 250 HP”

Autores:

Garzón Taipe Marco Alexis

Rueda Espinoza Franz Steeven

RESUMEN

El mantenimiento de motores eléctricos de gran magnitud utiliza el método de desmontaje vertical, para el caso del motor Siemens Reliance Electric de 250 hp se desarrolló una estructura trapezoidal de 3,2 m de altura, 1,75 m de ancho en la parte superior y 1,25 m en la parte inferior, con una capacidad de elevación de 2000 kg, el izaje del motor es a través de un tecele manual con una capacidad máxima de 5 TON. Además, se estableció un proceso de viraje del motor a 90° grados a través del izaje con correas y con la ayuda de una tortuga ayuda al desplazamiento por el piso para alinear verticalmente al motor sobre el tecele para su posterior elevación y sujeción en la estructura. En base a esta necesidad se desarrolló un sistema estructural como parte del proyecto de titulación, así como un sistema de desmontaje diseñado y dimensionado de acuerdo a los requerimientos para soportar la masa total del motor. El diseño se realizó en herramientas computacionales que ayudaron a verificar el factor de seguridad, desplazamiento, esfuerzos máximos, lo que facilitó el diseño de prototipos visuales y la animación de todo el proceso de desmontaje. En contraste la estructura trapezoidal tiene un factor de seguridad de mínimo de cuatro (4) en todo el sistema estructural, lo que garantiza que la estructura es apta para realizar el mantenimiento del motor eléctrico.

Palabras Clave: Estructura, viraje, izaje, motor, mantenimiento.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

THEME: "DESIGN AND CONSTRUCTION OF A STRUCTURAL SYSTEM FOR THE
250 HP RELIANCE ELECTRIC MOTOR MAINTENANCE "

Authors:

Garzon Taipe Marco Alexis

Rueda Espinoza Franz Steeven

ABSTRACT

The maintenance of large-scale electric motors uses the vertical disassembly method, in the case of the 250 HP Siemens Reliance Electric Motor, a trapezoidal structure of 3.2 m high, 1.75 m wide at the top and 1.25 m at the bottom, with a lifting capacity of 2000 kg, the motor hoisting is through a manual hoist with a maximum capacity of 5 TON. In addition, a process of motor turning to 90° degrees was established through hoisting with straps and with the help of a turtle which it helps to move on the floor to vertically align the motor on the hoist for its subsequent elevation and fastening in the structure. Based on this need, a structural system was developed as part of the degree project, as well as a disassembly system designed and sized according to the requirements to support the total mass of the engine. The design was carried out in computational tools that helped to verify the safety factor, displacement, maximum efforts, which facilitated the design of visual prototypes and the animation of the entire disassembly process.

Keywords: Structure, turning, hoisting, engine, maintenance.

AVAL DE TRADUCCIÓN



CENTRO
DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ESTRUCTURAL PARA EL MANTENIMIENTO DEL MOTOR RELIANCE ELECTRIC DE 250 HP”** presentado por: **Marco Alexis Garzón Taipe y Franz Steeven Rueda Espinoza**, egresados de la Carrera de: **Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicada**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, marzo del 2023

Atentamente,

Mg. María Fernanda Aguaiza Iza

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI:050345849-9

1.2. EL PROBLEMA

1.2.1. Planteamiento del problema

La herramienta principal para realizar la tarea de diseño y construcción estructural es una comprensión adecuada del fenómeno de transformación de fuerzas externas en fuerzas internas del sistema. En otras palabras, la fuerza externa de la viga pertenece al espacio macroscópico (peso propio, sobrecarga, viento, sismo, etc.), las cuales serán convertidas en fuerzas microscópicas (esfuerzos, tracción, compresión, torsión) al actuar sobre el sistema.

No existen reglas generalmente aceptadas para los procedimientos de diseño estructural, y aunque los expertos trabajan con sus métodos particulares, no existe una discusión general sobre el tema. Es en esta área donde se necesitan esfuerzos sistemáticos para ayudar a capitalizar el importante trabajo de investigación y análisis estructural desarrollado hasta la fecha. Esta tesis analiza la particularidad del diseño, un problema que es muy característico por la presencia de muchas variables y pocas ecuaciones definidas, lo que lleva a la necesidad de indagar más sobre el tema sistemas estructurales.

El diseño y construcción estructural para el mantenimiento de un motor busca contribuir con el proceso de montaje y desmontaje del rotor de motores de gran magnitud que superan 1.5 TON, para la obtención de resultados como: factor de seguridad, coeficiente dinámico, momento flector, fuerzas, etc.

1.2.2. Formulación del problema

Limitados mecanismos y estructuras que permitan poner al motor eléctrico de forma vertical haciendo difícil el desmontaje del motor Reliance electric de 250 HP que tiene un peso de 2000 kg, que limita hacer los respectivos mantenimientos, pruebas de aislamiento, los procesos técnicos y prácticos, razón por la cual se genera la necesidad de diseñar y construir un sistema estructural apoyado por herramientas virtuales que ayuden a la simulación detallando paso a paso de cómo se hace el proceso en la vida real.

1.2.3. Matriz Causa-Efecto

Diagrama de Ishikawa

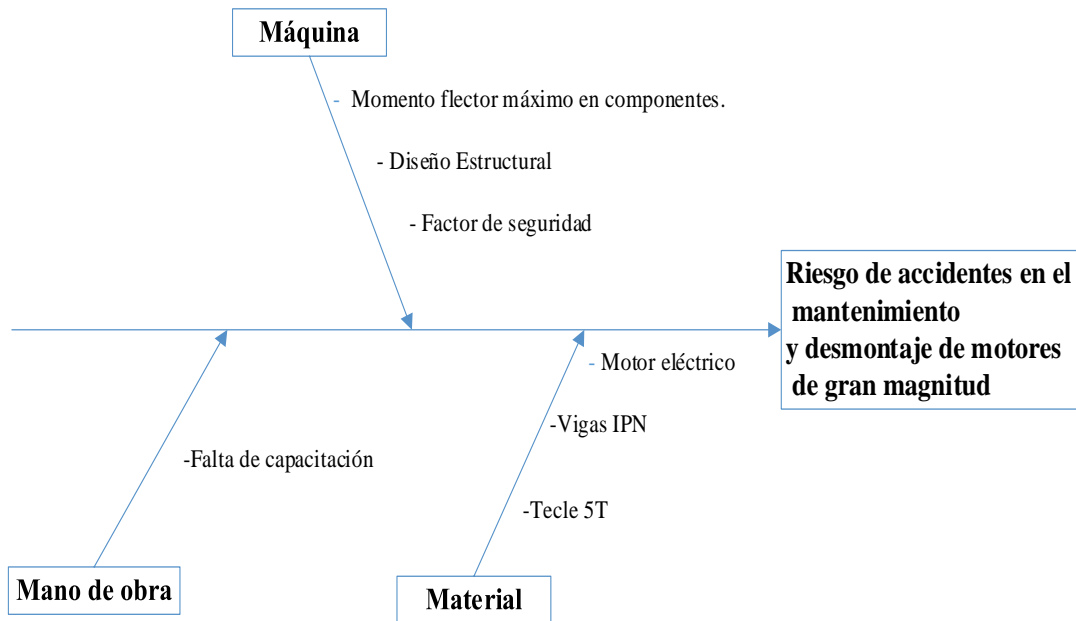


Figura 1. 1. Matriz causa efecto

1.3. BENEFICIARIOS

1.3.1. Beneficiarios directos

Laboratorios de la facultad de CIYA de la Universidad Técnica de Cotopaxi del cantón Latacunga perteneciente a la provincia de Cotopaxi.

1.3.2. Beneficiarios indirectos

Estudiantes de la facultad de CIYA.

1.4. JUSTIFICACIÓN

La inexistencia de un sistema estructural que permita el ensamblaje y desensamblaje en motores de gran magnitud (>1TON Y < 2TON)

1.5. PREGUNTA CIENTÍFICA

El diseño de un sistema estructural que soporta pesos mayores a 1(TON) y menores que 2 toneladas y longitudes máximas permitirá minimizar el tiempo, dificultad y riesgo en los procesos de desmontaje y mantenimiento en motores eléctricos.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. General

Desarrollar un sistema estructural para el mantenimiento del motor Reliance electric de 250 Hp a través de un software asistido por computadora (inventor), para facilitar el ensamblaje y desensamblaje del mismo.

1.6.2. Específicos

- Determinar las variables que inciden en el diseño y construcción de una estructura que permita el izaje y viraje del motor eléctrico de 2000 kg.
- Diseñar un sistema estructural con mecanismos que permitan el izaje, viraje, del motor Reliance Electric de 250 HP.
- Construir el sistema estructural de acuerdo a las condiciones de diseño.

1.7. SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. 1 sistema de tareas por objetivo

Objetivos específicos	Tareas/ Actividades	Resultados Esperados	Técnicas, medios e Instrumentos
Investigar información acerca de sistemas estructurales para el mantenimiento del motor eléctrico.	<ul style="list-style-type: none"> -Compilación de fuentes bibliográficas, libros, revistas sobre sistemas estructurales. -Estudio de los diferentes materiales que existen para el diseño estructural. -Revisión del datasheet del motor eléctrico en el que se va a realizar el estudio. 	<ul style="list-style-type: none"> -Informe acerca de los sistemas estructurales. -Clasificación de materiales de acuerdo a las necesidades del diseño. -Obtención de datos que conforman al motor eléctrico. 	<ul style="list-style-type: none"> - Investigación bibliográfica. -Datasheet
Diseñar un sistema estructural para el montaje y desmontaje del motor Reliance Electric de 250 HP.	<ul style="list-style-type: none"> -Identificación del software apropiado para el diseño estructural del sistema. -Simulación en el software Inventor. -Ejecución de un análisis de esfuerzo, deformación al momento de aplicar las cargas en el sistema estructural. -Estudio de viabilidad del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> -Manejo del software Inventor para un estudio de tensión de la estructura del diseño. -Obtención de las dimensiones para el modelado del sistema. -El alcance productivo en el tamaño del diseño estructural. -Análisis de factibilidad del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> -Utilizar el software Inventor para el modelado del sistema. -Indagar el dimensionamiento correcto en el sistema estructural. -Uso del software ANSYS FLUENT para obtención de cálculos.
Construir el sistema estructural basándose en el diseño realizado en el software inventor.	<ul style="list-style-type: none"> -Interpretación de los planos realizados en el software inventor. -Adquisición de los materiales necesarios para la construcción del sistema. -Creación del sistema estructural basándonos en los planos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Obtención de las medidas para realizar los cortes de las IPN de 80. -Generación de limpieza y pintura de las IPN. -Obtención de un sistema óptimo para el montaje y desmontaje de un motor 	<ul style="list-style-type: none"> -Investigación de documentación. -Simulación y planos.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES

La tesis “Desmontaje, montaje, verificación de un rotor de un motor eléctrico y accesorios” del año 2021, se cita que los procesos de montaje y desmontaje de motores, son para un mantenimiento eficaz, así como la verificación del estado del rotor y accesorios que lo componen [1].

La tesis “Mantenimiento y reparación de motores eléctricos síncronos” del año 2015, mencionar que es muy importante llevar un procedimiento de trabajo al momento de la evaluación y montaje de este tipo de máquinas y sobre todo realizar registros de datos de funcionamiento del motor con la finalidad de poder contrastar las condiciones en las que estuvo trabajando, las actuales en el momento de la evaluación [2].

El trabajo de titulación “Mantenimiento correctivo, preventivo, y predictivo de los bancos de motores de inducción y síncronos del laboratorio de máquinas eléctricas de la C.U.T.B” del año 2003, menciona que el motor dc actuará como promotor y debe ser arrancado a tensión reducida debido a que la corriente de arranque es muy elevada. Para su alimentación puede hacerlo con una fuente de voltaje dc regulable o usando la fuente rectificación que se encuentra en el tablero más una fuente de voltaje ac regulable. [3].

2.2. MARCO REFERENCIAL

Mediante el paso del tiempo el crecimiento y desarrollo del mundo se ha realizado gracias al diseño estructural.

2.3. FUNDAMENTOS GENERALES

2.3.1. Definición de Motor Eléctrico Reliance Electric de 250 HP

El motor eléctrico Reliance electric de 250 HP es una máquina que puede convertir la energía eléctrica recibida en energía mecánica. Básicamente se componen de dos partes, una parte fija llamada estator y otra parte móvil denominado rotor. Ambos están fabricados en material ferromagnético y cuentan con una serie de ranuras que albergan los conductores de cobre que componen los devanados eléctricos (figura 2.1).

El motor eléctrico tiene dos tipos de devanados: la inductancia crea un campo magnético que induce un voltaje correspondiente en el segundo devanado, el cual se denomina como inducido, aquí aparecen corrientes eléctricas que generan un funcionamiento adecuado.

Un motor para funcionar se vale de las fuerzas de atracción y repulsión que existen entre los polos. Los polos de un motor deben estar alternados para que se repelen entre sí, y dar un movimiento de rotación [4].



Figura 2. 1 Motor Eléctrico Reliance Electric 250 Hp

Fuente: [4]

A continuación, se describen los elementos que componen el motor Reliance Electric.

2.3.2. Estator

Es la base donde se lleva a cabo la rotación, es la parte fija del motor, y donde van los devanados del motor, en los motores trifásicos hay tres devanados desfasados 120 grados entre sí.

Existen estatores de dos tipos:

- Estator de polos salientes
- Estator ranurado

Un estator está conformado por un conjunto láminas de acero al silicio, el cual permite el pase de flujo magnético a través del flujo magnético con mayor facilidad; encaja los devanados conocidos como polos magnéticos.

Siempre son pares los polos de un motor.

2.3.3. Rotor

Es la parte móvil del motor que realiza la transferencia mecánica, pues aquí se hace la transferencia de energía eléctrica a mecánica. El rotor está constituido por un conjunto de láminas de acero y llegan a formar un paquete, pueden ser de tres tipos:

- Rotor ranurado.

- Rotor de polos salientes.
- Rotor de jaula de ardilla.

2.3.4. Carcasa

Es una parte muy importante del motor puesto que protege y cubre al estator y rotor, existen cinco tipos:

- Totalmente cerrado
- Abierta
- A prueba de goteo
- A prueba de explosiones
- De tipo sumergible.

2.3.5. Caja de conexiones

La caja de conexiones principalmente protege la placa de borne y los conductores que alimentan al motor, protegiéndolos de la operación mecánica del mismo [5],

2.4. Diseño estructural.

El diseño estructural es la forma de crear una estructura previamente diseñada, que tiene dimensión, resistencia y están en la capacidad de soportar diferentes cargas por parte de la estructura.

También es un proceso innovador que garantiza la seguridad en los procesos que implican levantar y colocar varios componentes en diferentes posiciones que en las condiciones estables de servicio ayuda a un óptimo desempeño.

La función principal del diseño estructural es crear estabilidad estructural a través del buen uso de materiales y sus características. [6].

2.4.1. Armadura.

Es un montaje de una serie de elementos delgados y planos que soportan cargas axiales de tracción o compresión. Estos elementos se denominan “elementos de doble resistencia”.

Dado que el elemento o miembro es demasiado delgado para soportar cargas laterales, todas las cargas deben aplicarse a la unión o puntos de conexión. Una viga se considera rígida si está diseñada para una gran deformación bajo cargas pequeñas.

Las armaduras constan de subelementos triangulares y están apoyadas entre sí de manera que se impide toda clase de movimiento.

2.4.1.1. Conexión entre elementos

Los elementos que componen la armadura se unen en sus extremos mediante pasadores lisos sin fricción sobre placas llamadas 'placas conectoras' o mediante soldaduras, remaches, tornillos o pernos para formar un marco rígido.

Para el análisis del refuerzo, se suele suponer que los elementos están conectados por nodos o nudos.



Figura 2.2. Unión de Elementos

Fuente: [7]

2.4.1.2. Cargas en los elementos de la armadura

Dado que los elementos están conectados por nodos, las fuerzas que actúan en ambos extremos del elemento se reducen a una sola fuerza y no hay pares. Por eso se llaman elementos de doble fuerza. Si una fuerza tiende a estirar un elemento, está en tensión. Un elemento está en compresión si la fuerza tiende a comprimirlo. No importa donde se calcule el elemento, es decir donde se haga el corte, será en tracción o en compresión.

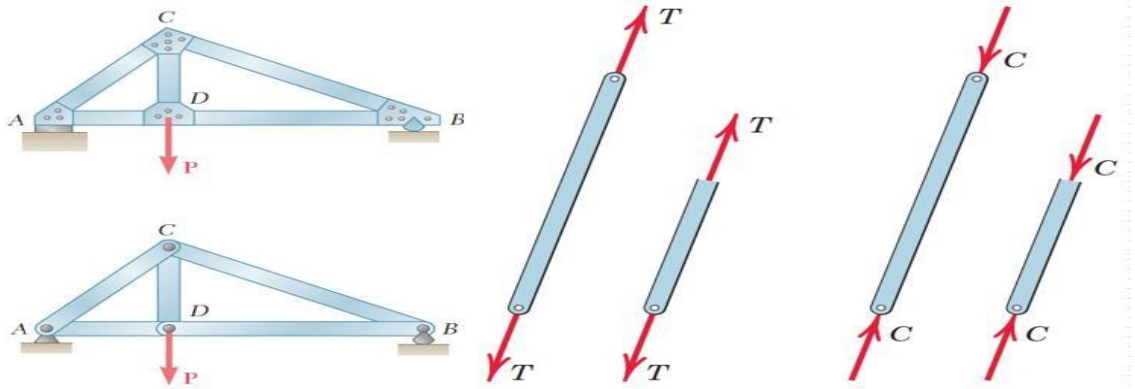


Figura 2. 3. Cargas en los elementos de la Armadura

Fuente: [7]

2.4.1.3. Apoyos en las armaduras.

Los apoyos conectados al suelo se denominan soportes, en el diagrama los soportes son A y B. Para el estudio de una armadura en el plano, también son denominados como ligaduras que denominados como dispositivos que ayudan a restringir de alguna manera los movimientos del sistema estructural y permiten la transmisión de los esfuerzos. [7].

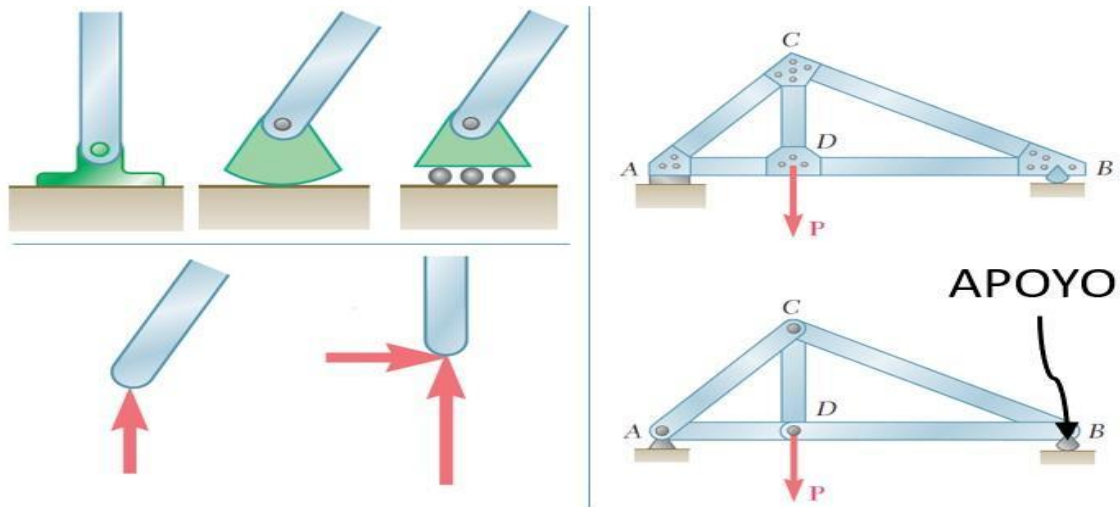


Figura 2.4. Apoyos en armadura

Fuente: [7]

2.5. Procesos de Soldadura

La soldadura es el proceso de unión entre metales por la acción del calor, con o sin aporte de nuevo material metálico, para dar continuidad a los elementos unidos. Es necesario aportar calor hasta que el material de aporte se funda y una las dos superficies, caso contrario lo hará el metal de la pieza. Para que el metal de aportación suelde correctamente es necesario "mojar" los

metales a unir, lo que siempre verificará que la adherencia entre el metal de aportación y las piezas a soldar sea mayor que la cohesión entre los átomos del material añadido.

La clasificación de los procesos de soldadura puede ser de la siguiente manera.

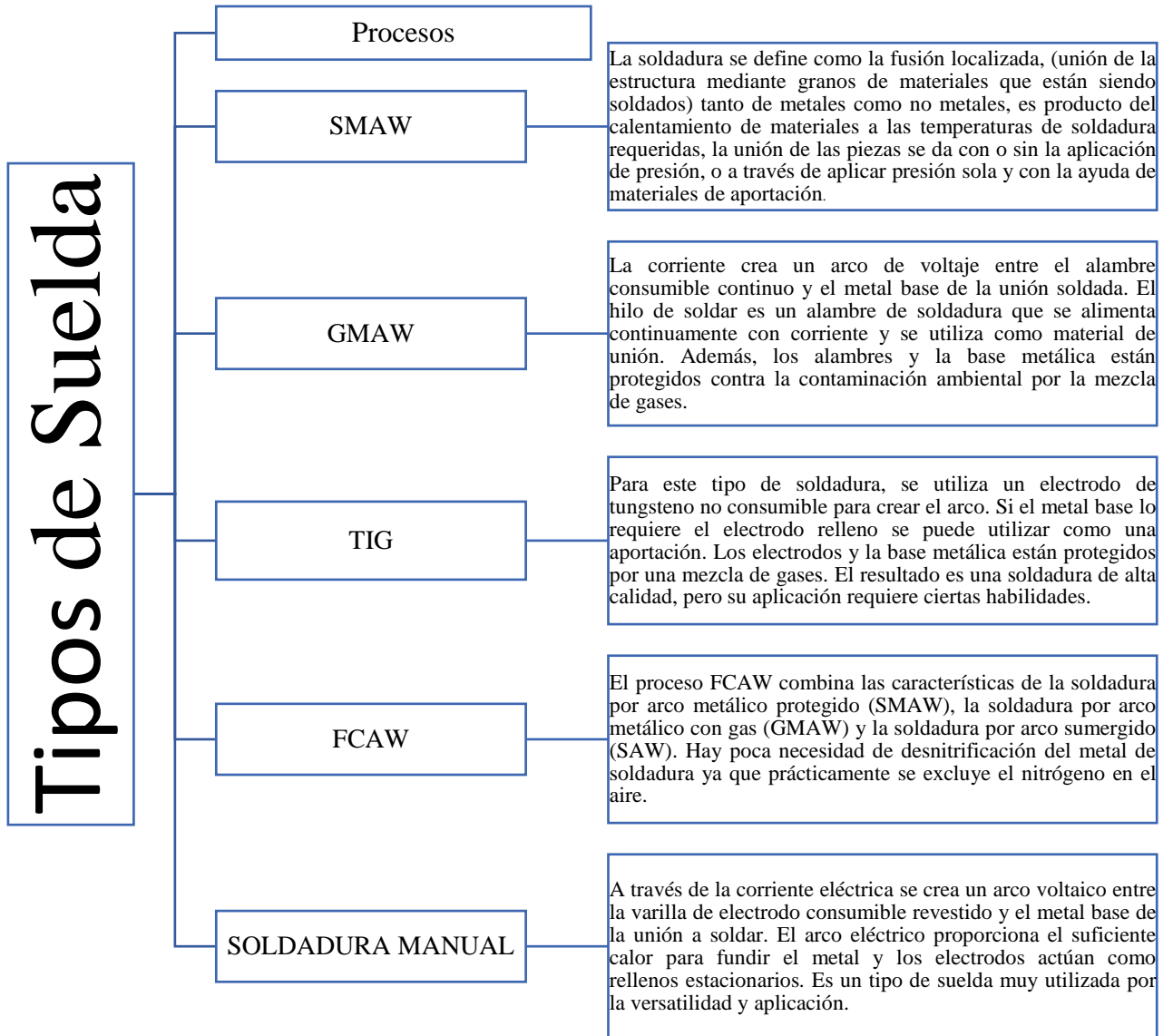


Figura 2.5. Tipos de Suelda
Fuente: [8]

2.5.1. Variables que intervienen en el proceso de soldadura

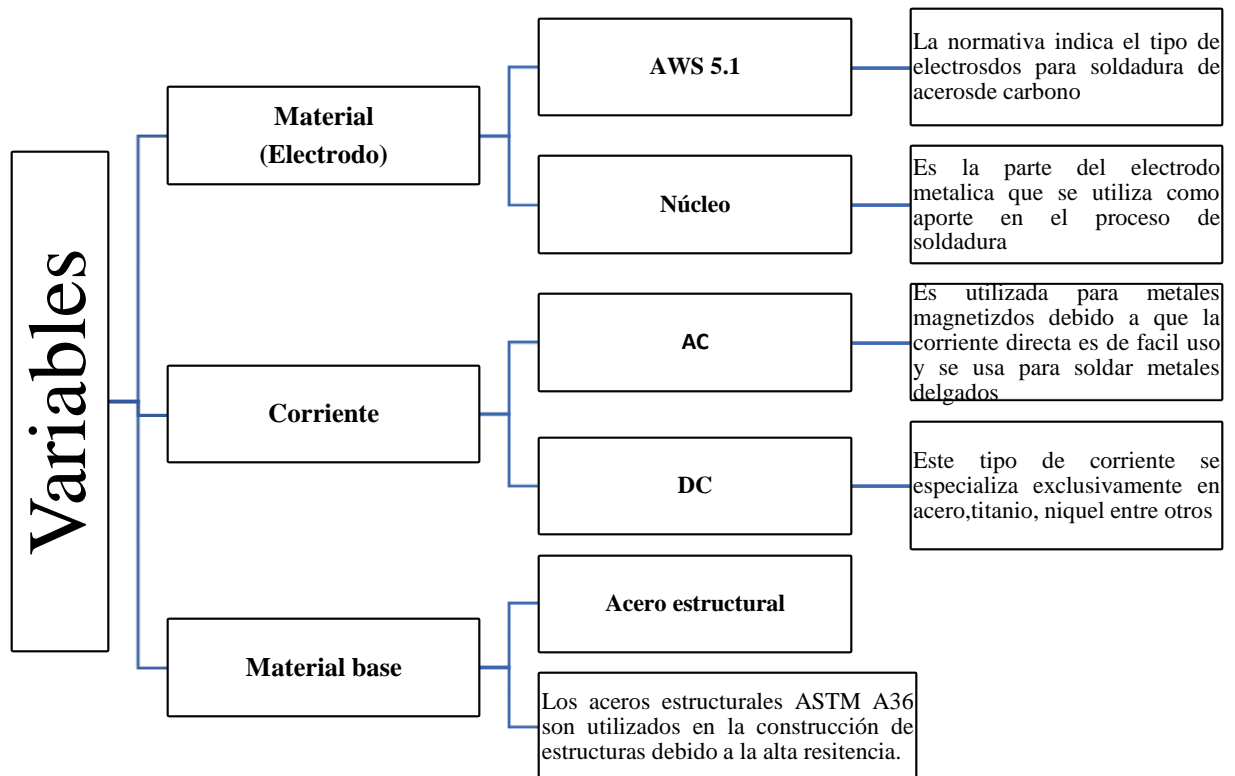


Figura 2.6. Variables en el proceso de soldadura
Fuente: Propia

2.5.2. Tamaño de los electrodos.

El tamaño del electrodo depende de la intensidad de corriente del equipo y de la dureza del material a soldar. Generalmente, la corriente de soldadura recomendada según el diámetro del electrodo se da a conocer en la siguiente tabla. [9].

Tabla 2. 1 diámetro de electrodo, corriente soldadura

Diámetro del electrodo	Corriente de soldadura
1,6 mm	40 – 60 Amp.
2,0 mm	60 – 80 Amp.
2,5 mm	70 – 90 Amp.
3,25 mm	90 – 130 Amp.
4,0 mm	130 – 160 Amp.

Fuente: [9]

2.6. Equipos de Izaje

Un equipo de levantamiento o izaje, se puede definir como herramientas de suma importancia en cualquier tipo de industria, son de mucha utilidad en trabajos de montaje. Los más conocidos son los tecles o también conocidos como polipastos, son ideales para levantar objetos pesados lo que hace más fácil trasladar y ubicar en el lugar donde se requiera. A continuación, se explica lo que es un tecele y cual es función.

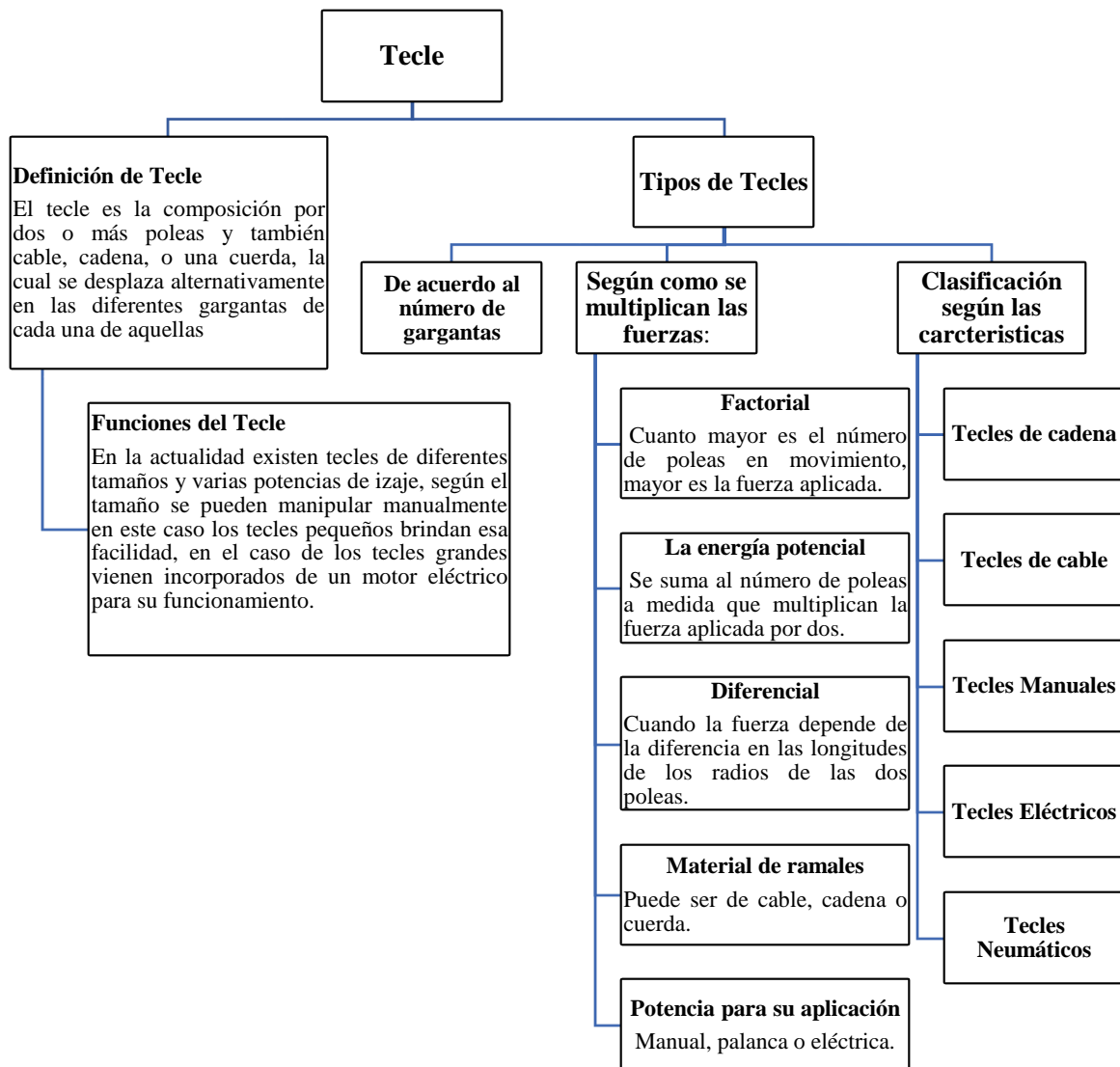


Figura 2.7. Equipo de izaje
Fuente: [10] [11]

2.6.1. Elementos de izaje

El izaje mecánico se realiza para mover objetos grandes y/o pesados que no se puede transportar manualmente debido a su peso o dificultad de maniobra en los elementos.

Un elemento de izaje es todo dispositivo que permite elevar o bajar una carga precalculada de manera segura y controlada.

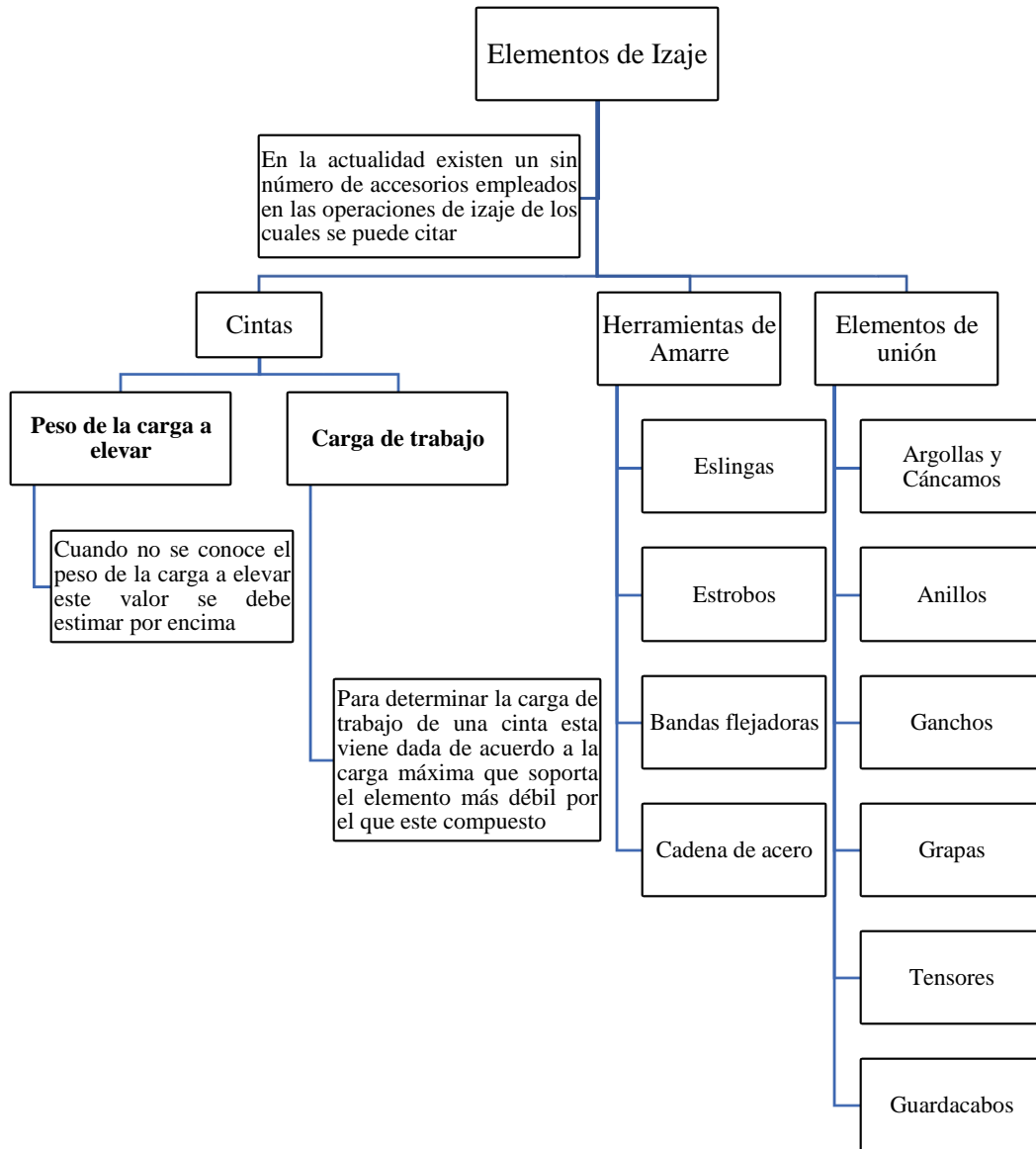


Figura 2.8. Elementos de Izaje
Fuente [12][13]

2.7. Materiales de Ingeniería

La ciencia e ingeniería de materiales se ocupa de la generación y aplicación de materiales, conocimientos relacionados con la composición, estructura y procesamiento de materiales, así como sus propiedades y aplicación [14].

Los materiales de ingeniería se clasifican en: metálicos, polímeros, cerámicos.

2.7.1. Acero Estructural ASTM 36

El acero ASTM A36 es un material que se ha convertido en el material más utilizado en la industria ecuatoriana por sus características y propiedades, este material es el resultado de la composición de elementos químicos, siendo el hierro el más importante y el carbón el menos, no superando la composición. en peso 1,2%, alcanzando generalmente un porcentaje entre 0,2% y 0,3%, facilita el proceso de conformado de este acero.

Las características composicionales son las características que clasifican los materiales según los elementos que predominan en cantidad, según la facilidad con que se pueden realizar determinados tratamientos térmicos y su uso. El acero es muy utilizado en la construcción de maquinaria, herramientas, edificaciones y obras públicas; por la variedad que presenta y sobre todo por su disponibilidad en el mercado. [15]

Tabla 2. 2. Acero ASTM 36 propiedades

Descripción general ASTM A36	
Normas involucradas	ASTM A 36/A 36M - 04
Propiedades mecánicas	Esfuerzo a la fluencia mínimo: 250 MPa (36300 PSI) Esfuerzo a la tensión: 400 – 550 MPa (58000 – 79800 PSI) Elongación mínima en 50 mm (2"): 23% Módulo de elasticidad 200 GPa (29000 KSI)
Propiedades físicas	Densidad 7.85 g/cm ³ (0.284 lb/in ³)
Propiedades químicas	0.25 – 0.29 % C 0.60 – 1.20 % Mn 0.15 – 0.40 % Si 0.04 % P máx 0.05 % S máx
Usos	Componentes estructurales en general
Tratamientos térmicos	Este material no recibe tratamiento térmico debido a que es acero estructural

Fuente: [16]

2.7.2. Perfil IPN 80

La viga IPN es un perfil con forma de doble "T", también conocido como "sección en I de alas oblicuas", "Normal en forma de I" o "Normal doble T", y su espesor es denominado "normal".

Las caras exteriores de las alas son perpendiculares al alma y las caras interiores tienen una inclinación del 14% por lo que su espesor disminuye hacia los bordes. [16]

2.8. Clasificación de los metales

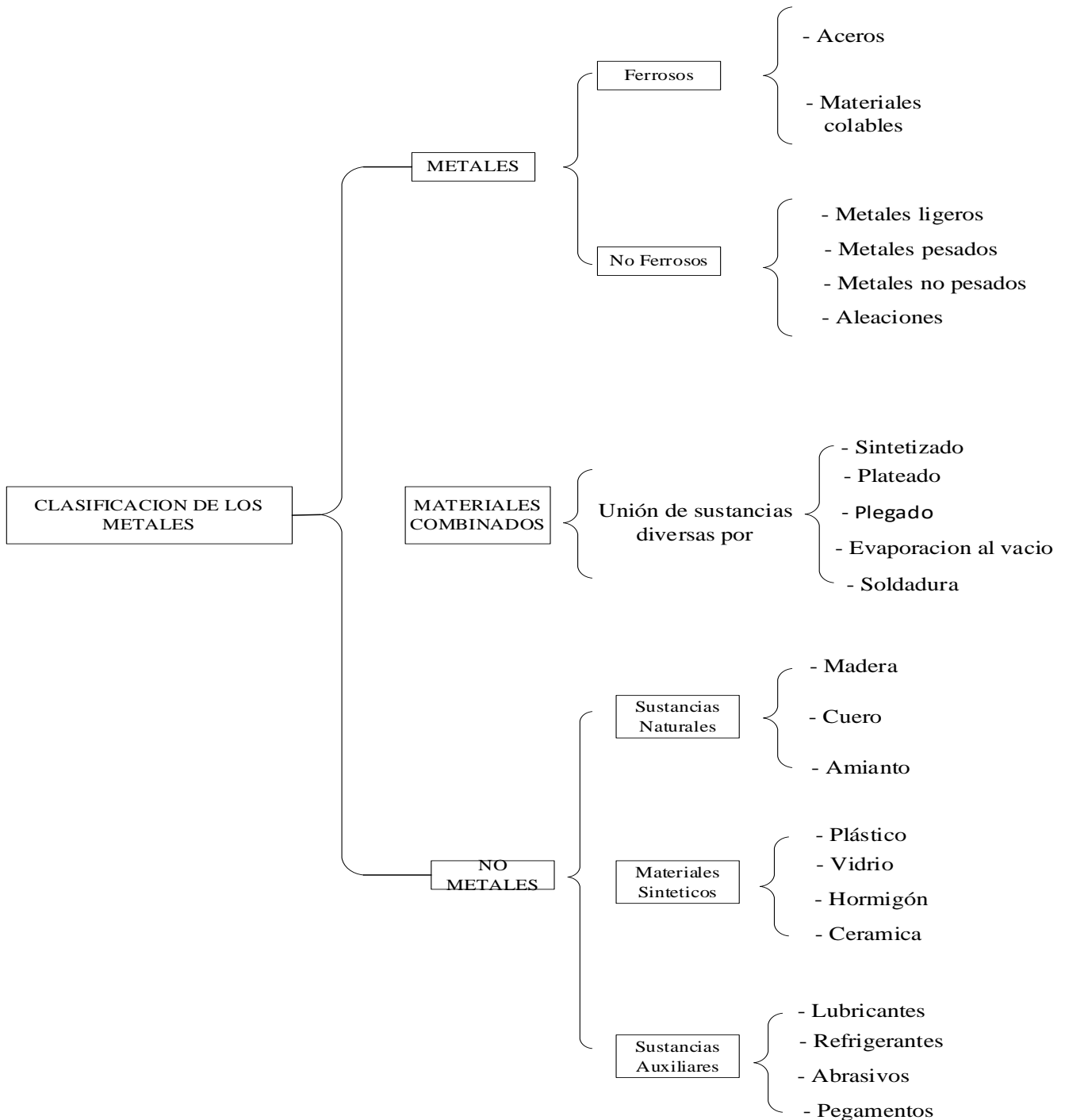


Figura 2.9. Clasificación de metales
Fuente: [15]

2.9. Mantenimientos aplicables en motores eléctricos

Se determina como mantenimiento a aquella actividad la cual trata a ciertos bienes determinados dentro de un proyecto, debido a que estos mismos por el transcurso del tiempo, por el uso y mal manejo de los equipos o instalaciones se verá afectado en su desempeño y funcionalidad. Por ende, también es importante tener conocimiento que este procedimiento lo puede realizar solamente un técnico el cual este especializado en la materia, ya que debido a la falta de conocimiento o experiencia en campo se podría ver afectado el equipo así también como el avance de la obra debido a que el mantenimiento es una base fundamental para la producción de bienes y servicios. [17].

2.9.1. Tipos de mantenimiento

Debido a la importante necesidad de mantenimiento en equipos y herramientas surgen los diferentes tipos de mantenimiento aplicables para estos, los cuales son:

- **Mantenimiento preventivo.**

Este tipo de mantenimiento está centrado en las actividades que se efectuarán antes de que se produzcan imperfectos o daños en los equipos y herramientas evitando a que un futuro surja problemas garantizando así su tiempo de utilidad y funcionalidad [18].

- **Mantenimiento correctivo.**

Este mantenimiento es aplicable para los equipos y herramientas en los cuales ya ha adquirido algún problema surgiendo la necesidad de realizar acciones que resuelvan cierto tipo de falla para que esté equipo o herramienta pueda seguir cumpliendo su función [19].

2.10. Componentes Tecnológicos

Los componentes tecnológicos generan ayuda debido a que contienen componentes lógicos necesarios para hacer posible un sistema óptimo, ejecutable y eficiente.

2.11. Software de modelado paramétrico de sólidos 3D INVENTOR

Inventor es un software CAD en 3D que se utiliza para el diseño, la renderización y la simulación de productos el cual se diferencia de otros tipos de programas debido a que contiene un set completo de herramientas para optimizar el tiempo, calidad y costes en la fabricación de los productos.

Además, el prototyping digital ayuda a diseñar y validar productos antes de fabricarlos.

Autodesk inventor facilita el trabajo colaborativo sin importar el software de CAD que utilicen con revisiones del diseño en la nube y el desarrollo del ciclo de vida completo del producto con un solo modelo de datos.

Las funcionalidades de Autodesk Inventor incorporan la simulación dinámica para la validación del producto antes de fabricarlo.

La simulación dinámica permite optimizar el producto usando las restricciones de ensamblaje, de forma que se pueden identificar elementos inmóviles y generar uniones de movimiento.

Funciones de diseño de la simulación dinámica:

- Definición de cargas
- Trazado de puntos
- Gráficas
- Visualización del movimiento
- Generación de informes personalizados
- Exportación de piezas a entornos de cálculo estático para comprobar tensiones y deformaciones. [20]

3. DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1. METODOLOGÍA

En el presente capítulo, se consideró una perspectiva para determinar e identificar los parámetros de un sistema estructural para el ensamblaje y desensamblaje en motores eléctricos de gran magnitud, mediante un desarrollo de ecuaciones, misma que facilitará el desarrollo de diversas etapas del diseño.

La información imprescindible e indispensable para la realización del diseño se obtuvo principalmente de fuentes primarias y secundarias, realizando el análisis de la misma. Las fuentes principales fueron las empresas dedicadas a la comercialización de materiales para la construcción metal mecánica. Las fuentes secundarias suman información importante, que fue recolectada en fuentes como artículos, tesis, libros, internet, etc. [21]

Para seguir una secuencia de trabajo se organizó mediante la siguiente estructura:

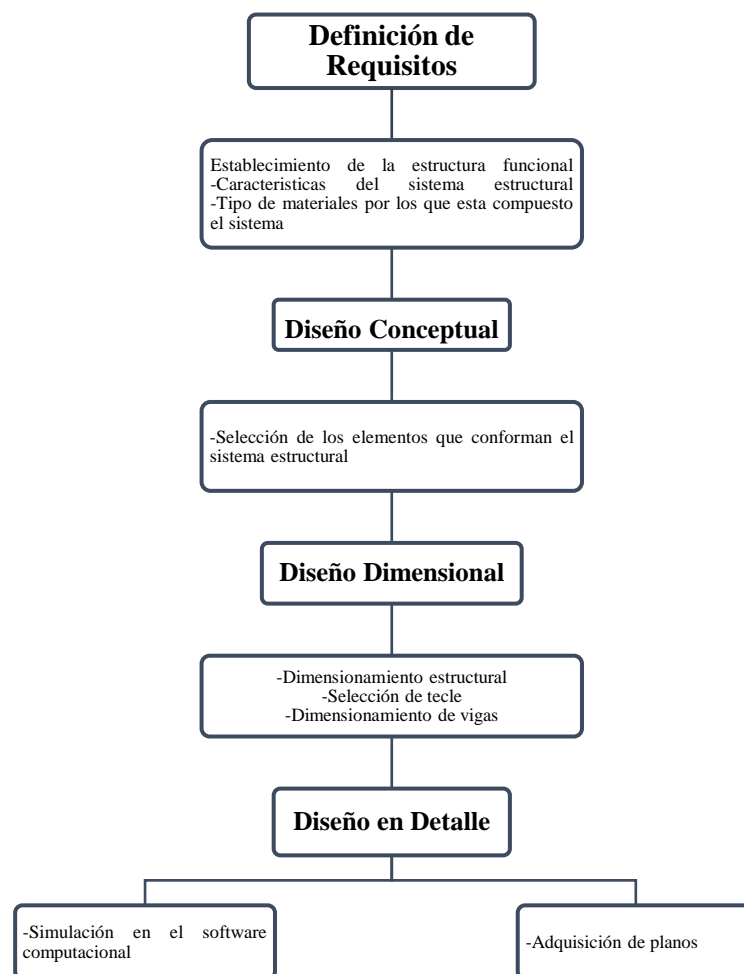


Figura 3. 1. Metodología del sistema estructural
Fuente: Propia

3.2. Definición de requisitos(alcance)

En la investigación las modalidades a emplearse son:

La entrevista, con esta técnica a emplearse se desarrolla una investigación cualitativa con el fin de recopilar información detallada por parte de los docentes.

La primera entrevista se desarrollará al Ing. Carlos Maldonado docente laboratorista el cual nos dará a conocer los Requerimientos que se necesitan en los laboratorios para implementar el diseño estructural, también se dará a conocer el espacio que se dispone para el montaje de dicha estructura con el fin de hacer un diseño óptimo que permita maniobrar todos los elementos del motor.

La segunda entrevista se desarrollará al Ing. Jefferson Porras docente tutor de la presente tesis para la obtención de requisitos funcionales que servirán de guía en el diseño estructural

La documental, esta técnica ayuda en la recolección de información de alta confiabilidad referente a los temas permitiendo ordenar y sistematizar la información que será implementada.

La presente tesis consiste en el diseño y construcción estructural para el mantenimiento del motor Reliance Electric de 250 HP, Estableciendo un paradigma cuantitativo- cualitativo, siendo el punto de partida donde se definen las variables de entrada y salida, para delimitar el análisis estático y dinámico del sistema estructural en motores de gran magnitud mayores a 1.5 toneladas. [22]

3.2.1. Metodología cualitativa y cuantitativa.

En este apartado de metodología, se utilizarán principalmente métodos cuantitativos y cualitativos sugeridos en el siguiente proceso de ensamblaje y des ensamblaje en motores de gran magnitud.

3.2.1.1. Metodología cuantitativa

Permite identificar propiedades y atributos que determina los requisitos del sistema estructural de motores eléctricos de hasta 2 toneladas, formar un sistema de izaje en la misma estructura que ayude en el desplazamiento vertical del motor, a través de este procedimiento se definirán las características.

3.2.1.2. Metodología cualitativa

Mediante ecuaciones será posible desarrollar varias etapas que conforman el sistema y capacidad de elevación del tecle manual. Para una mayor sencillez se plantea el uso de tablas, que permitirá una evaluación numérica, mediante la cual se analizan sus propiedades para su respectiva selección.

3.3. Estructura funcional para motores eléctricos.

En el diseño estructural el izaje del motor eléctrico de manera vertical cumple con secuencias de trabajo como: el izaje, sujeción, empernado de la carcasa a la plancha metálica, destornillado de la tapa superior e inferior, extracción del rotor, el proceso se implementa en el laboratorio de máquinas eléctricas.

El funcionamiento del sistema estructural es dado mediante la elevación con un tecle manual, el cual se encarga de colocar al motor de manera vertical para posteriormente hacer la sujeción en los soportes del motor los cuales son empernados a la base metálica permitiendo desatornillar las tapas superior e inferior con la ayuda del tecle y de una cinta de carga será enganchada en la parte superior del rotor el cual tiene una base donde será enganchado para retirar el rotor de manera vertical lo que hace más fácil la extracción del rotor. [23]

Las partes constitutivas del sistema estructural son:

Tabla 3. 1 Elementos del sistema estructural

Sistema 1	Sistema 2
Tecle manual	Plancha metálica
Motor	Guías de desplazamiento
Pallet	Izaje

Fuente: Propia

3.4. Diseño conceptual

El diseño estructural está conformado de una combinación de elementos, de acuerdo al diseño se combinó en varios sistemas tales como: sistema estructural, sistema de izaje, sistema de sujeción y bases del bobinado, extracción del rotor y pruebas de aislamiento, se aplicó un diseño exclusivo experimental con el fin de adaptar el diseño a procesos de montaje y desmontaje.

3.4.1. Bosquejo del diseño estructural para mantenimiento del motor Reliance Electric de 250 HP.

En la figura 3.2 se da a conocer los sistemas que conforman el diseño estructural para realizar el ensamblaje y desensamblaje del rotor eléctrico los cuales son: sistema estructural, sistema de izaje.

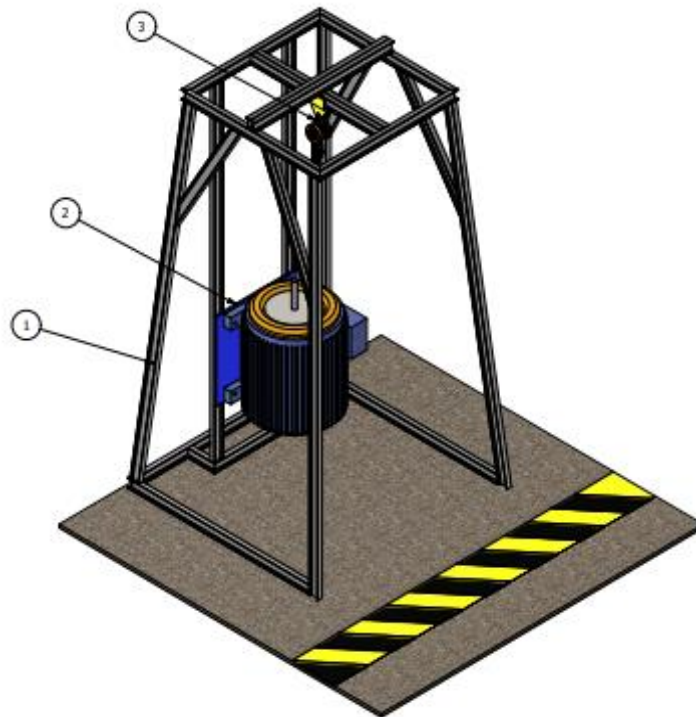


Figura 3. 2. Sistemas del diseño estructural
1. Sistema estructural 2. Sistema de desplazamiento 3. Sistema de Izaje
Fuente: Propia

3.4.2. Sistema Estructural

El sistema estructural es el conjunto de elementos que unidos entre sí poseen la capacidad de soportar a motores eléctricos de hasta 2 toneladas, las cargas aplicadas se transmiten a los apoyos de la estructura lo que garantiza la estabilidad sin sufrir ningún tipo de deformación.

3.4.3. Dimensionamiento de los perfiles IPN para la construcción del sistema estructural.

A continuación, se procede a delimitar el tipo de material que va a ser usado teniendo en cuenta que el factor de seguridad de la estructura que es de 1,35 siendo aceptable ya que el mínimo debe ser de 1, con la ayuda del software inventor se realizó los respectivos análisis. (Anexo II tabla 1).

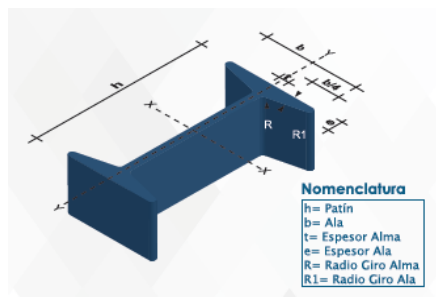


Figura 3. 3. Perfil IPN

3.4.3.1. Ecuación para el dimensionamiento de la IPN

$$\sigma = \frac{M_y}{S_y}$$

Ecuación (3. 1)

σ = esfuerzo máximo (Pa)

M_y = Momento flector (Pa)

S_y = modulo de resistencia elastica (Pa)

3.4.3.2. Ecuación para encontrar el esfuerzo máximo.

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Ecuación (3. 2)

σ = esfuerzo maximo

F = Carga

A = Area transversal

3.4.3.3. Ecuación para para determinar el factor de seguridad.

La determinación del factor de seguridad es importante ya que con el mismo se diseña la estructura con factor de 1.35 que es el resultado obtenido por el software de inventor mediante simulación. (Anexo II- tabla 2)

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{max}}$$

Ecuación (3. 3)

n = factor de seguridad

S_y = Límite elástico (MPa)

σ_{mas} = Esfuerzo máximo permisible (MPa)

3.4.4. Diseño de la soldadura de la estructura.

En este apartado se observará el cálculo para la soldadura de la estructura en donde se tomará en cuenta los siguientes datos, el ángulo de soldadura, el tipo de soldadura, la velocidad de soldadura (Anexo II- tabla 3).

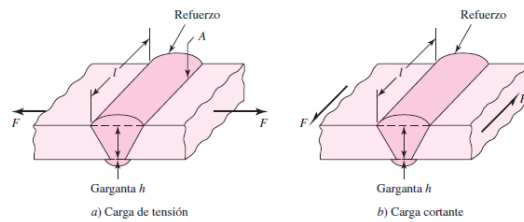


Figura 3. 4. Cordón de soldadura

3.4.4.1. Ecuación para el cálculo de la soldadura (Anexo II- tabla 3)

$$\sigma = \frac{F}{h \cdot l}$$

Ecuación (3. 4)

σ = Esfuerzo normal (Pa)

F = Carga (kN)

h = garganta de la soldadura

l = longitud de la soldadura (m)

3.4.5. Procedimiento para determinar el tipo de electrodo

En este apartado se usó el electrodo E-7018 DE 1/8 el cual por su resistencia ayuda con la soldadura para acero estructural en donde va a soportar una carga de 2000kg. (Anexo II tabla 4).

AMPERAJES RECOMENDADOS										
Cod. SAP	Ref. AWS	Ref. Prov.	Diam. Electrodo		Long. Electrodo		Amperaje		Electrodo x kg aproximado	Kg/Caja
			pulg	mm	pulg	mm	min	max		
2000121	E 7018	E 7018 RH	3/32	2,4	12	300	70	120	65	25
2000122	E 7018	E 7018 RH	1/8	3,2	14	350	80	120	32	25
2000123	E 7018	E 7018 RH	5/32	4	14	350	140	200	19	25
2000124	E 7018	E 7018 RH	3/16	4,8	14	350	200	275	14	25
2000125	E 7018	E 7018 RH	1/4	6,4	18	450	275	400	7	25
1030484	E 7018	E 7018 RH	1/8	3,2	14	350	80	120	32	20
1030485	E 7018	E 7018 RH	5/32	4	14	350	140	200	19	20
2000582	E 7018	E 7018 RH (1Kg)	1/8	3,2	14	350	80	120		25
1028902	E 7018	E 7018 RH (1Kg)	3/32	2,4	12	300	70	120		25
1028903	E 7018	E 7018 RH (1Kg)	5/32	4	14	350	140	200		25

Figura 3. 5. Características del electrodo E-7018 1/8

3.4.5.1. Ecuación para la selección de electrodos.

$$P = \frac{S}{1 - L}$$

Ecuación (3. 5)

P = Peso de electrodo requerido (kg)

L = Perdidas totales del electrodo (%)

S = Peso de acero deposito (kg)

3.4.6. Selección de pernos de expansión para la fijación del sistema.

Aquí se observará el dimensionamiento de los pernos de expansión, que serán utilizados para el anclaje de la estructura en el piso para que esta sea más segura y no se tenga inconvenientes la realizar las operaciones planeadas. (Anexo II- Tabla 5)

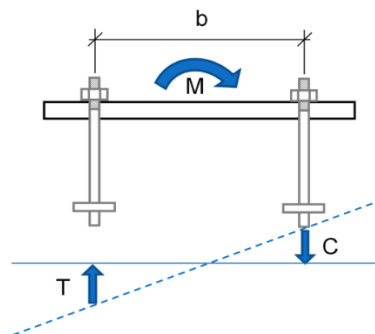


Figura 3. 6. Diagrama de pernos.

3.4.6.1. Ecuación para la selección de los pernos. (Anexo II- Tabla 5)

$$C = \frac{M}{b}$$

Ecuación (3. 6)

C = Compresión

M = Momento (Pa)

b = Distancia de perno a perno (m)

3.4.7. Sistema de desplazamiento.

El mecanismo de desplazamiento se realizó teniendo en cuenta el peso de la carcasa, para hacer un desplazamiento eficiente se dimensionó mediante un sistema de guías el cual permite que se desplace la carcasa del rotor de forma ascendente y descendente, con el fin de evitar daños en el bobinado haciendo de todo este proceso sencillo y permitiendo una mayor sujeción y facilidad a los operarios.

En este apartado se definirá la ecuación para determinar la deflexión de las vigas superiores las cuales se van a desplazar y soportar una carga de 2000kg. (Anexo II-Tabla 6)

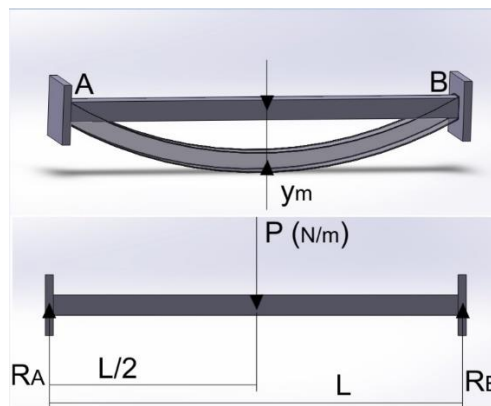


Figura 3. 7. Deflexión de vigas empotradas

3.4.8. Ecuaciones para determinar la deflexión de las vigas superiores.

$$y = -\frac{PL^3}{48 EI}$$

Ecuación (3. 7)

y = deflexión (m)

P = fuerza (k.N)

L = longitud (m)

48 = constante

$E = \text{módulo de elasticidad (Pa)}$

$I = \text{inercia (kg)}$

3.4.9. Sistema de Izaje

El sistema de izaje es un componente de vital importancia, es la que se encarga de soportar las cargas verticales suspendidas de motores de hasta 2TON, la implementación de este sistema es para soportar toda la carga del motor durante la elevación hasta ser anclado al soporte que está conformado por una plancha de acero (ASTM A36 – 15mm).

Para el sistema de izaje se seleccionó un tecele manual, marca Century debido a que se encuentra en el mercado local y cumple las características técnicas que complementan el diseño y construcción del sistema estructural.

La selección de un tecele adecuado en el proyecto es de vital importancia, esto para evitar gastos innecesarios, en la selección de tecele se debe poner a consideración la carga que se izará y seleccionar un tecele de mayor capacidad esto para garantizar un transporte seguro y correcto funcionamiento. (Anexo II – Tabla 7)

En la tabla 3.2 se describen datos del tecele manual seleccionado.

Tabla 3. 2Descripción del tecele

DESCRIPCION DEL TECLE	
Marca	Century
Fuerza de tracción	5000kg (5 Toneladas)
Longitud de la cadena	3,20 m
Peso	33 kg

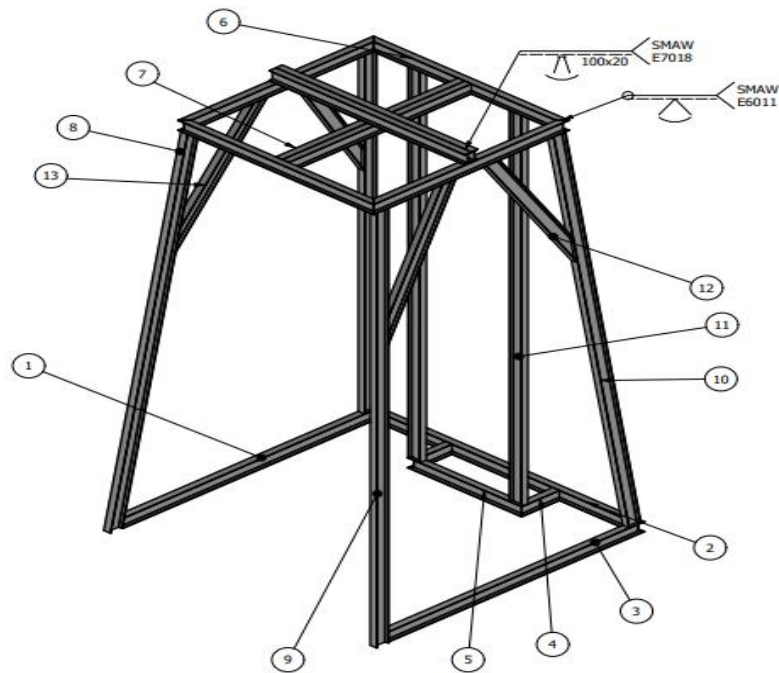
Fuente: Propia

Las consideraciones para la selección del tecele fueron las siguientes:

- La elevación, considerando que la estructura tiene 3m
- Tipo de carga, considerando que el motor tiene 2 toneladas aproximadamente
- Capacidad nominal, sabiendo que el tecele opera a un máximo del 75%
- Accesorios bajo el gancho.

3.5. Diseño dimensional

El diseño dimensional se realiza mediante la utilización de ecuaciones que permitan definir los dimensionamientos correctos del sistema estructural en general, los materiales utilizados en el diseño son seleccionados bajo el diseño ingenieril en el cual se considera principalmente el factor de seguridad, resistencia del material, esfuerzos, momentos flectores y el tipo de suelda y electrodo que debe utilizar en cada sección de la estructura. Como resultado en la figura 3.8 se da a conocer el resultado de aplicar los factores anteriormente mencionados.



*Figura 3. 8. Componentes del sistema estructural
Vigas en I laminadas en caliente de clases de acero de dimensiones 10 y 11 y tipo de electrodo, suelda en secciones del sistema estructural
Fuente: Propia*

También en este apartado del proyecto de titulación, se especifican los pasos a tener en cuenta en el momento de sacar los cálculos correspondientes en las distintas secciones de la estructura tomando en cuenta que se partirá desde la carga que soportará y las vigas que están sometidas a mayor esfuerzo.

3.5.1. Diseño detallado de los elementos del sistema estructural para el mantenimiento del motor eléctrico Reliance electric de 250 Hp.

Mediante un diseño dimensional se puede definir las medidas y los materiales que van a ser utilizados en el sistema bajo un criterio ingenieril.

3.6. Diseño en detalle

En el diseño a detalle completo para el sistema estructural, se realizó con la ayuda del software Inventor, el cual se empleó para la parte de ingeniería y modelado en 3D de las piezas y el ensamble, tomando como consideración que se hizo el uso de una versión para estudiantes.

Para complementar el diseño estructural se hará uso del mismo software en la parte de entornos se aplicará el análisis estructural y análisis de esfuerzos con el fin de determinar desplazamientos, tensiones basadas en el material.

Adicionalmente se realizará un análisis estático y dinámico en todo el sistema estructural para poder determinar el factor de seguridad y verificar que se encuentra en el rango de diseño adecuado según la norma NTE INEN 2415.

A continuación, se exponen los diferentes componentes y materiales que forman parte del diseño estructural.

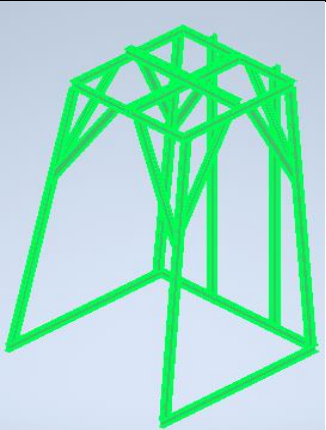


Tabla 3. 3 Materiales del sistema del sistema estructural





Diseño y construcción de un sistema estructural para el mantenimiento del motor Reliance Electric de 250 HP			
Nº	Descripción	Material	Observación
1	Plancha de acero negro	NTE INEN 115	Seleccionado
2	Teclé móvil 5T		Seleccionado
3	Pernos expansivos de anclaje	Acero Inoxidable	Seleccionado
4	Viga IPN	ISO 657/15 - SB	Seleccionado
5	Tornillos de cabeza hexagonal	ISO 4017 - M12 x 40	Seleccionado
6	Arandelas planas	ISO 7090 - 12 - 140 HV	Seleccionado
7	Tuercas hexagonales	ISO 4032 - M12	Seleccionado





Fuente: Propia


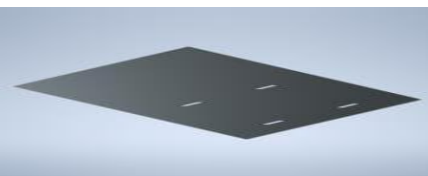
3.6.1. Parámetros y características técnicas del sistema estructural.

Para el diseño del sistema estructural se hizo la selección de materiales de acuerdo a los requerimientos del sistema tomando como referencia los catálogos del mercado local, los parámetros son detallados y expuestos en la tabla, detallan criterios de selección ingenieril evidenciados en el proyecto de titulación y cumplen con los parámetros técnicos que solventan las necesidades del diseño estructural. A continuación, se presenta detallado cada componente con su cantidad, referencia, descripción, etc.

Elemento	Nº de pieza	Miniatura	Estructura de la lista de materiales	CTDAD de unidades	CTDA D	Referencia de almacén	Descripción
1	Esqueleto Estructura		Normal	Cada una	1		
2	ISO 657/15 - SB 80x6 - 1770		Normal	1770,000 mm	2	SB 80x6	Secciones de acero laminadas en caliente - Pieza 15: secciones de viga con alas de bordes convergentes (serie métrica) - Cotas y propiedades de sección
3	ISO 657/15 - SB 80x6 - 1790		Normal	1790,000 mm	2	SB 80x6	Secciones de acero laminadas en caliente - Pieza 15: secciones de viga con alas de bordes convergentes (serie métrica) - Cotas y propiedades de sección

4	ISO 657/15 - SB 80x6 – 2853,18		Normal	2853,18 mm	3	SB 80x6	Secciones de acero laminadas en caliente - Pieza 15: secciones de viga con alas de bordes convergentes (serie métrica) - Cotas y propiedades de sección
5	ISO 657/15 - SB 80x6 – 2905,55		Normal	2905,551 mm	2	SB 80x6	Secciones de acero laminadas en caliente - Pieza 15: secciones de viga con alas de bordes convergentes (serie métrica) - Cotas y propiedades de sección
6	ISO 657/15 - SB 80x6 – 1246,000		Normal	1246,000 mm	2	SB 80x6	Secciones de acero laminadas en caliente - Pieza 15: secciones de viga con alas de bordes convergentes (serie métrica) - Cotas y propiedades de sección
7	ISO 657/15 - SB 80x6 – 1290,00		Normal	1290,00 mm	4	SB 80x6	Secciones de acero laminadas en caliente - Pieza 15: secciones de viga con alas de bordes convergentes (serie métrica) -

8	ISO 657/15 - SB 80x6 – 1250,000		Normal	1250,000 mm	2	SB 80x6	Secciones de acero laminadas en caliente - Pieza 15: secciones de viga con alas de bordes convergentes (serie métrica) - Cotas y propiedades de sección
9	ISO 657/15 - SB 80x6 – 1124,201		Normal	1124,201 mm	3	SB 80x6	Secciones de acero laminadas en caliente - Pieza 15: secciones de viga con alas de bordes convergentes (serie métrica) - Cotas y propiedades de sección
9	ISO 657/15 - SB 80x6 – 1123,534		Normal	1123,534 mm	3	SB 80x6	Secciones de acero laminadas en caliente - Pieza 15: secciones de viga con alas de bordes convergentes (serie métrica) - Cotas y propiedades de sección
10	ISO 657/15 - SB 80x6 – 1313,002		Normal	1313,002 mm	3	SB 80x6	Secciones de acero laminadas en caliente - Pieza 15: secciones de viga con alas de bordes convergentes (serie métrica) - Cotas y propiedades de sección

11	ISO 657/15 - SB 80x6 – 3000		Normal	3000 mm	2	SB 80x6	Secciones de acero laminadas en caliente - Pieza 15: secciones de viga con alas de bordes convergentes (serie métrica) - Cotas y propiedades de sección
12	Plancha Superior-1		Normal	Cada una	1		
13	ISO 7090 - 12 - 140 HV		Comprado	Cada una	4		Arandelas planas, achaflanadas - Serie normal - Productos de clase A
14	ISO 4017 - M12 x 40		Comprado	Cada una	4		Tornillos de cabeza hexagonal
15	Tecla móvil 5T		Normal	Cada una	1	Altura máxima: 300 mm	Catalogo

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Introducción

Una vez que se comprenda los procedimientos adecuados para el diseño y dimensionamiento del sistema estructural para mantenimiento del motor Reliance Electric de 250 HP, se hará la selección de los materiales que se encuentran en el mercado nacional.

Adicionalmente, se utilizará software Inventor para diseñar los componentes del sistema estructural, los cuales serán analizados por CAE para evaluar su correcto funcionamiento.

4.1.1. Diseño estructural del sistema para el estudio del motor eléctrico

Los cálculos en el sistema estructural proporcionan informes minuciosos en materiales, vigas, trabajos estructurales, soportes en las cargas, medidas, etc.

Para realizar el cálculo estructural se debe contar con una memoria de cálculo y planos estructurales los cuales detallan los aspectos que están incluidos en el proyecto.

4.1.2. Dimensiones y descripción del sistema estructural

Las vigas IPN de dimensiones 80x42x3mm de 6m de largo, son unidas entre sí por varios perfiles estructurales, soldados forman una estructura trapezoidal tridimensional que es modelada en el software Inventor, las guías de la parte de atrás se acoplo una plancha de acero ASTM A36 -15mm al cual la carcasa del motor será empernada permitiendo una mayor sujeción permitiendo retirar el estator que es el objeto de estudio a futuro.

4.1.3. Análisis del diseño estructural

Para el diseño y construcción se consideró el sistema estructural como solo un elemento aun cuando está compuesto por varios ángulos en toda la estructura. La estructura será empernada al piso, razón por la cual no tiene movimiento relativo con respecto al piso y adicional las cargas a la que está sometida no son fluctuantes, motivo por el cual el diseño estático es el principal en el análisis.

4.1.4. Modelado del sistema estructural en Inventor 2023

En el modelado estructural está considerado las dimensiones del motor de manera verticalmente son de 1200 mm considerando que para retirar el estator de la carcasa se necesita la misma altura y el tecele tiene una altura aproximada de 250 mm el diseño estructural tiene las dimensiones de 3000 mm de altura lo que nos permite aprovechar los 35 centímetros restante

para hacer el desplazamiento en la estructura permitiendo al operador trabajar con más ergonomía en la estructura.

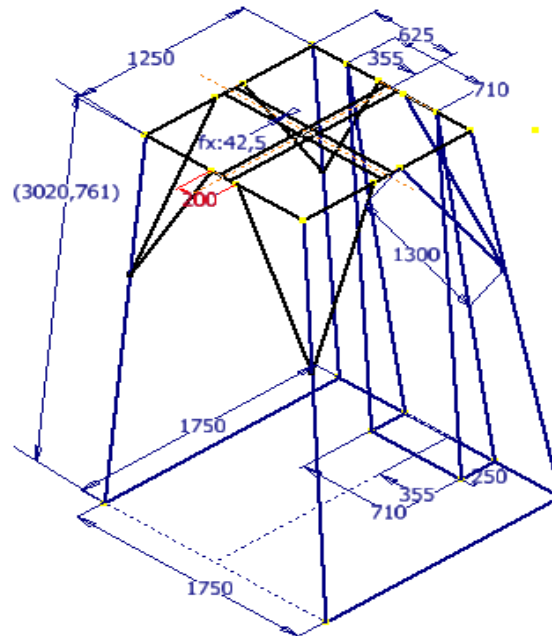


Figura 4. 1. Modelado del sistema estructural

Las medidas del cuadro superior son de 1250 mm que están diseñadas con IPN de 80, en el entorno de inventor nos permite hacer la selección de la diferente perfilería estructural que se encuentra normalizada, puede ser en ANSI, ISO, etc., al igual que se puede hacer la retribución de propiedades mecánicas, En la figura 4.2 Se aprecia el sistema estructural modelado en Inventor.

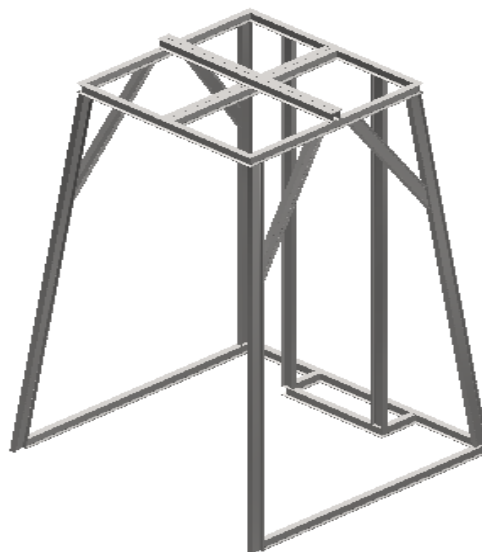


Figura 4. 2. Sistema estructural modelado en Inventor

Con el archivo de tipo STEP (*.stp) del modelado generado se procede hacer el siguiente análisis de por mallado

4.1.5. Análisis de esfuerzos en la estructura y determinar el factor de seguridad estático

En el entorno de Inventor se puede hacer varios análisis de diferentes tipos, pero al ser una estructura que es fija con el diseño estático se puede determinar los diferentes análisis en la estructura. El inventor tiene el entorno de análisis de tensión estática en los cuales existen varios modelos de material lineales y la dimensión en milímetros

Con los parámetros anteriormente establecidos, se realiza el mallado de todo el sistema estructural para determinar si consta de vértices, caras y aristas que son representaciones que se utilizan de manera poligonal incluyendo triángulos y cuadriláteros para ser definidos en forma 3D, por tanto, el número y tamaño en el elemento seleccionado es suficiente para resultados aceptables de precisión.

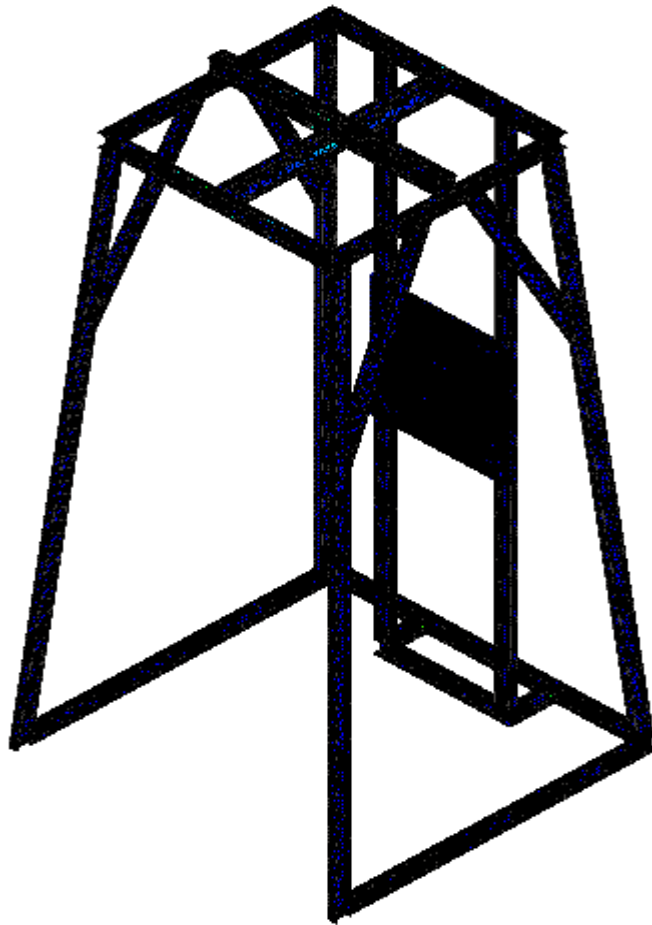


Figura 4. 3. Mallado del sistema estructural

Después de crear la malla, se asigna un tipo de material. Para este caso se añadió la configuración de acero estructural ASTM A36 se aplica a todos los elementos. Sus propiedades

físicas y mecánicas de este acero vienen incluidas en la base de datos de INVENTOR. Se especifican las condiciones de contorno para el análisis, se detallan las superficies que indican la acción de carga y las superficies que tienen incapacidad limitada o completa para moverse.

Finalmente, con las cargas que actúan sobre la viga superior horizontal que son las que desplazan la carga, se analiza todo el modelo y se obtiene el esfuerzo equivalente mediante la codificación de colores. Los esfuerzos equivalentes son obtenidos con la teoría de deformación que es conocida como el esfuerzo de Von Mises.

En la figura 4,4 se muestra la deformación que sufre el sistema estructural con las condiciones de diseño bajo cargas.

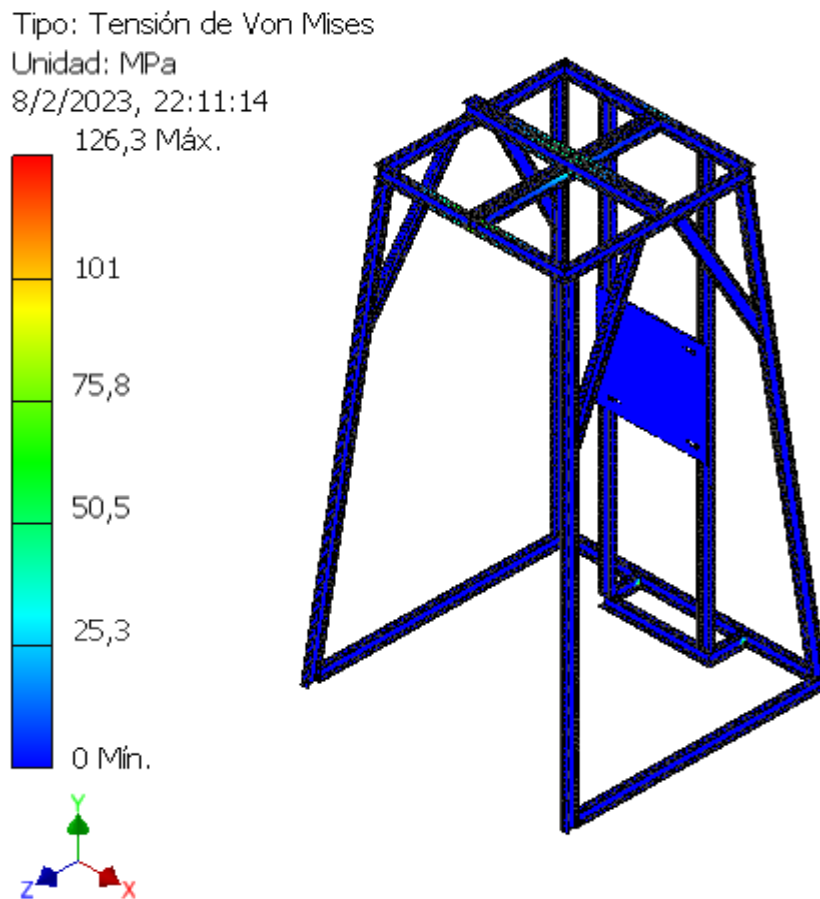


Figura 4. 4. Esfuerzos en el sistema estructural

La equivalencia del esfuerzo máximo de acuerdo al análisis estático en Inventor es de 126,3 MPa.

Por lo tanto, el factor estático de seguridad es determinado con la ecuación 3.2 y se considera que el material en la construcción es el acero estructural A36.

En este apartado se procede a realizar los cálculos en donde se puede comprobar el tipo de IPN que vamos a utilizar para la construcción de nuestro sistema estructural.

4.1.6. Cálculo para el dimensionamiento de las vigas IPN

$$\sigma = \frac{M_y}{S_y}$$

$$\sigma = \frac{250MPa}{1,35}$$

$$\sigma = 185,18MPa \text{ limite de tension}$$

Con el cálculo del módulo de resistencia podemos seleccionar en la tabla de los perfiles, la IPN que debemos comprar.

4.1.6.1. Cálculo para encontrar el módulo resistente de la IPN

$$W_y = \frac{M_y}{\sigma_{max}}$$

$$W_y = \frac{1498,9Nmm}{185,18MPa}$$

$$W_y = 8.09 \text{ mm}^3$$

DENOMINACIÓN	DIMENSIONES						PROPIEDADES					
	h	b	t	e	R	R1	ÁREA SECCIÓN cm ²	PESOS kg/mt	INERCIA (cm ⁴)		MÓDULO RESISTENCIA (cm ³) SECCIÓN	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm			Eje x-x	Eje y-y	Eje x-x	Eje y-y
IPN 80	80	42	3.90	5.90	30.90	2.30	7.58	5.95	77	6.29	19.50	3.00
IPN 100	100	50	4.50	6.80	4.50	2.70	10.60	8.32	171	12.20	34.20	4.88
IPN 120	120	64	4.40	6.30	4.50	3.00	13.20	10.40	318	27.70	53.00	8.65
IPN 140	140	66	5.70	8.60	5.70	3.40	18.30	14.40	573	35.20	81.90	10.70
IPN 160	160	74	6.30	9.50	6.30	3.80	22.80	17.90	935	54.70	117.00	14.80

Figura 4. 5. Perfiles IPN dimensiones y propiedades

4.2. Cálculo del esfuerzo máximo de la viga con una carga de 2 Toneladas.

Datos

$$F = 2000kg * 9.8m/s^2 = 19600N$$

$$A = 7.58cm^2 = 0.000758m^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$\sigma = \frac{19600N}{0.000758m^2} = 25857519.79Pa \times 10^{-6} = 25.85MPa$$

4.2.1. Cálculo para deflexión de vigas $y = -\frac{PL^3}{48 EI}$

E = Módulo de elasticidad longitudinal $E = \frac{19600 N \cdot m^3}{48 EI \frac{m^2}{m^2}}$

$$y = -\frac{19600 N \cdot 2,14 m^3}{48 \cdot 210 \cdot 10^9 \frac{N}{m^2} \cdot 80 \cdot 10^{-6} m^4} = 5,20 \cdot 10^{-5} m$$

$$c = 1292 mm = 0,646 m$$

-Esfuerzo normal

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I}$$

$$\sigma = \frac{19600 N \cdot m \cdot 0,646 m}{80 \cdot 10^{-6} m^4} = 1,5827 \cdot 10^{-4} MPa$$

4.3. Diseño de la soldadura en el sistema estructural

Dando continuidad al presente trabajo de titulación se expone el diseño de soldadura aplicado en los perfiles estructurales. En la fig. 4.6 se especifica las secciones estructurales donde necesita ser más reforzado para que soporte las cargas que actúan en cada sección de la estructura y la suelda y el tipo de electrodo con el que se debe trabajar, estos datos son obtenidos por el software Inventor que está normalizado de acuerdo a normativa y en base al tipo de material y a la carga aplicada determina de manera automática dichos datos

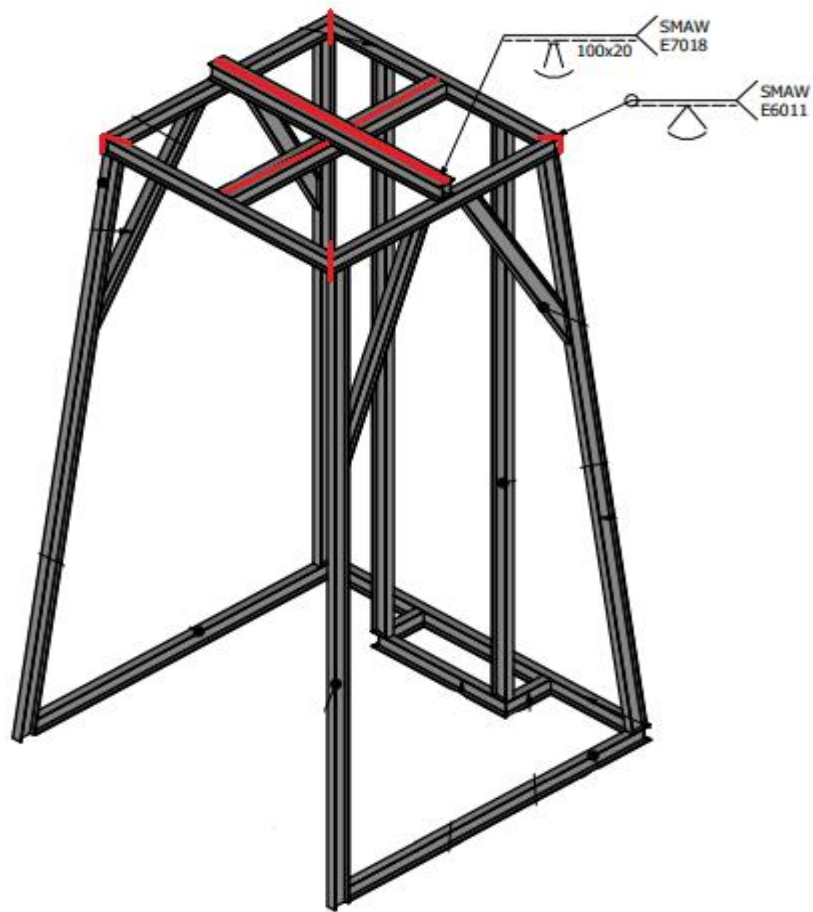


Figura 4. 6. Diseño de soldadura del sistema estructural

4.3.1.1. Cálculos para el tipo de soldadura.

$$\sigma = \frac{F}{h \cdot l} = \frac{19600N}{0,7077 * 0,08m}$$

$$\sigma = 346191Pa = 346 MPa$$

4.3.2. Selección del tipo de electrodo para la estructura.

Para la construcción de la estructura se usó el electrodo E-7018 de 1/8 de diámetro teniendo en cuenta que las IPN de 80 tiene un espesor de 5 mm (anexo II-tabla)

AMPERAJES RECOMENDADOS										
Cod. SAP	Ref. AWS	Ref. Prov.	Diam. Electrodo		Long. Electrodo		Amperaje		Electrodo x kg aproximado	Kg/Caja
			pulg	mm	pulg	mm	min	max		
2000121	E 7018	E 7018 RH	3/32	2,4	12	300	70	120	65	25
2000122	E 7018	E 7018 RH	1/8	3,2	14	350	80	120	32	25
2000123	E 7018	E 7018 RH	5/32	4	14	350	140	200	19	25
2000124	E 7018	E 7018 RH	3/16	4,8	14	350	200	275	14	25
2000125	E 7018	E 7018 RH	1/4	6,4	18	450	275	400	7	25
1030484	E 7018	E 7018 RH	1/8	3,2	14	350	80	120	32	20
1030485	E 7018	E 7018 RH	5/32	4	14	350	140	200	19	20
2000582	E 7018	E 7018 RH (1Kg)	1/8	3,2	14	350	80	120		25
1028902	E 7018	E 7018 RH (1Kg)	3/32	2,4	12	300	70	120		25
1028903	E 7018	E 7018 RH (1Kg)	5/32	4	14	350	140	200		25

Figura 4. 7. Características del electrodo E-7018 1/8

4.4. Análisis estructural detallado mediante el software inventor

Para que el sistema estructural cumpla con los requerimientos se diseñaron sistemas que ayuden a realizar todo el proceso.

El diseño estructural en toda la armadura está compuesto de unas vigas IPN en la parte superior se implementó un tecele manual de 5 TON, el tecele tiene desplazamiento de manera horizontal y está sujeta a la viga por medio de una junta.

Para sujeción del motor una plancha es la encargada de mantener al motor de manera vertical, el motor es sujetado por pernos que son incrustados en cada una de las bases del motor y todo esto desplazado de manera vertical por un sistema de guías regulando la altura de trabajo para proceder a desatornillar la tapa superior y luego la inferior y con la ayuda de una cinta de carga proceder al izaje del rotor.

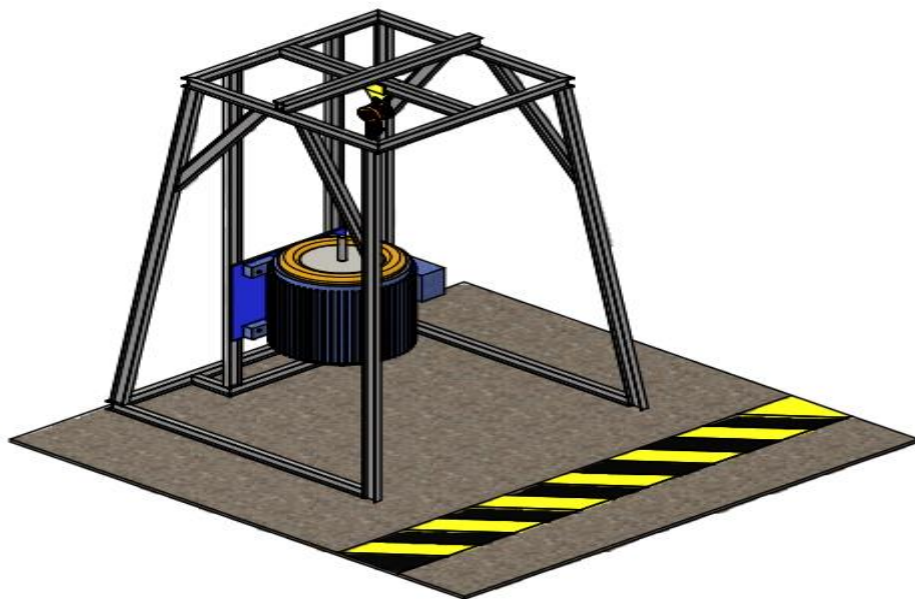


Figura 4. 8. Sistema estructural detallado

4.5. Análisis y simulación de los puntos críticos

En el análisis de puntos críticos hay que tomar en cuenta que la estructura es sometida a varias cargas siendo la principal soportar el peso del motor Reliance Electric de 250 HP razón por la cual es de suma importancia demostrar que la estructura resiste.

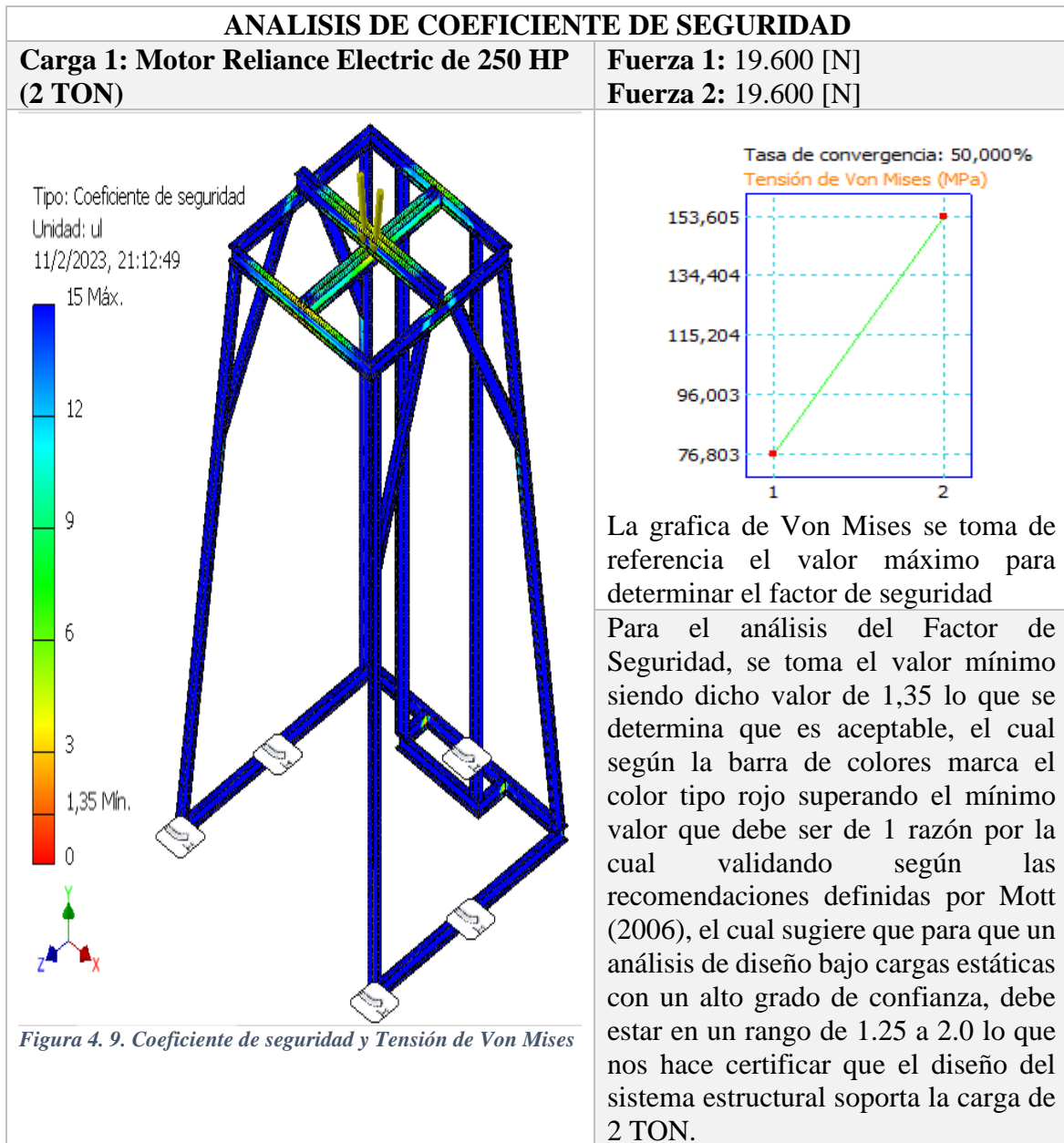
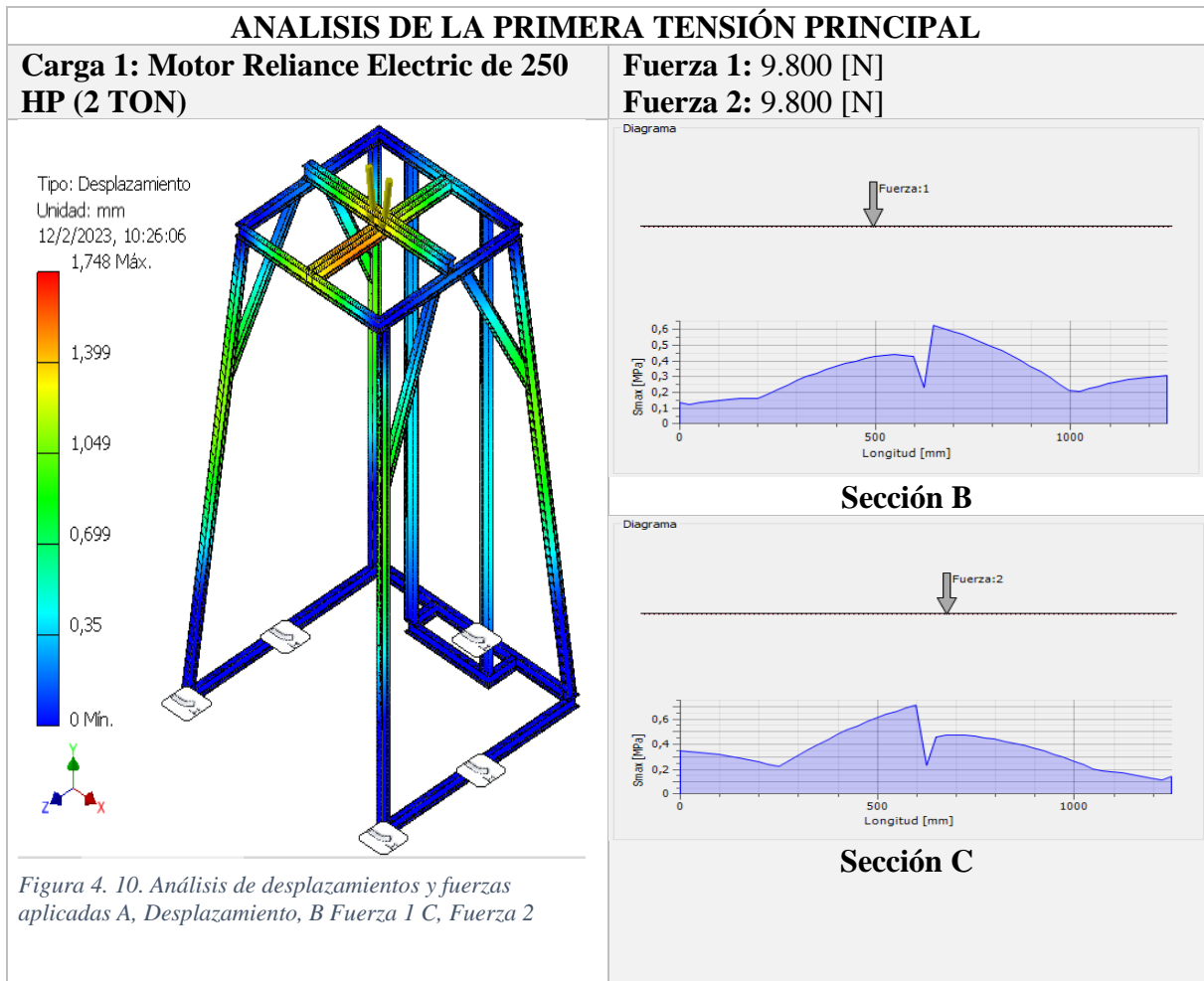


Figura 4. 9. Coeficiente de seguridad y Tensión de Von Mises



En la figura 4.10 en la sección A se muestran los resultados del análisis de desplazamientos muestran la forma deformada en el esfuerzo máximo (1,748mm) al aplicar las dos fuerzas. Las barras de colores muestran la magnitud de deformación con respecto al diseño original y las secciones B y C muestran los diagramas de los esfuerzos máximos que soporta la viga.

Carga 1: Motor Reliance Electric de 250 HP (2 TON)

Fuerza 1: **19.600 [N]**
Fuerza 2: **19.600 [N]**

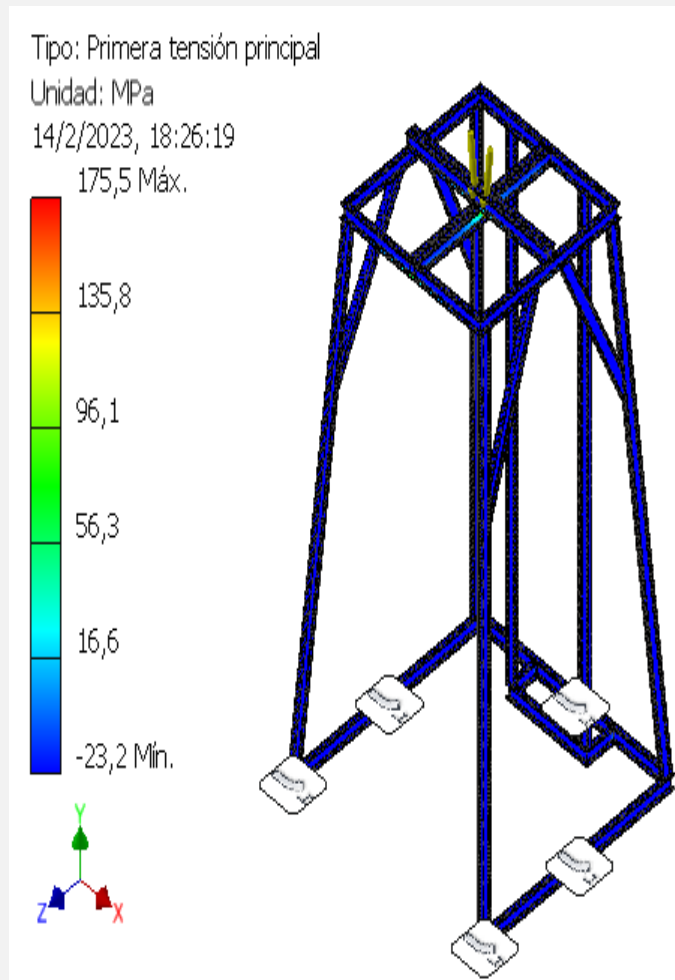


Figura 4. 11. Primera tensión principal

El análisis de tensión ayuda a encontrar las mejores alternativas aplicables al diseño de una pieza o ensamblaje de una estructura. Las primeras fases de desarrollo de diseño ayuda asegurarse que el diseño es satisfactorio para su uso sin que sufra roturas o deformaciones además que proporciona los valores en que la tensión es normal al plano donde la tensión de corte es cero

5. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

5.1. Análisis de costos

Al analizar los procesos, recursos y las cantidades necesarias a tener en cuenta para el desarrollo del proyecto de titulación garantizamos la selección adecuada de los materiales que serán implementados en la adaptación del sistema estructural.

A continuación, los costos de materiales son detallados y también costos directos e indirectos.

- **Costos de materiales**

Los costos en el proyecto de tesis son determinados asumiendo valores de los materiales seleccionados para la adaptación del sistema del cilindro hidráulico y según referencias de precios encontrados en varios catálogos de fabricante que hacen referencia a los valores actuales que se encuentran en el mercado.

Tabla 5. 1Materiales del sistema estructural

Materiales			
Cantidad	Elementos	Precio Unitario	Costo
1	Plancha de acero negro	\$154	\$154
1	Teclé móvil 5T	\$ 107	\$107
5	Viga IPN	\$59	\$295
4	Tornillos de cabeza hexagonal	\$ 2,15	\$ 8,60
4	Arandelas planas	\$0,50	\$2,00
4	Tuercas hexagonales	\$ 5	\$ 20
6	Pernos expansivos de anclaje	\$6,75	\$40,50
TOTAL			\$627,10

- **Costos de diseño en las horas de ingeniería**

En el diseño conceptual del sistema estructural se logró determinar el tiempo que se requiere en la realización de pruebas, correcciones de errores. Para determinar el valor de la hora de trabajo se consideró que el salario básico unificado actualmente es \$450 (cuatrocientos cincuenta dólares) y determinando que a la semana se deben cumplir 40 horas laborales se determina el costo total por hora con la siguiente fórmula.

de horas = horas diarias * dias laborales en el mes

de horas = 160 horas laborales

$$\text{costo de la hora} = \frac{\text{salario básico}}{\text{\# de horas en el mes}}$$

$$\text{costo de la hora} = \frac{\$450}{160} = 2,81$$

Tabla 5. 2. Costos de hora de Ingeniería

Descripción	# horas	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
Diseño	90	2,81	252,90
Simulación	10	2,81	28,10
Correcciones	30	2,81	84,30
Ensamble	20	2,81	57,62
TOTAL			422,92

- **Costos directos totales**

Tabla 5. 3. Costos directos totales

Descripción	Valor
Costo de Materiales	\$627,10
Costo de las horas de ingeniería	\$422,92
TOTAL	\$ 1050,02

- **Costos indirectos**

Los costos indirectos intervienen de manera indirecta para la terminación del proyecto

Tabla 5. 4. Costos indirectos

Descripción	Valor
Impresiones (costos operativos)	\$18
Otros	\$18
TOTAL	\$ 36

- **Rubro total**

Tabla 5. 5. Rubro total

Descripción	Valor
Costos directos	\$1050,02
Costos indirectos	\$36
TOTAL	\$ 1086,02

5.2. IMPACTOS TECNICOS, SOCIAL Y ECONOMICO.

En esta sección del presente trabajo investigativo se evidencia la evaluación, técnico, social y económica del proyecto “Diseño y construcción del sistema estructural para el mantenimiento del motor Reliance Electric de 250 HP” el propósito general es el estudio técnico de motores eléctricos permitiendo a los estudiantes y docentes de la facultad de CIYA evaluar, analizar, desmontar y reparar motores de hasta 2 toneladas.

- **Impacto técnico.** –Esta evaluación técnica es de suma importancia, pues ayuda en la evaluación de la integridad de un motor a través de la infraestructura de desmontaje implementada esto ayuda en el sondeo del motor de manera interna y externa de tal manera que sea más fácil encontrar los problemas que son difíciles de detectar a simple vista dando solución de manera rápida y evitando posibles fallas a futuro.

- **Impacto económico.** – La evaluación económica del proyecto pretende mejorar la infraestructura del laboratorio de Máquinas eléctricas, dicho proyecto permite interactuar de manera real con los motores de manera que en su vida profesional se haga más fácil determinar el precio a cobrar por concepto de mantenimientos.

- **Impacto social.** –La evaluación de proyectos desde una perspectiva social apunta a darse cuenta de la importancia de construir proyectos para toda la comunidad universitaria de la facultad de CIYA, de modo que las inversiones por parte de los tesisistas puedan justificarse y tengan el mayor impacto positivo en los universitarios, permitiendo la evaluación de parámetros y realizar pruebas de aislamiento, rebobinados etc.

Contando con una estructura confiable y segura que cuenta con un sistema de desmontaje muy sofisticado que hace más fácil la manipulación de cada elemento por el que está compuesto cada motor eléctrico.

6. CONCLUSIONES DEL PROYECTO

6.1. CONCLUSIONES

- Las variables establecidas para el diseño fueron de gran aporte en la obtención de parámetros, métodos, en la creación de diseños eficientes, lo que permitió desarrollar alternativas para satisfacer las limitantes en el proceso de desmontaje del rotor.

- Se ha dado cumplimiento al objetivo de diseño del sistema estructural con las especificaciones y requerimientos para el izaje, viraje y mantenimiento de motores eléctricos con una capacidad máxima de carga de hasta 2000kg. Es importante destacar que el diseñador no está restringido y puede obtener el diseño a un menor costo, con mayor seguridad.
- La construcción del sistema estructural a partir de la carga aplicada nos permitió determinar que los análisis de factor de seguridad, desplazamientos, tensiones, fueron correctos lo que hace que el sistema estructural sea seguro para entrar en operación.

6.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda mantener los parámetros originales de diseño presentado tomando como base que servirá para la futura implementación de mecanismos en el sistema estructural de desmontaje de motores eléctricos,
- Se recomienda llevar a cabo la optimización paramétrica y realizar una comparación de simulación con otro software de diseño. El software secundario es SOLIDWORKS, que también tiene herramientas de análisis de diseño estructural. Hay muchos softwares en el mercado que pueden hacer este tipo de comparación, como ABAQUS y NX para elementos finitos que proporcionan herramientas de optimización de recursos.
- Previo a su construcción se recomienda al estudiante la revisión de los planos los cuales contienen los tipos de materiales, normativas, despiece, cotas de cada uno de los aspectos de funcionamiento del sistema diseñado y con esto evitar posibles errores de diseño.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. R. M. Portal, «DESMONTAJE, MONTAJE, VERIFICACIÓN DE UN ROTOR DE UN MOTOR ELÉCTRICO Y ACCESORIOS,» España, 2021.
- [2] J. C. M. Centellas, «MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN DE MOTORES ELÉCTRICOS SÍNCRONOS,» Valencia, 2020.
- [3] R. V. P. BELISARIO JIMÉNEZ MARRUGO, «Mantenimiento correctivo, preventivo, y predictivo de los bancos de motores de inducción y síncronos del laboratorio de máquinas eléctricas de la C.U.T.B,» Cartagena, 2003.
- [4] E. M. C. Valdivieso, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS,» Loja, 2010.
- [5] L. R. P. Y. YAÑEZ LARA, «MOTORES ELECTRICOS PARA LA INDUSTRIA,» 2014.
- [6] J. K. N. Richard G. Budynas, «Diseño en ingeniería mecánica de Shigley,» 2008.
- [7] Anónimo, «CLASES DE MECANICA,» [En línea]. Available: <https://clasesdemecanica.net/index.php/armaduras/>. [Último acceso: 28 Diciembre 2022].
- [8] L. JEFFUS, Soldadura. Principios y aplicaciones, Paraninfo, S.A., 2009, p. 4.
- [9] Anónimo, «HIERROS MOLINA,» [En línea]. Available: <https://www.hierrosmolina.com/blog/que-es-la-soldadura-definicion-tipos-de-electrodos-y-consejos/>. [Último acceso: 28 Diciembre 2022].
- [10] «COMROIMPORT,» 1999. [En línea]. Available: <https://coroimport.com/publicacion.php?id=96>. [Último acceso: 25 Enero 2023].
- [11] «COMROIMPORT,» 1999. [En línea]. Available: <https://coroimport.com/publicacion.php?id=94#:~:text=Un%20tecle%20es%20una%20m%C3%A1quina,menor%20al%20peso%20a%20desplazar..> [Último acceso: 26 Enero 2023].
- [12] «BOREX,» 26 noviembre 2018. [En línea]. Available: <https://www.borex.com.ar/2018/11/26/seguridad-en-izaje-de-cargas/>. [Último acceso: 26 diciembre 2022].
- [13] J. L. Melo, «SEGURIDAD EN ACCESORIOS,» pp. 1-9.
- [14] U. P. Valencia, «Universitat Politecnica de Valencia,» [En línea]. Available: https://www.upv.es/materiales/Fcm/Fcm01/fcm1_1.html. [Último acceso: 28 diciembre 2022].

- [15] A. B. Meléndez Villegas, « Análisis y resultados del comportamiento de los esfuerzos residuales y las deformaciones en juntas soldadas a tope de acero A36, aplicando el método SMAW con electrodos E6011,» SANGOLQUÍ / ESPE / 2009, SANGOLQUÍ, 2009.
- [16] «METALHIERRO,» Junio 1997. [En línea]. Available: <https://metalhierro.com/producto/1291-perfil-ipn>. [Último acceso: 26 Enero 2023].
- [17] «monografias,» 1997. [En línea]. Available: <https://www.monografias.com/trabajos104/clasificacion-materiales-ingenieria/clasificacion-materiales-ingenieria>. [Último acceso: 28 diciembre 2022].
- [18] U. Florencia, «Definición mantenimiento preventivo,» Definición ABC, 10 2012. [En línea]. Available: <https://www.definicionabc.com/tecnologia/mantenimiento-preventivo.php>. [Último acceso: 07 2022].
- [19] U. Florencia, «Definición de mantenimiento correctivo,» Definicion ABC, 10 2012. [En línea]. Available: <https://www.definicionabc.com/tecnologia/mantenimiento-correctivo.php>. [Último acceso: 07 2022].
- [20] Anónimo, Autodesk Inventor, 13 7 2021. [En línea]. Available: <https://www.nke360.es/autodesk-inventor-que-es-y-ventajas/>. [Último acceso: 13 01 2022].
- [21] R. G. Budynas, DISEÑO EN INGENIERÍA DE SHIGLEY.
- [22] C. R. Romeva, Diseño concurrente, 2002.
- [23] A. 21, «Centro de formacion tecnica para la industria,» [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/como-funciona-un-motor-electrico/>. [Último acceso: 5 febrero 2023].

ANEXO I

INFORME ANTIPLAGIO

PROYECTO DE

TITULACIÓN






ANEXO 1. INFORME ANTIPLAGIO PROYECTO DE TITULACIÓN

FACULTAD:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
CARRERA:	Ingeniería Electromecánica
NOMBRE DEL DOCENTE EVALUADOR QUE EMITE EL INFORME:	Ing. Jefferson Alberto Porras Reyes MsC.
DOCUMENTO EVALUADO:	Propuesta tecnológica previo a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico.
AUTORES DEL DOCUMENTO:	Sr. Marco Alexis Garzón Taipe Sr. Franz Steeven Rueda Espinoza
PROGRAMA DE SIMILITUD UTILIZADO:	Sistema URKUND
PORCENTAGE DE SIMILITUD SEGUN EL PROGRAMA UTILIZADO:	1 %
OBSERVACIONES: Calificación de originalidad atendiendo a los siguientes criterios. <ul style="list-style-type: none"> El documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones. El documento cumple criterios de originalidad, con observaciones. El documento no cumple criterios de originalidad. 	-X- ----- -----
FECHA DE REALIZACION DEL INFORME:	17/02/2023 21:31:00 AM
Document Information	
Analyzed document	Marco-5-59.pdf (D158938974)
Submitted	2023-02-17 21:31:00
Submitted by	
Submitter email	marco.garzon3484@utc.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	jefferson.porras0449.utc@analysis.arkund.com
<hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> <p>Ing. Héctor Raúl Reinoso Peñaherrera MsC. C.I. 050215089-9</p>	<hr style="width: 50%; margin-left: 0;"/> <p>Ing. Jefferson Alberto Porras Reyes MsC. 070440044-9</p>

Analyzed document	Marco-5-59.pdf (D158938974)
Submitted	2023-02-17 21:31:00
Submitted by	
Submitter email	marco.garzon3484@utc.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	jefferson.porras0449.utc@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	JEFFERSON_MUÑOZ_TESIS_Diseño-Construccion-Sistema-de-elevacion.pdf Document JEFFERSON_MUÑOZ_TESIS_Diseño-Construccion-Sistema-de- (D26503527)		1
SA	URKUND CASA_ESCALANTE (1).docx Document URKUND CASA_ESCALANTE (1).docx		1
SA	1518495141_89PROYECTO%252BDE%252BRESISTENCIA%252Bfinal.docx Document (D35617162)		2

Entire Document

4 1.2 EL PROBLEMA 1.2.1 Planteamiento del problema La herramienta principal para realizar la tarea de diseño y construcción estructural es una comprensión adecuada del fenómeno de transformación de fuerzas externas en fuerzas internas del sistema. En otras palabras, la fuerza externa de la viga pertenece al espacio macroscópico (peso propio, sobrecarga, viento, sismo, etc.), las cuales serán convertidas en fuerzas microscópicas (esfuerzos, tracción, compresión, torsión) al actuar sobre el sistema. No existen reglas generalmente aceptadas para los procedimientos de diseño estructural, y aunque los expertos trabajan con sus métodos particulares, no existe una discusión general sobre el tema. Es en esta área donde se necesitan esfuerzos sistemáticos para ayudar a capitalizar el importante trabajo de investigación y análisis estructural desarrollado hasta la fecha. Esta tesis analiza la particularidad del diseño, un problema que es muy característico por la presencia de muchas variables y pocas ecuaciones definidas, lo que lleva a la necesidad de indagar más sobre el tema sistemas estructurales. El diseño y construcción estructural para el mantenimiento de un motor busca contribuir con el proceso de montaje y desmontaje del rotor de motores de gran magnitud que superan 1.5 TON, para la obtención de resultados como: factor de seguridad, coeficiente dinámico, momento flector, fuerzas, etc. 1.2.2 Formulación del problema Dificultad para el montaje y desmontaje del motor Reliance electric de 250 HP, que limitada las pruebas de aislamiento y los procesos técnicos y prácticos, razón por la cual se genera la necesidad de diseñar y construir un sistema estructural apoyado por herramientas virtuales que ayuden a la simulación detallando pasa a paso de cómo se hace el proceso en la vida real.

5 1.2.3 Matriz Causa-Efecto Diagrama de Ishikawa Figura 1. 1 matriz causa efecto Dificultad, alto tiempo y riesgo de accidentes en el mantenimiento de desmontaje de motores de gran magnitud - Momento flector máximo en componentes. - Diseño Estructural - Factor de seguridad - Motor eléctrico - Vigas IPN -Tecla 5T -Falta de capacitación

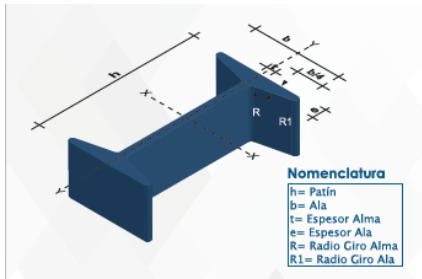
ANEXO II

METODOLOGÍA

ANEXO II

Características del material

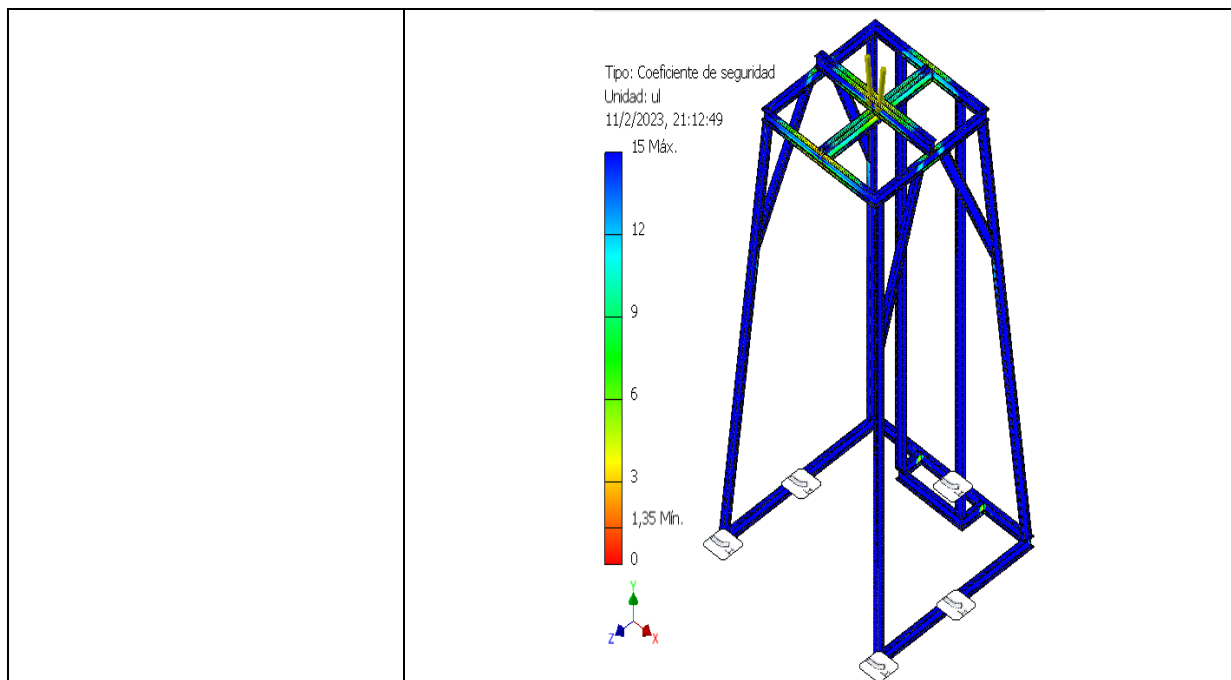
Tabla 1. Dimensionamiento de las vigas tipo IPN.

		 <p>Nomenclatura h= Patín b= Ala t= Espesor Alma e= Espesor Ala R= Radio Giro Alma R1= Radio Giro Ala</p>		
Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Dimensionamiento del perfilado a utilizar.	$\sigma = \frac{M_y}{S_y}$	$\sigma =$ esfuerzo máximo	Pa	3,1
		$M_y =$ Momento flector	Pa	
		$S_y =$ modulo de resistencia elastica	Pa	
Determinar el esfuerzo máximo	$\sigma = \frac{F}{A}$	$\sigma =$ esfuerzo maximo	Pa	3,2
		$F =$ Carga	N	
		$A =$ Area transversal	m ²	

ANEXO II

Características del material

Tabla 2. Factor de seguridad de la estructura.

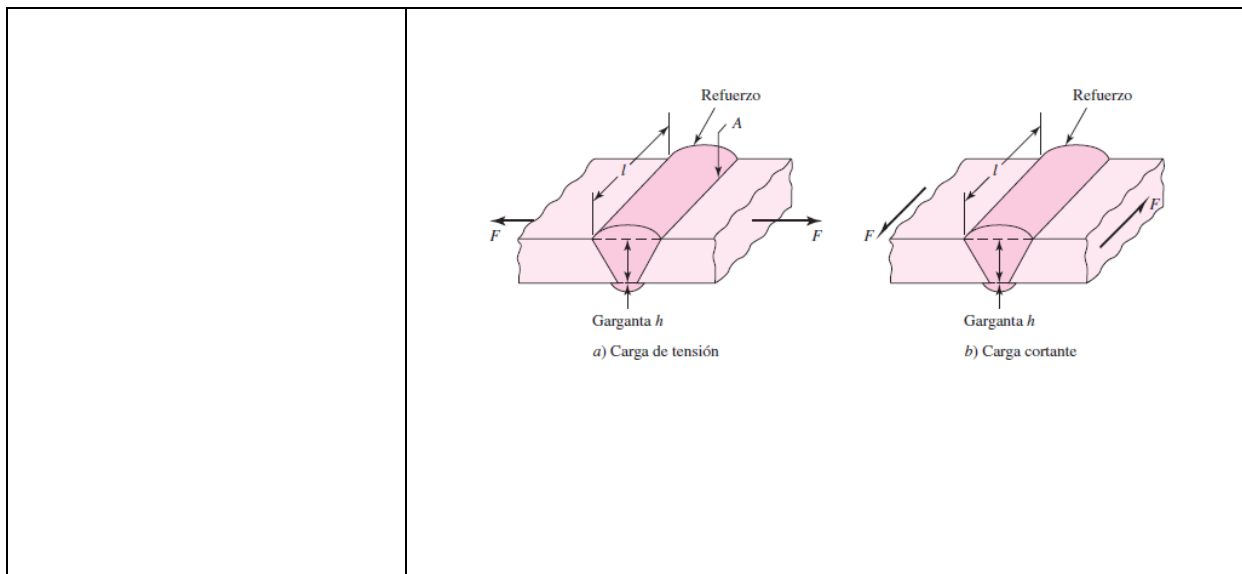


Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Factor de seguridad del sistema.	$n = \frac{S_y}{\sigma_{max}}$	$n = \text{factor de seguridad}$		3,3
		$S_y = \text{Lmite elastico}$	MPa	
		$\sigma_{mas} = \text{Esfuerzo maximo permisible}$	MPa	

ANEXO II

Características del material

Tabla 3. Diseño de la soldadura para la estructura.



Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Esfuerzo del tipo de soldadura.	$\sigma = \frac{F}{h \cdot l}$	$\sigma =$ Esfuerzo normal	MPa	3,4
		F = Carga	N	
		h = garganta de la soldadura		
		l = longitud de la soldadura	m	

CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO II

Características del material

Tabla 4. Selección de electrodo para la estructura

AMPERAJES RECOMENDADOS											
Cod. SAP	Ref. AWS	Ref. Prov.	Diam. Electrodo		Long. Electrodo		Amperaje		Electrodo x kg aproximado	Kg/Caja	
			pulg	mm	pulg	mm	min	max			
2000121	E 7018	E 7018 RH	3/32	2,4	12	300	70	120	65	25	
2000122	E 7018	E 7018 RH	1/8	3,2	14	350	80	120	32	25	
2000123	E 7018	E 7018 RH	5/32	4	14	350	140	200	19	25	
2000124	E 7018	E 7018 RH	3/16	4,8	14	350	200	275	14	25	
2000125	E 7018	E 7018 RH	1/4	6,4	18	450	275	400	7	25	
1030484	E 7018	E 7018 RH	1/8	3,2	14	350	80	120	32	20	
1030485	E 7018	E 7018 RH	5/32	4	14	350	140	200	19	20	
2000582	E 7018	E 7018 RH (1Kg)	1/8	3,2	14	350	80	120		25	
1028902	E 7018	E 7018 RH (1Kg)	3/32	2,4	12	300	70	120		25	
1028903	E 7018	E 7018 RH (1Kg)	5/32	4	14	350	140	200		25	

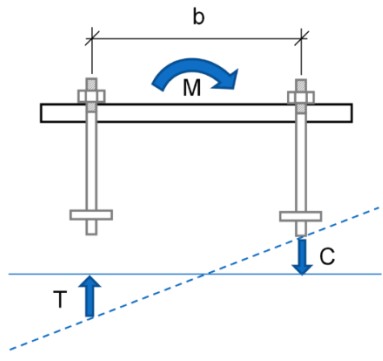
Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Selección de electrodos.	$P = \frac{S}{1 - L}$	$P = \text{Peso de electrodo requerido}$	kg	3,5
		$L = \text{Perdidas totales del electrodo}$	%	
		$S = \text{Peso de acero deposito}$	kg	

INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

ANEXO II

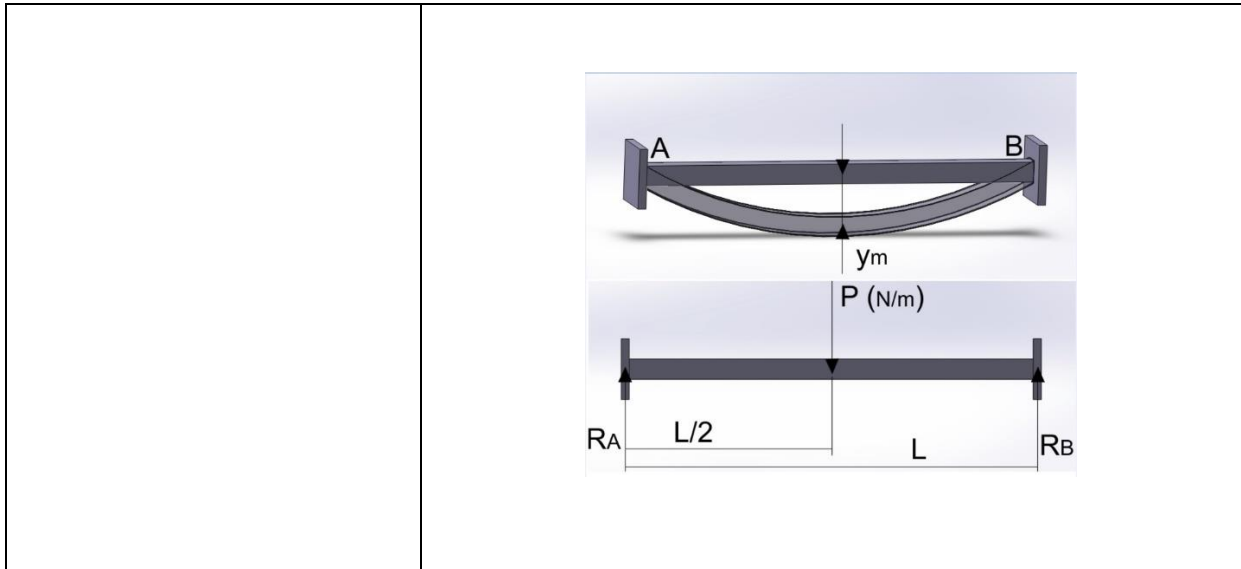
Características del material

Tabla 5. Selección del perno de expansión.

				
Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Selección del tipo de perno para la sujeción de la estructura.	$C = \frac{M}{b}$	$C = \text{Compresión}$		3,6
		$M = \text{Momento}$	Pa	
		$b = \text{Distancia de perno a perno}$	m	

ANEXO II	Características del material	
-----------------	-------------------------------------	--

Tabla 6. Deflexión de la viga de desplazamiento.



Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Esfuerzo del tipo de soldadura.	$y = -\frac{PL^3}{48EI}$	$y = \text{deflexión}$	m	3,7
		$P = \text{fuerza}$	k.N	
		$L = \text{longitud}$	m	
		$48 = \text{constante}$		
		$E = \text{módulo de elasticidad}$	MPa	
		$I = \text{inercia}$	kg	



	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA	
ANEXO II	Características del material	

Tabla 7. Selección del tecele.

		DESCRIPCIÓN DEL TECLE		
		Marca	Century	
		Fuerza de tracción	5000kg/5 Toneladas	
		Longitud de la cadena	3,20 m	
		Peso	33 kg	
Parámetros	Ecuación	Descripción	Unidad	N°
Selección del tecele para la estructura.		La elevación, considerando que la estructura tiene 3m	m	3,8
		Tipo de carga, considerando que el motor tiene 2 toneladas aproximadamente	k.N	
		Capacidad nominal, sabiendo que el tecele opera a un máximo del 75%	%	
		Accesorios bajo el gancho.		

ANEXO III

ANÁLISIS DE CALCULO

ANEXO III

Características del material

Tabla 1. Solución para la selección de perfil IPN.

Dimensionamiento de las IPN	Selección del perfil IPN
$\sigma = \frac{M_y}{S_y}$ $\sigma = \frac{250MPa}{1,35}$ $\sigma = 185,18MPa \text{ limite de tension}$	$W_y = \frac{M_y}{\sigma_{max}}$ $W_y = \frac{1498,9Nmm}{185,18MPa}$ $W_y = 8.09 \text{ mm}^3$

Nombre	Simbología	Ecuación	Resultado
Límite de tensión	$\sigma \text{ lim}$	3.1	185,18MPa
Módulo de resistencia	W_y	3.1	8.09 mm ³

ANEXO III

Características del material

Tabla 2. Deflexión de la viga de desplazamiento.

<p>Cálculo del esfuerzo máximo de la viga con una carga de 2 Toneladas.</p> <p>Datos</p> $F = 2000kg * 9.8m/s^2 = 19600N$ $A = 7.58cm^2 = 0.000758m^2$ $\sigma = \frac{F}{A}$ $\sigma = \frac{19600N}{0.000758m^2}$ $\sigma = 25857519.79Pa \times 10^{-6} = 25.85MPa$	<p>Cálculo del factor de seguridad</p> $n = \frac{Sy}{\sigma_{max}}$ $n = \frac{185.18 MPa}{126.3MPa}$ $n = 1.46$
---	---

Nombre	Simbología	Ecuación	Resultado
Esfuerzo máximo	σ máx.	3.2	25.85MPa
Factor de seguridad	n	3.3	1.46

ANEXO III

Características del material

Tabla 3. Deflexión de la viga de desplazamiento.

<p>Cálculo para deflexión de vigas</p> <p>Datos E =Módulo de elasticidad longitudinal $E = 210 * 10^9 \frac{N}{m^2}$</p> $y = -\frac{PL^3}{48 El}$ $y = -\frac{19600 N * 1,29m^3}{48 El}$ $y = -\frac{19600 N * 2,14 m^3}{48 * 210 * 10^9 \frac{N}{m^2} * 80 x 10^{-6}m^4}$ $= 5,20 * 10^{-5}m$	<p>Cálculo del esfuerzo de una viga empotrada</p> <p>Datos</p> $c = 1292 mm = 0,646m$ $\sigma = \frac{M * c}{I}$ $\sigma = \frac{19600N.m * 0,646m}{80 x 10^{-6}m^4}$ $\sigma = 1.5827x10^{-4}MPa$
---	--

Nombre	Simbología	Ecuación	Resultado
Deflexión de la viga	y	3.7	$5,20 * 10^{-5}m$
Esfuerzo de la viga	n	3.7	$\sigma = 1.5827x10^{-4}MPa$

ANEXO III

Características del material

Tabla 4. Deflexión de la viga de desplazamiento.

Cálculos para el tipo de soldadura.

$$\sigma = \frac{F}{h.l}$$

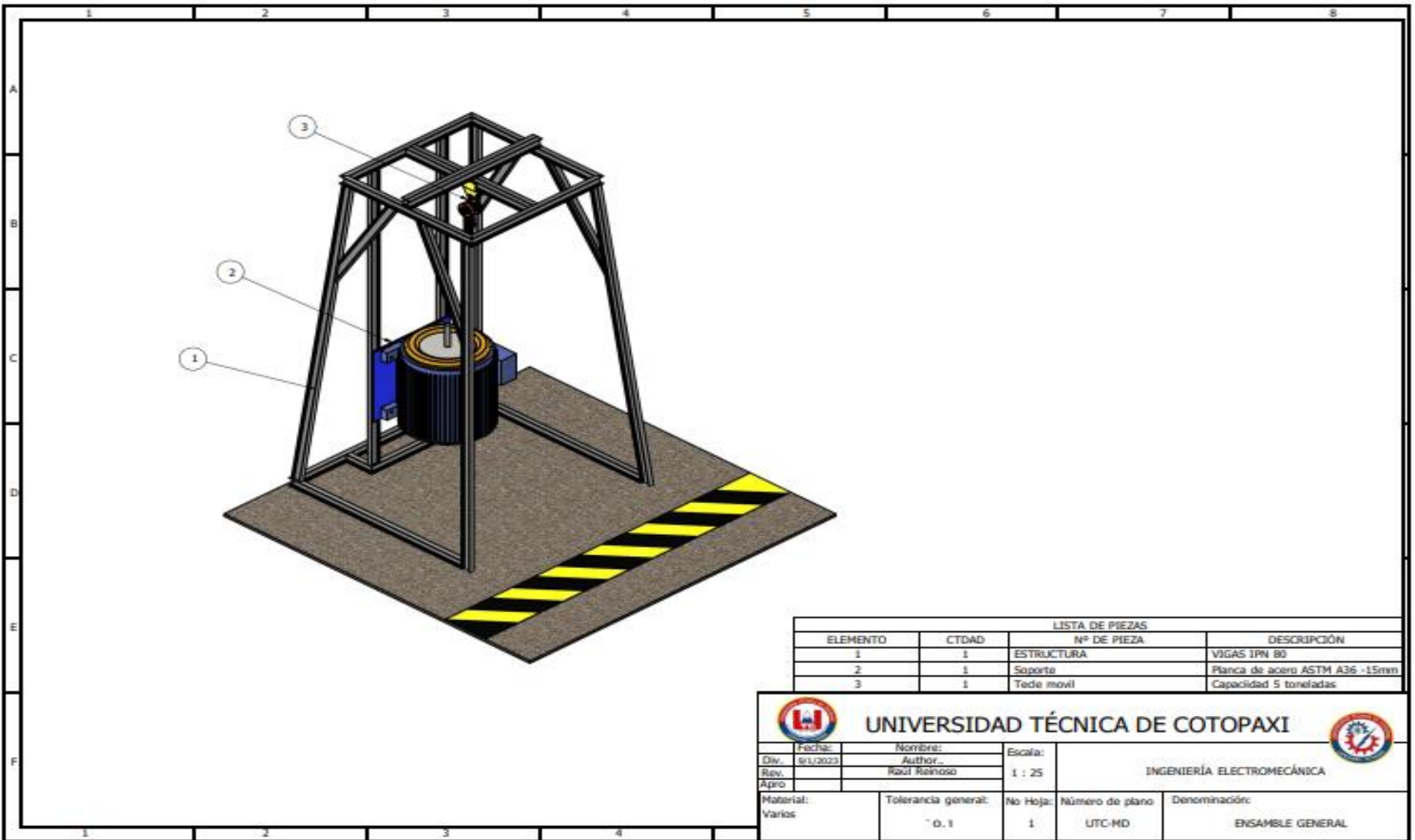
$$\sigma = \frac{19600N}{0,7077 * 0,08m}$$

$$\sigma = 346191Pa = 346 MPa$$

Nombre	Simbología	Ecuación	Resultado
Esfuerzo de la soldadura	σ	3.4	346 MPa

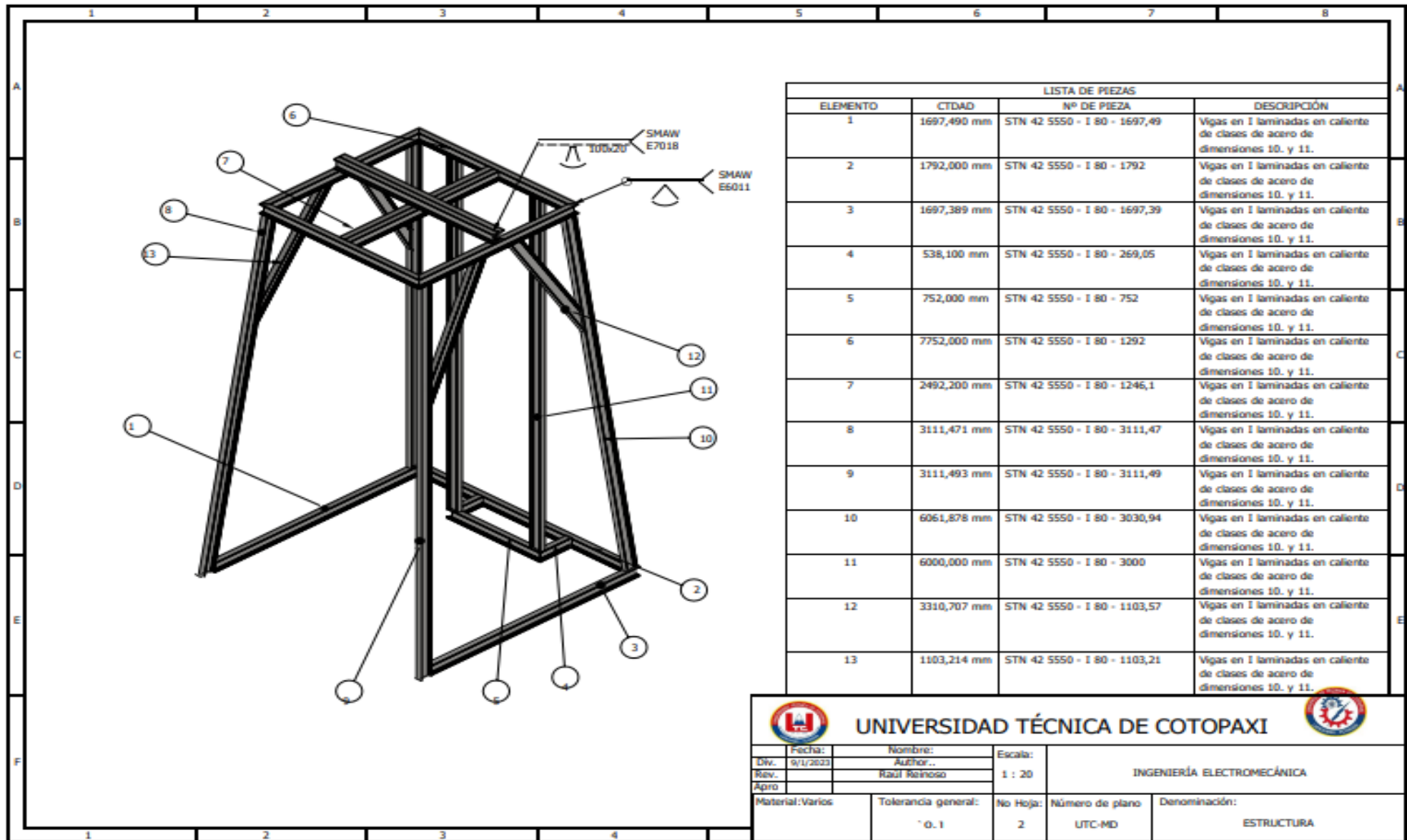
ANEXO IV

PLANOS DE TRABAJO



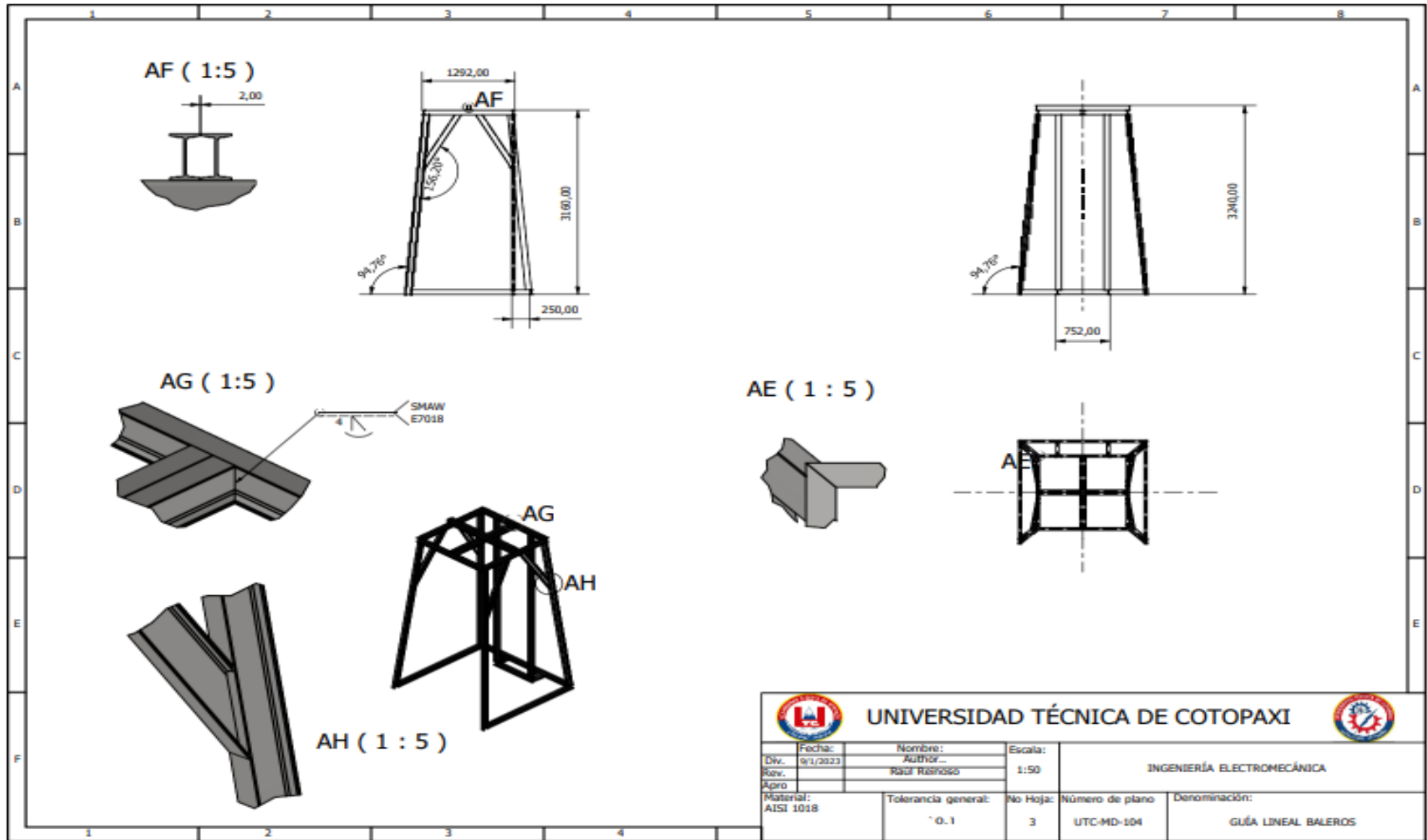
LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	ESTRUCTURA	VIGAS IPN 80
2	1	Soporte	Placa de acero ASTM A36 - 15mm
3	1	Tede móvil	Capacidad 5 toneladas

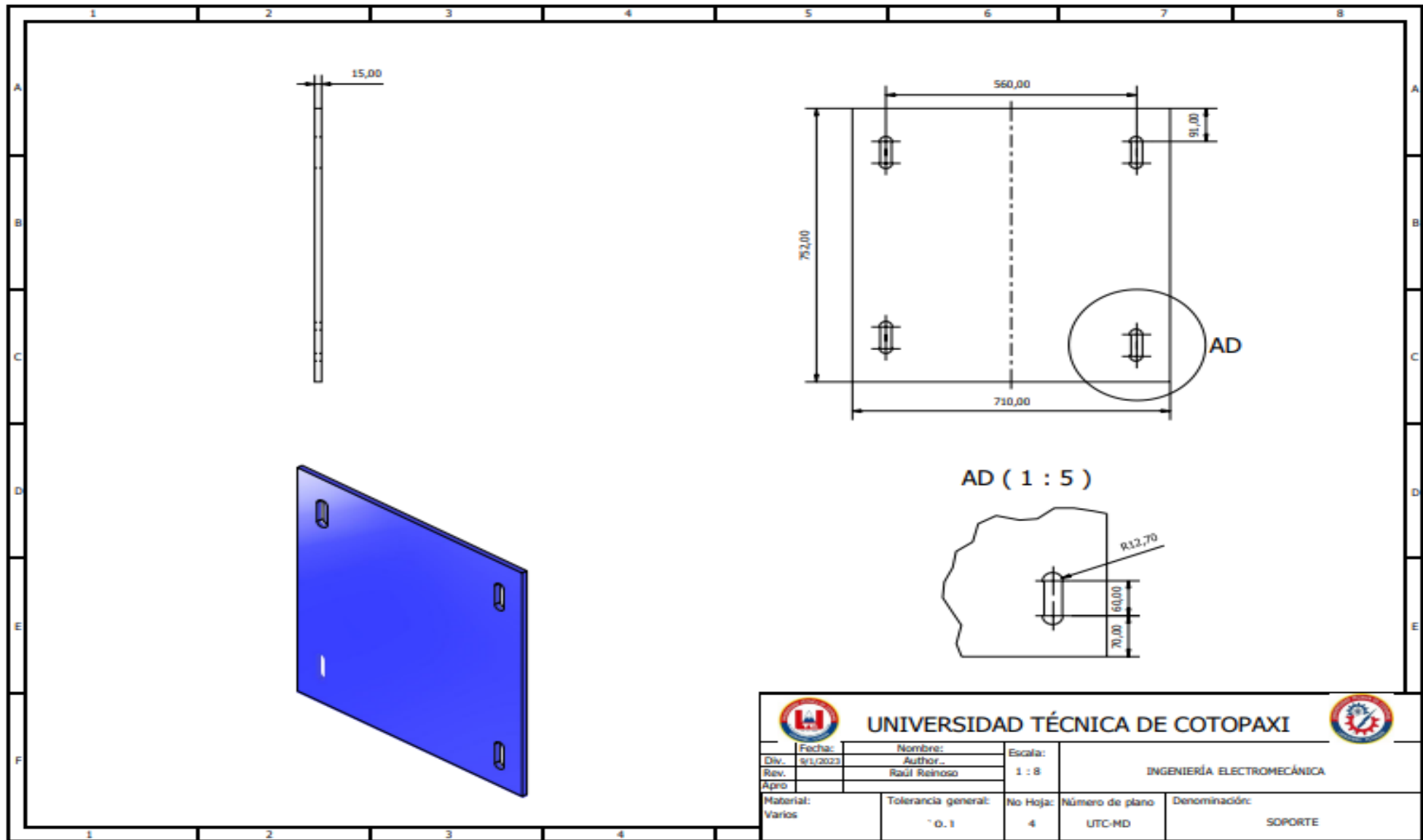
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI			
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA		
Div. 18/L/2023	Author:	1 : 25			
Rev.	Raúl Rainsoso				
Apro					
Materia:	Tolerancia general:	No Hoja:	Número de plano:	Denominación:	
Varios	± 0.1	1	UTC-MD	ENSAMBLE GENERAL	



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMEQUÍNICA	
Div.:	Autor:	1 : 20		
Rev.:	Raúl Rojoso			
Apro:				
Material: Varios	Tolerancia general:	No Hoja:	Número de plano:	Denominación:
	± 0.1	2	UTC-MD	ESTRUCTURA





		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI				
Fecha:	Nombre:	Escala:	INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA			
Div. 9/1/2022	Author:	1 : 8				
Rev. Raul Reinoso						
Apro			No Hoja:	Número de plano:	Denominación:	
Material: Varios	Tolerancia general: ± 0,1		4	UTC-MD	SOPORTE	