



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE GRANMA
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Extensión "La Maná"

Trabajo de Diploma

En opción al título de Ingeniero Electromecánico

TÍTULO: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE UNA TALADRADORA VERTICAL DE BANCO PARA PEQUEÑOS TALLERES LOCALES.

Diplomante: Jorge Ramiro Quishpe Guanoluisa.

Bayamo. M.N.
CURSO ACADÉMICO 2019-2020



MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
UNIVERSIDAD DE GRANMA
FACULTAD DE CIENCIAS TÉCNICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Extensión “La Maná”

Trabajo de Diploma

En opción al título de Ingeniero Electromecánico

TÍTULO: DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE UNA TALADRADORA VERTICAL DE BANCO PARA PEQUEÑOS TALLERES LOCALES.

Diplomante: Jorge Ramiro Quishpe Guanoluisa.

Tutor: M.Sc. Ing. Jorge A. Bosch Cabrera. Prof. Aux.

Jefe Disciplina Integradora: Dr.C. José Eduardo Márquez Delgado. Prof. Tit.

Bayamo. M.N.
CURSO ACADÉMICO 2019-2020

PÁGINA DE ACEPTACIÓN

Los abajo firmantes hacemos constar que el presente trabajo constituye la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Extensión “La Maná” en la investigación realizada en el Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Granma, Cuba; certificando que el mismo ha sido realizado según lo indicado en la GUÍA METODOLÓGICA PARA LA REDACCIÓN Y PRESENTACIÓN DE INFORMES DE TRABAJOS DE DIPLOMA Y PROYECTOS DE CURSO DEL INGENIERO MECÁNICO DE LA UNIVERSIDAD DE GRANMA; CUBA y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura

cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura.

MSc. Ing. Jorge Alexander Bosch Cabrera.
Delgado.

Tutor

Dr.C. Ing. José Eduardo Márquez

Jefe Disciplina Integradora

Luego de estudiada la exposición del diplomante: **JORGE RAMIRO QUISHPE GUANOLUISA** así como las opiniones del tutor y el oponente del presente trabajo de diploma, el tribunal emite la calificación de 5

Presidente del Tribunal
Dr. C. Alain Ariel de la Rosa Ardina. Firma.

Secretario
MSc. Raúl Felipe Pocheco Gamboa. Firma.

Vocal
MSc. Yoan Manuel Ramos Botello. Firma.



DECLARACIÓN DE AUTORIDAD

Declaro que soy autor de este Trabajo de Diploma y que autorizo a la Universidad de Granma, a hacer uso del mismo, con la finalidad que estime conveniente, ya sea parcial o totalmente, que además no podrá ser presentado sin la aprobación de dicha institución.

Firma: _____



JORGE RAMIRO QUISHPE GUANOLUISA.

JORGE RAMIRO QUISHPE GUANOLUISA autoriza la divulgación del presente trabajo de diploma bajo licencia Creative Commons de tipo Reconocimiento No Comercial Sin Obra Derivada, se permite su copia y distribución por cualquier medio siempre que mantenga el reconocimiento de sus autores, no haga uso comercial de las obras y no realice ninguna modificación de ellas. La licencia completa puede consultarse en: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.es>

JORGE RAMIRO QUISHPE GUANOLUISA autoriza al Departamento de Ingeniería Mecánica adscrito a la Universidad de Granma, Cuba a distribuir el presente trabajo de diploma en formato digital bajo la licencia Creative Commons descrita anteriormente y a conservarlo por tiempo indefinido, según los requerimientos de la institución, en el repositorio de materiales didácticos disponible en:

<ftp://fct.udg.co.cu/Documentos/0-INGENIERIA%20MECANICA/TESIS/>

AGRADECIMIENTOS

En lo profesional.

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi extensión La Maná y sus docentes por haberme formado como ingeniero electromecánico.

Agradezco en Cuba a la Universidad de Granma por verme acogido en la fase final de mi carrera y en especial al departamento de Relaciones Internacionales y el departamento de Ingeniería Mecánica donde desarrolle mi investigación.

En lo personal

Agradezco a Dios por la sabiduría e inteligencia que me ha dado, y haberme guiado a lo largo de mi vida, a cada uno de los que son parte de mi familia a mi madre y esposa por su apoyo incondicional y moral pues ellos han sido el pilar fundamental durante mis estudios, en la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná porque en sus aulas he recibido sabias enseñanzas.

DEDICATORIA

Este mérito alcanzado a lo largo de mi carrera profesional, se lo dedico con mucho amor a mi madre, esposa porque han estado conmigo dándome fortaleza para continuar, han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento, porque han depositado su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad, a mis distinguidos maestros quienes con amor y sabiduría han depositado en mí sus vastos conocimientos, gracias a ellos se ha hecho realidad mi sueño anhelado.

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo diseñar la estructura de una taladradora vertical de banco acorde a las necesidades de pequeños talleres locales. Para ello se realiza una matriz morfológica la cual permite la obtención de la solución por la combinación sistemática de un conjunto de conceptos posibles. De ellos, fueron analizados dos conceptos para realizar el diseño deseado teniendo en cuenta las condiciones de funcionamiento de la máquina, el seleccionado para la fabricación fue la variante de concepto 1, ya que esta cumple con los requerimientos funcionales para los cuales está concebida. Se realizan cálculos de resistencia a la columna debido que es el elemento que soportará la mayoría de las cargas y las de mayores magnitudes. Luego se modela en el software de diseño mecánico *SolidWorks 2016*, además de utilizar el módulo de cálculo por elementos finitos con que consta el software, *Simulation*; a través del cual se realiza un análisis estático a la columna por las razones expuestas. Se tienen en cuenta las tensiones máximas de Von Mises, las tensiones en el eje donde se aplican las cargas, los desplazamientos resultantes y en el eje donde fueron aplicadas las cargas además del factor de seguridad, donde las tensiones máximas de Von Mises obtenidas se encontraron por debajo del límite elástico y estando el factor de seguridad en los niveles aceptables de fiabilidad del diseño, lo que demuestra que el conjunto resiste a las cargas a las cuales está sometida la columna.

ABSTRACT

This research aims to design the structure of a vertical bench drill according to the needs of small local workshops. For this, a morphological matrix was made which allows the solution to be obtained by systematically combining a set of possible concepts. Of these, only two concepts were analyzed to carry out the desired design taking into account the operating conditions of the machine, the one selected for manufacturing was concept variant 1, since it meets the functional requirements for which it is designed. Calculations of resistance to the column were made because it is the element that will support most of the loads and those of greater magnitudes. Then they were modeled in the *SolidWorks 2016* mechanical design software, in addition to using the finite element calculation module with which the software consists, *Simulation*; through which a static analysis of the column was performed for the reasons stated above. The maximum stress of Von Mises were taken into account, the stress in the axis where the loads were applied, the resulting displacements and in the axis where the loads were applied in addition to the safety factor, where the maximum Von Mises stress obtained were found below the elastic limit and the safety factor being at acceptable levels of design reliability, demonstrating that the assembly resists the loads to which the column will be subjected.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LAS TALADRADORAS Y EL PROCESO DE TALADRADO.	5
1.1. Introducción al capítulo.....	5
1.2. Taladradoras.....	5
1.1.1 Tipos de máquinas taladradoras.....	6
1.1.2 Características de las taladradoras.	10
1.2. Aplicaciones del proceso de taladrado.....	11
1.2.1. Operaciones que se pueden realizar con una taladradora.	11
1.3. Herramientas y accesorios para las máquinas taladradoras.	12
1.4. Formas para construir la estructura de una taladradora vertical.	14
1.5. Perfiles de acero para uso estructural.....	15
1.6. Diseño Mecánico.	16
1.7. Diseño de taladradoras.....	19
1.8. El diseño asistido por computadora (CAD).	19
1.8.1. SolidWorks.	21
1.8.2. Introducción al método de los elementos finitos (MEF).	22
1.8.3. Análisis del <i>SolidWorks Simulation</i>	23
1.9. Propiedades de los materiales.	24
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS PARA EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE UNA TALADRADORA VERTICAL DE BANCO.	26
2.1. Introducción al Capítulo.	26
2.2. Procedimiento para diseñar la estructura de la taladradora vertical de banco.	26
2.3. Estudio de las taladradoras verticales.	26
2.4. Modelación de las piezas con sus dimensiones en el paquete de diseño CAD 3D <i>SolidWorks</i> 2016.....	27
2.5. Ensamble del modelo de la estructura de la taladradora vertical de banco.	27
2.6. Asignación de los materiales y sus propiedades mecánicas a los modelos de piezas.....	28
2.7. Determinación de las cargas presentes en la columna de la taladradora vertical de banco. .	28

2.7.1. Cálculo de las fuerzas resultantes en A.....	29
2.7.2. Cálculo de resistencia a la columna.....	30
2.8. Mallado de los modelos de piezas involucrados en el análisis.....	31
2.8.1. Estudio del modelo de la estructura de la taladradora vertical de banco por el Método de los Elementos Finitos (MEF).....	31
2.8.2. Asignación de las cargas y restricciones presentes en el modelo de la columna de la taladradora vertical.....	32
CAPÍTULO III: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE LA TALADRADORA VERTICAL DE BANCO.....	33
3.1. Introducción al Capítulo.....	33
3.2. Estudio de la variante de diseño a utilizar para modelar el equipo.....	33
3.2.1. Evaluación de la factibilidad del principio de solución.....	36
3.3. Modelos de las piezas que conforman del diseño de la estructura de una taladradora vertical de banco.....	38
3.4. Asignación de los materiales y sus propiedades mecánicas a los modelos de piezas que conforman la estructura de la taladradora vertical de banco.....	43
3.5. Resultado de los cálculos de resistencia realizado a la columna de la taladradora vertical..	44
3.6. Mallado de los estudios realizados a la estructura de la taladradora vertical de banco.....	46
3.7. Análisis de los resultados obtenidos en el estudio por el método de los elementos finitos realizado a la columna de la taladradora vertical de banco.....	47
3.7.1 Representación de las cargas y restricciones.....	47
3.7.2. Resultados obtenidos en el estudio por el método de los elementos finitos.....	48
CONCLUSIONES.....	53
RECOMENDACIONES.....	54
BIBLIOGRAFÍA.....	55

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el desarrollo de las máquinas herramientas y las grandes innovaciones tecnológicas en los países desarrollados generan un aumento industrial; por lo que la búsqueda de alternativas para proyectar, reparar y construir máquinas herramientas es de vital importancia, fomentándose la fabricación de pequeñas industrias, máquinas y equipos siempre que existan las condiciones materiales y el presupuesto disminuyendo costos comparado con las máquinas de última tecnología (Félix, 2008).

En la actualidad el mundo atraviesa por una crisis económica la cual afecta en sentido general a toda la humanidad y sobre todo las regiones de Latinoamérica no están exentas de esto por lo cual se toman medidas para reducir las importaciones debido a los altos costos de estas. Para ello nuestros profesionales juegan un papel fundamental en las fábricas y universidades donde surgen problemas profesionales que requieren soluciones rápidas y lo más económicas posibles. Tanto en Cuba como en el Ecuador, a pesar de haberse logrado cierto desarrollo en la industria mecánica y metalúrgica, el estado actual de su sistema económico dificulta las introducciones de los últimos adelantos de la ciencia y la técnica puestas al alcance de pequeños operarios y emprendedores, entre otras razones, por la insuficiente disponibilidad de recursos financieros. Es de vital importancia la realización de trabajos de diseño, que contribuyan económicamente con el ahorro de pequeñas empresas y contribuyan a la microeconomía de un país, ayudando de esta manera a la economía de una nación. (Oliva, 2015)

El proceso de diseño mecánico es de vital importancia en los momentos actuales debido a que los ingenieros mecánicos y electromecánicos tienen que formular planes para la realización física de máquinas, dispositivos y sistemas, además de determinar conceptos, datos y técnicas de análisis en tomas de decisiones. Para esto, es necesario tener en cuenta los requisitos de funcionamiento de un componente individual, y las relaciones entre los diversos componentes cuando trabajan juntos, formando un sistema (Shigley y Mischke, 2008).

Cada vez suman más la cantidad de talleres mecánicos como pequeños negocios prestadores de servicios, por lo que es necesario crear un producto nacional capaz de realizar operaciones de taladrados o mecanizados acordes a estos pequeños establecimientos diseñados y fabricados acordes a las economías de estos trabajadores.

La Universidad de Granma, Cuba y el Grupo de Trabajo SIAC (*Soluciones Ingenieriles Asistidas por computadoras*) perteneciente al departamento de Ingeniería Mecánica se ha dado a la tarea de diseñar un grupo de máquinas herramientas de pequeño porte acordes a las condiciones de pequeños talleres y a la docencia como vía de desarrollo local. El prototipo de taladradora que se pretende diseñar en esta investigación es una de las máquinas de herramientas con ese fin para que en un futuro pueda insertarse en los mercados locales como vía de desarrollo comunitario al servicio de pequeños oficios de esta rama de la mecánica.

Por lo que surge la necesidad del desarrollo de un proyecto de una taladradora vertical de banco acordes a los fines antes planteados, por esa razón este proyecto tiene como objetivo crear el diseño de la estructura del prototipo de una taladradora vertical teniendo en cuenta el costo y tiempo de fabricación de ahí que realizar proyectos de diseño de este tipo ayuda a la economía cualquier país, puesto que para la compra de la máquina herramienta en el mercado internacional se necesita un alto capital. Por lo antes expuesto tenemos como problema de investigación el siguiente:

Problema de investigación:

¿Cómo obtener la estructura de un prototipo de taladradora vertical de banco?

Objeto de Estudio:

Diseño de un prototipo de taladradora vertical de banco para pequeños talleres locales.

Campo de acción:

Diseño de la estructura de un prototipo de taladradora vertical de banco.

Hipótesis:

Con un correcto diseño de la estructura del prototipo de taladradora vertical de banco se podrá garantizar una correcta fabricación del prototipo acorde a las necesidades del cliente.

Objetivo general:

Realizar el diseño de la estructura del prototipo de taladradora vertical de banco.

Objetivos específicos:

1. Estudio de las máquinas con funcionamientos similares.
2. Obtener la modelación, en un sistema CAD, de las piezas principales de la taladradora vertical de banco.
3. Determinar las cargas actuantes en la estructura de la taladradora vertical de banco.
4. Analizar en un sistema CAE el comportamiento de las cargas actuantes en la estructura de la taladradora vertical de banco.
5. Elaborar la documentación técnica de la taladradora vertical de banco.

Tareas de investigación:

- Realizar una revisión bibliográfica sobre el proceso de taladrado.
- Modelar con el software de diseño mecánico SolidWorks 2016 los componentes principales de la estructura de la taladradora vertical de banco.
- Realizar con el complemento SolidWorks Simulation del software de diseño el análisis por elementos finitos de las cargas actuantes en estructura de la taladradora vertical de banco.
- Realizar a partir del resultado del análisis obtenido con el complemento *SolidWorks Simulation* del software, la documentación técnica de la estructura de la taladradora vertical de banco.

Métodos de investigación.

- Método de modelación:
Método numérico de análisis por elementos finitos y modelación gráfica. La utilización de paquetes CAE para el análisis tensional-deformacional del modelo de la estructura de la taladradora vertical de banco en la presente investigación permitirán el estudio y su posterior análisis de los resultados expuestos en el informe final.
- Método histórico – lógico:
Se estudiaron los antecedentes en el tema teniendo en cuenta las investigaciones preliminares y sus respectivos resultados obtenidos reflejándolo en la bibliografía.

- Criterio de especialistas:

La programación de consultas con especialista en el tema para una correcta proyección de la investigación al aporte de datos a fin.

- Análisis y Síntesis.

La presente investigación se basa en el método de análisis ya que se estudiarán, revisarán y analizarán bibliografías correspondientes al tema, al igual que el software utilizado del que se realizará una síntesis para la elaboración del informe técnico correspondiente.

**CAPÍTULO I. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LAS TALADRADORAS Y EL
PROCESO DE TALADRADO.**

DESARROLLO

CAPITULO I. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LAS TALADRADORAS Y EL PROCESO DE TALADRADO.

1.1. Introducción al capítulo.

En este capítulo se abordarán elementos de las taladradora y sus operaciones; entre ellas el taladrado del cual se presenta una serie elementos que permitirán una mejor comprensión del proceso, se abordará también acerca de los perfiles metálicos y sus características para alcanzar el objetivo propuesto en este trabajo investigativo.

1.2. Taladradoras

La taladradora es una máquina herramienta donde se elaboran la mayoría de los agujeros que poseen las piezas y conjuntos, que son fabricados en los talleres de mecanizado. Destacan estas máquinas por la sencillez de su manejo. Tienen dos movimientos principales: El de rotación del husillo portabroca, que le imprime el motor eléctrico de la máquina a través de una transmisión por poleas y engranajes, y el de avance de penetración de la herramienta que puede realizarse de forma manual sensitiva o de forma automática, si incorpora transmisión para hacerlo. Se llama taladrar a la operación de mecanizado que tiene por objeto producir agujeros cilíndricos en una pieza cualquiera o conjunto utilizando como herramienta una broca. La operación de taladrar se puede hacer con un taladro portátil, con una máquina taladradora, en un torno, en una fresadora, en un centro de mecanizado CNC o en una mandrinadora (Fraile *et al.*, 2008).

De todos los procesos de mecanizado, el taladrado es considerado como uno de los procesos más importantes debido a su amplio uso y facilidad de realización, puesto que es una de las operaciones de mecanizado más sencillas de realizar y que se hace necesario en la mayoría de componentes que se fabrican. Las taladradoras descritas en este artículo, se refieren básicamente a las utilizadas en las industrias metalúrgicas para el mecanizado de metales, y fundamentalmente a la taladradora de columna, ya que existen otros tipos de taladradoras, como por ejemplo las empleadas en las cimentaciones de edificios y obras públicas así como en sondeos mineros tienen otras características muy diferentes y serán objeto de otros artículos específicos (Barrio, 2010).

Funcionamiento básico de las máquinas taladradoras

Todas las maquinas taladradoras se caracterizan por algún medio de rotación de la herramienta de corte y el avance de la misma a lo largo de su propio eje, dentro de una pieza estacionaria, para producir un agujero de aproximadamente el mismo tamaño que el diámetro de la herramienta de corte. Su característica principal es la rotación de un husillo vertical en una posición fija y soportada por un bastidor de construcción, tipo C modificado. La familia de los taladros de columna se compone de los taladros de columna engranada con avance automático, los taladros de trabajo pesado, los taladros de precisión y los taladros para agujeros profundos (Brushtein y Dementiev, 1990).

1.1.1 Tipos de máquinas taladradoras

Las máquinas taladradoras se pueden reunir en cinco grupos separados: radiales, horizontales, de torreta, de husillos múltiples y verticales o de columna (Kalpakjian y Schmid, 2002).

Máquinas taladradoras radiales: Estas se identifican por el brazo radial que permite la colocación de la caja de los mecanismos de avance y de rotación a distintas distancias de la columna y además el giro del brazo que soporta la caja de los mecanismos, alrededor de la columna. Con esta combinación de movimiento se puede colocar y sujetar el husillo para taladrar en cualquier lugar dentro del alcance de giro de la máquina, al contrario de la operación de las máquinas taladradoras de columna, las cuales tienen una posición fija del husillo con relación a la columna. Esta flexibilidad de colocación del husillo hace a los taladros radiales especialmente apropiados para piezas grandes y complejas, por lo tanto, la capacidad de los taladros radiales como clase es mayor que la de los taladros de columna (Lingaih, 2004).



Figura 1.1. Taladradora Radial (Guzmán y Caire, 2014).

Máquinas taladradoras horizontales: Esta familia de máquinas se fabrica para operaciones de taladrado en general con el husillo montado horizontalmente, (ver figura 1.2). Estas máquinas representan otra evolución estándar para resolver problemas de fabricación de piezas de grandes dimensiones y difícil sujeción. La mayor parte del taladrado se hace verticalmente porque es preferible contar con la ayuda de la gravedad al hacer avanzar la broca, pero algunas veces es imposible o inconveniente colocar la pieza para taladrado vertical, entonces se emplea el taladro horizontal. En las máquinas especiales de uso sencillo hay muchas ventajas para el montaje horizontal del husillo. El taladro horizontal tiende a facilitar la remoción de las virutas y se presta bien para la automatización y para el diseño de máquinas taladradoras del tipo trasladable (Fraile *et al.*, 2008).

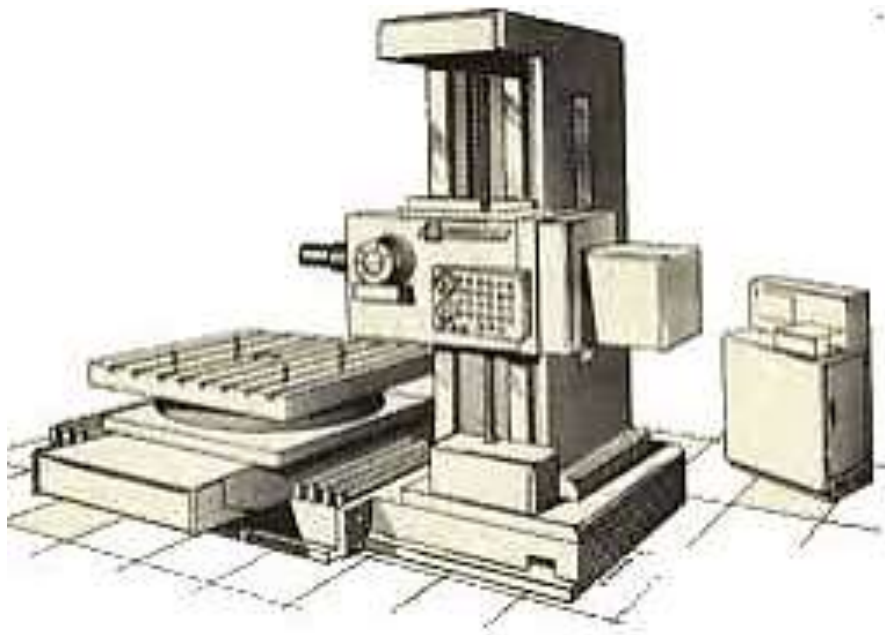


Figura 1.2. Taladradora Horizontal (Pérez *et al.*, 2006).

Máquinas taladradoras multihusillos: Estas permiten aumentar considerablemente la productividad del trabajo en comparación con las de un solo husillo, ellas se emplean en la producción en serie de piezas en las que se requiere taladrar simultáneamente, así como escarear o roscar en una gran cantidad de agujeros, generalmente estas máquinas son automatizadas (Audy, 2008).



Figura 1.3. Portaherramienta y herramientas de corte de las taladradora multihusillos (Shigley y Mischke, 2008).

Máquinas taladradoras Verticales: Este taladro hereda su nombre por la posición vertical en que se dispone su estructura, estas máquinas se caracterizan por la rotación de un husillo vertical en una posición fija y soportada por un bastidor de construcción, tipo C. La familia de las máquinas taladradoras verticales se compone del taladro sencillo de transmisión por banda, la taladradora sensitiva, la taladradora de columna con avance por engranaje, la taladradora de producción de trabajo pesado, la taladradora de precisión, y la taladradora para agujeros profundos.

Estas máquinas herramienta son de una gran utilidad en los procesos de fabricación y reparación de piezas mecánicas en las grandes industrias pues constituye junto con el torno, la fresadora, la mortajadora, recortador y la rectificadora las máquinas herramientas que realizan la mayoría de las operaciones en un taller (Bavaresco, 2009). Los componentes principales de las taladradoras verticales son los siguientes: (ver figura 1.4).

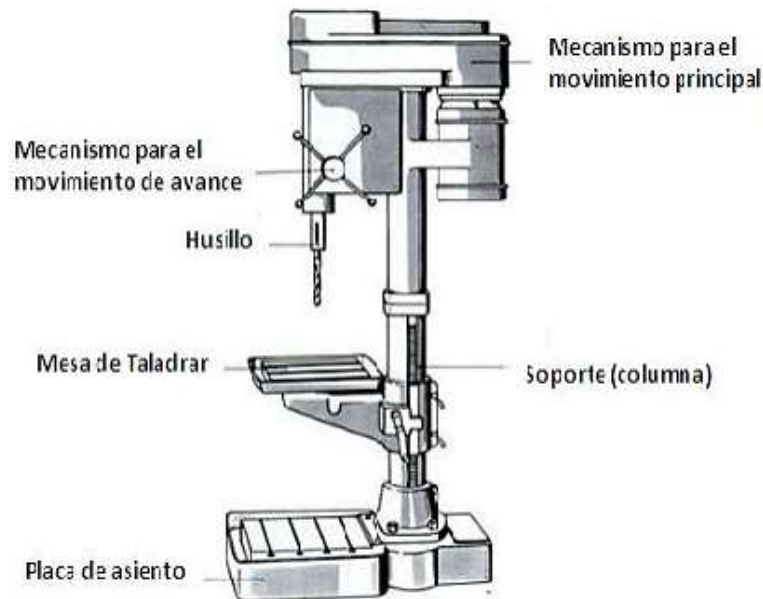


Figura 1.4. Partes de un Taladro de columna (Bavaresco, 2009).

La base o placa de asiento: soporta a la máquina y en algunos casos, cuando el tamaño y el peso lo hacen necesario, a la pieza misma.

La columna: es el miembro vertical sobre el que van montados, la caja de los mecanismos y el conjunto soporte del movimiento de rotación. Hay columnas fabricadas en forma de caja, de barras redondas, tubulares, etc.

Mecanismo para el movimiento principal:

a) Caja de los engranajes, montada en la parte superior de la columna, aloja a los engranajes impulsores del husillo junto con los elementos para el cambio de las velocidades.

b) El motor: es del tipo reversible para permitir las operaciones de roscado. La potencia se transmite a la caja de engranajes por medio de un eje, bandas, o, en algunos caso, directamente por medio de acoples. De cualquier forma, el motor va colocado usualmente en la parte posterior de la columna para un mejor balance (Askeland, 1998).

Mecanismo de avance:

a) El eje: es el elemento principal que le trasmite a la broca el movimiento de rotación y el de avance, y el mismo está montado en rodamiento de bolas en un soporte. Tiene tallado unas estrías rectocubadas para poder deslizarse hacia arriba y hacia abajo a través de la caja de engranajes.

b) La caja de los mecanismos: contiene los engranajes del movimiento de avance, accionados por una barra de avances desde la caja de engranajes, y contiene los controles para la selección de los avances y de la dirección de giro. El avance se realiza realmente en esta máquina por medio del soporte porta husillo que va montado en la caja de los mecanismos, y ejerce el movimiento de avance. Se pueden proporcionar ciclos de avance automático en los que sin la atención del operario la broca entra en la pieza y se retira después de haber alcanzado la profundidad apropiada (Pérez *et al.*, 2006; Singh y Sharma, 2013).

El husillo: está equipado con un agujero cónico *Morce* para recibir el extremo cónico de las brocas, de un mandril portabroca, de dispositivos para el montaje de las mismas, y de otras herramientas de corte que se utilicen en la máquina, tales como machos o escariadores.

La mesa: está montada en la columna y se puede levantar, bajar y sujetar en varias posiciones para soportar la pieza a la altura apropiada para permitir taladrar en la forma deseada (Fraile *et al.*, 2008).

1.1.2 Características de las taladradoras.

Taladradoras de banco: se emplea para la elaboración de agujeros de pequeño diámetro (0.25 ÷ 12 mm), su instalación se realiza sobre bancos de trabajo pueden ser de madera o metálicos con fijación mediante tornillos (Pérez *et al.*, 2006).

Taladradoras verticales: se utilizan para elaborar agujeros con diámetros hasta 75 mm, estas máquinas se caracterizan por tener una columna vertical sobre la cual se instala la caja de velocidades con el motor, la caja de avances y la mesa, esta última con posibilidad de desplazamiento vertical y en algunos casos con rotación respecto a la columna y rotación sobre su eje de simetría (Shigley *et al.*, 2004).

Taladradoras radiales: se emplean para el taladrado de agujeros en piezas grandes y complejas, con varios agujeros, y con agujeros situados a considerable distancia uno de otro, en las máquinas de este tipo, la coincidencia de los ejes de agujeros y la herramienta se consigue desplazando el husillo de la taladradora con respecto a la pieza fija (Barrio, 2010).

Taladradoras especiales: se emplean para realizar una o varias operaciones en una pieza dada; por sus características no admiten reajustes para el maquinado de otras piezas. Estas máquinas se utilizan mayormente en la industria automovilística y en las grandes fábricas de máquinas

agrícolas, en ellas se realizan operaciones específicas de taladrado, mandrilado, roscado y fresado, y pueden trabajar en líneas independientes o formar parte de líneas en cadenas o automáticas (GUIMA, 2010).

1.2. Aplicaciones del proceso de taladrado.

La taladradora es una máquina herramienta bastante universal donde se elaboran la mayoría de los agujeros que se le realizan a las piezas en los talleres mecánicos. Destacan estas máquinas por la sencillez de su manejo. Tienen dos movimientos: El de rotación de la broca que le imprime el motor eléctrico de la máquina a través de una transmisión por poleas o engranajes, y el de avance de penetración de la broca, que puede realizarse de forma manual sensitiva o de forma automática, si incorpora transmisión para hacerlo. También el proceso de taladrado tiene una vital importancia debido a su aplicación en los talleres mecánicos, donde con una taladradora se pueden realizar diversas operaciones de arranque de virutas de acuerdo con la herramienta de corte utilizada. Se llama taladrar a la operación de mecanizado que tiene por objeto producir agujeros cilíndricos en una pieza cualquiera, utilizando como herramienta una broca, donde la calidad del agujero elaborado dependerá fundamentalmente del correcto afilado de herramienta (Fraile *et al.*, 2008).

1.2.1. Operaciones que se pueden realizar con una taladradora.

Además del taladro, generalmente se pueden ejecutar otras operaciones en las máquinas taladradoras (Ver figura 1.5) como mandrilado, barrenado, roscado, avellanado, desbarbado, vaciado cilíndrico, y refrentado de agujeros. Todas estas operaciones están relacionadas estrechamente con el taladro, con respecto a los movimientos básicos de la máquina y normalmente requieren un agujero barrenado para comenzar (Lingaiah, 2004).

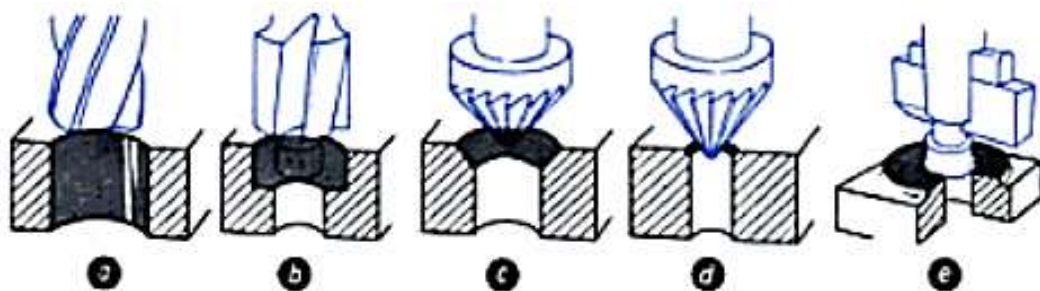


Figura 1.5. Operaciones que se pueden realizar con una taladradora. a) Barrenado, b) vaciado cilíndrico, c) Avellanado Cónico, d) Desbarbado y e) Refrentado (Bavaresco, 2009).

1.3. Herramientas y accesorios para las máquinas taladradoras.

A pesar de la gran variedad de máquinas taladradoras diseñadas para cumplir con los requerimientos de los distintos trabajos, solamente se utilizan unas cuantas herramientas de corte básicas. La mayor parte del trabajo se ejecutará con brocas, barrenas, machos de roscar, escariadores. Con menor frecuencia se utilizarán abocardadores, herramientas de refrentar, fresas cilíndricas de espiga, o herramientas de mandrinar (Groover, 2007).

Características de la herramienta de corte:

Las herramientas de corte para la operación de taladrado se llaman broca y barrena con un amplio uso para la fabricación de piezas en las cuales lleven agujeros y las mismas se fabrican en las industrias herramientas (Ullman, 2010).

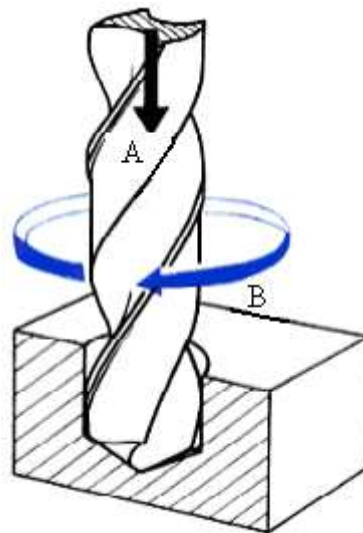


Figura 1.6. Movimientos de una taladradora: A, Movimiento de rotación de la herramienta y B, Movimiento de avance (Bavaresco, 2009).

Sujeción del portaherramientas.

Se dispone de muchos tipos de portaherramientas de cambio rápido para facilitar el cambio de las herramientas cuando se hace una secuencia de operaciones. Estos accesorios proporcionan una mayor velocidad de las operaciones, pero usualmente a expensas de algo de exactitud y rigidez, puesto que la unión entre la herramienta y el husillo se efectúa por medio de otra pieza y en algunos casos, por una pieza desmontable (Bordin y Zeilmann, 2014).

Entre los portabrocas tenemos: con llave y sin llave.

1 - Portabrocas con llave. (Ver figura 1.7).



Figura 1.7. Portabroca con llave (Parsian *et al.*, 2014).

2 - Portabrocas sin llave. (Ver figura 1.8).



Figura 1.8. Automático estándar, (3 y 4) Automáticos de precisión (Parsian *et al.*, 2014).

Sujeción de la pieza a la mesa.

Para las operaciones de taladrado se utilizan muchos tipos de aparatos y dispositivos de sujeción. Estos incluyen cierto número de dispositivos, así como plantillas y accesorios utilizados en las operaciones de manufactura.

También se dispone de mesas en una amplia variedad de tipos para la colocación de las piezas, desde las mesas compuestas accionadas por un sencillo tornillo hasta las mesas posicionadoras controladas por medio de cintas numéricas (Curran *et al.*, 2008).



Figura 1.9. Mordaza de sujeción de las piezas (Xin *et al.*, 2014).

Para hacer un buen trabajo de taladrado, la mesa debe estar libre de virutas y otras suciedades que puedan causar una mala colocación de la pieza, además al taladrar se generan momentos de giro que tienden a girar las piezas, por esto, debe estar bien asegurada a la mesa para evitar el giro de la pieza, que se produce al contacto de la broca con la pieza.



Figura 1.10. Formas de sujeción de las piezas en la mesa (Lingaiah, 2004).

1.4. Formas para construir la estructura de una taladradora vertical.

1. Por el método de fundición y maquinado.

Este método es el más utilizado en las industrias para la obtención de la estructura de las taladradoras, debido a que como son menos componentes se pueden fabricar taladradoras mucho más grande que las fabricadas por otros métodos, también tienen más rigidez y las fabricadas por este método son las que encontramos en la mayoría de los talleres mecánicos (Leyva, 2012).

2. Utilizando tubos para instalaciones hidráulicas.

Esta variante tiene como característica que son fáciles de fabricar utilizando tubos para instalaciones hidráulicas los cuales son unidos mediante los componentes roscados utilizados para este tipo de instalación. La característica principal de este taladro es que se trata de una herramienta práctica que representa un gasto mínimo de tiempo y dinero para su construcción (ver

figura 1.11). Tiene como deficiencia la difícil alineación de las piezas a ensamblar debido al método de unión por rosca con el apriete necesario.

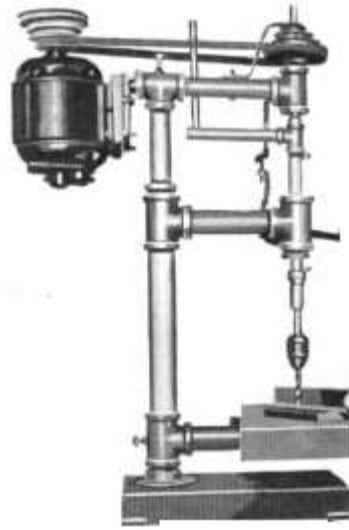


Figura 1.11. Taladradora fabricada con tubos y uniones para instalaciones hidráulicas (LeSuer, 1982).

2. Utilizando perfiles metálicos.

Con la utilización de perfiles metálicos se optimiza los gastos y el tiempo de fabricación, utilizando el proceso de soldadura para unir las diferentes piezas que posteriormente conformaran la estructura, también se utiliza la unión tornillo - tuerca. Es importante resaltar que esta vía para la contracción de la estructura de una taladradora vertical, es más económica debido a que los perfiles metálicos los podemos encontrar con mayor facilidad que los demás componentes de las dos formas anteriormente, además de que no necesariamente estos perfiles se usan nuevos sino que se pueden utilizar siendo ya usados.

1.5. Perfiles de acero para uso estructural.

Los perfiles metálicos son vigas o columnas de hierro o acero que se fabrican para construir edificios, estructura y otros ellos se hacen en las empresas siderúrgicas, se usan en las estructuras de construcciones, y en cada uno de ellos vemos diferentes materiales, para diversos usos, por ejemplo hoy, la industria nos ofrece perfiles de acero inoxidable, perfiles de aluminio, perfiles de madera y los ahora conocidos perfiles de PVC, y los de hierro que son usados en cada caso en particular (Coll, 2011).

Para dar con los acabados llevan todos, un proceso diferente con los que los vemos, para el empleo de industrias, en obras civiles, comercios, hogar, edificaciones, construcciones y para funciones distintas como en este caso. Por ejemplo los perfiles de acero, son usados en las grandes y mega construcciones ya que son los más robustos que soportan pesos muy grandes, y además no se degradan con el paso del tiempo, con los cambios de temperatura, y con los climas más severos, es por ello que se los usa en interior y en el exterior de las edificaciones sean estas, cuáles sean (Anderson, 2000).

En efecto, los perfiles metálicos, se usan en una infinidad de construcciones como cerramientos de techos, paredes, superficies, en aberturas, en marcos de ventanas, puertas, en barandas de balcones, de terrazas, de fachadas, etcétera, los metales que más se usan para este tipo de perfilaría son el acero, y el aluminio, el hierro, también es uno de los principales materiales para los perfiles metálicos (Groover, 2007).

1.6. Diseño Mecánico.

Diseñar es formular un plan para satisfacer una demanda humana. La necesidad particular que habrá de satisfacerse puede estar completamente bien definida desde el principio.

El diseño mecánico es el diseño de objetos y sistemas de naturaleza mecánica, máquinas, aparatos, estructuras, dispositivos e instrumentos. En su mayor parte, el diseño mecánico hace uso de las matemáticas, la ciencia de los materiales y la ciencia mecánica aplicada. El diseño en ingeniería mecánica incluye el diseño mecánico pero es un estudio de mayor amplitud que abarca todas las disciplinas de la ingeniería mecánica incluso las ciencias térmicas y de los fluidos. Aparte de las ciencias fundamentales que se requieren, las bases del diseño en ingeniería mecánica son las mismas que las del diseño mecánico (Lefcovich, 2006).

El diseño del producto conlleva, a menudo, la preparación de modelos analíticos y físicos del mismo, como ayuda para estudiar factores tales como las fuerzas, los esfuerzos, las deflexiones y la forma óptima de la pieza. La necesidad de estos modelos depende de la complejidad del producto. Hoy en día, el estudio de modelos analíticos se ha simplificado mediante el uso del diseño asistido por computadora. El diseño, ingeniería y manufactura asistidos por computadora, y las técnicas de planificación de procesos, empleando grandes programas de computadora, se han hecho indispensables para aquellos que llevan a cabo dichos análisis. Los nuevos desarrollos

incluyen sistemas expertos, que tienen capacidades de optimización y por lo tanto pueden acelerar el proceso iterativo tradicional de la optimización del diseño (Moro, 2002).

El diseño, ingeniería y manufactura asistidos por computadora, y las técnicas de planificación de procesos, empleando grandes programas de computadora, se han hecho indispensables para aquellos que llevan a cabo dichos análisis. Los nuevos desarrollos incluyen sistemas expertos, que tienen capacidades de optimización y por lo tanto pueden acelerar el proceso iterativo tradicional de la optimización del diseño.

Durante las últimas décadas, se han hecho muchos esfuerzos para conseguir sistemas de modelado geométrico que resulten más afines para los diseñadores y proyectistas y que produzcan modelo que sean válidos para todo el proceso de diseño (Norton, 2011).

El objetivo final de un diseño mecánico es obtener un producto útil que satisfaga las necesidades del cliente, que además sea seguro, eficiente, confiable, económico, y de manufactura práctica. Es importante considerar como se ajusta el proceso de diseño a todas las funciones que deben cumplirse para que se entregue un producto satisfactorio al cliente y para dar un servicio al producto durante su ciclo de vida. De hecho, es importante considerar como se desechará el producto después de haber llegado a su vida útil (Riba, 2006).

El total de las funciones que afectan al producto se denomina proceso de realización del producto (PRP) el cual comprende algunos factores como son:

- Funciones de mercadotecnia para evaluar los requerimientos del cliente.
- Investigación para determinar la tecnología disponible que puede usarse en forma razonable en el producto.
- Disponibilidad de materiales y componentes que deben incorporarse al producto.
- Diseño y desarrollo del producto.
- Prueba de funcionamiento.
- Documentación del diseño.
- Consideración de suministro global de materiales y ventas globales.
- Conocimiento de la fuerza de trabajo que trabajará con el equipo.
- Planta e instalaciones disponibles.
- Capacidad de los sistemas de manufactura.

- Sistemas de planeación y control de la producción.
- Sistemas de apoyos a la producción y al personal.
- Requisitos de calidad.
- Requisitos del servicio del cliente.
- Problemas ambientales durante la fabricación, funcionamiento y disposición del producto.
- Requisitos legales.
- Disponibilidad del capital financiero.

Por las funciones antes expuestas para tener en cuenta en la fabricación de un producto y explotación es necesario tener en cuenta una serie de aspectos en el proceso de diseño con el objetivo de que no ocurran problemas irremediables en procesos posteriores de la producción. Un ejemplo de los pasos a tener en cuenta en un proceso de diseño lo podemos ver en la figura 1.12.

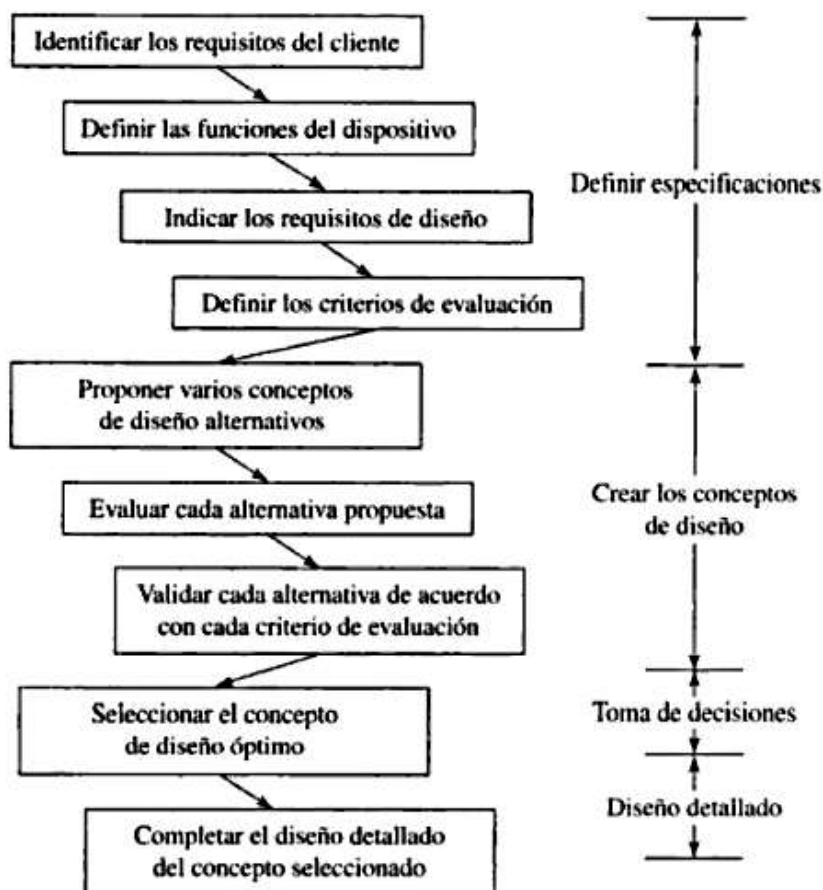


Figura 1.12. Pasos en el proceso de diseño (Mott, 2010).

1.7. Diseño de taladradoras

Los elementos de la máquina deben estar diseñados en base a las cargas reales de operación específicamente la columna, la cual estará sometida a los esfuerzos de corte ejercidos por la herramienta de corte, más el peso del conjunto que compone el cabezal y el peso del motor.

El diseño de los elementos, muchas veces resulta complejo en cuanto al cálculo de esfuerzos o desplazamientos y serian vanos si están basados en cargas incorrectas o si están mal definidas las características de diseño. A veces la resistencia de un elemento en un sistema es un asunto muy importante para determinar la configuración geométrica y las dimensiones que tendrá dicho elemento. En tal caso se dice que la resistencia es un factor importante de diseño. Cuando se usa la expresión consideración de diseño se está refiriendo a una característica que influye en el diseño de un elemento, o quizás, en todo el sistema. Generalmente se tienen que tomar en cuenta varios factores en un caso de diseño determinado. Algunos de los más importantes son los siguientes:

- Resistencia.
- Confiabilidad.
- Durabilidad.
- Costo.
- Seguridad.
- Peso.
- Forma.
- Rigidez.
- Acabado de superficies.

Algunos de estos factores se refieren directamente a las dimensiones, el material, al procesamiento o procesos de fabricación, o bien a la unión o ensamble de los elementos del sistema. Otros se relacionan con la configuración total del sistema (Norton, 2009).

1.8. El diseño asistido por computadora (CAD).

El diseño ha sido a lo largo de la historia el cálculo y análisis a la solución de un determinado problema teniendo como producto final una imagen gráfica. Esta imagen gráfica o dibujo por métodos tradicionales se elabora mediante papel y lápiz; con la informatización ascendente que se viene experimentando desde la década de los 70 surge una ciencia llamada gráfica por

computadora agrupando en ella varias ramas de los efectos gráficos aplicados a la computación los cuales han ido expandiéndose en la actualidad. Una de estas ramas viene ligada al diseño y tiene por nombre diseño asistido por computadora o CAD. Para ello se han creado software encargado de modelar los diseños teniendo un amplio campo en la actualidad tanto en dos como en tres dimensiones (Ramos, 2013).

El diseño asistido por computadora, más conocido por sus siglas inglesas CAD (*computer-aided design*), es el uso de un amplio rango de herramientas computacionales que asisten a ingenieros, arquitectos y diseñadores. El CAD es también utilizado en el marco de procesos de administración del ciclo de vida de productos (en inglés *product lifecycle management*). También se puede llegar a encontrar denotado con las siglas CADD (*computer-aided design and drafting*), que significan dibujo y diseño asistido por computadora. Estas herramientas se pueden dividir básicamente en programas de dibujo 2D y de modelado 3D. Las herramientas de dibujo en 2D se basan en entidades geométricas vectoriales como puntos, líneas, arcos y polígonos, con las que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Los modeladores en 3D añaden superficies y sólidos. Son muchos los softwares especializados en el mundo del diseño mecánico cada uno con ciertas ventajas y desventajas como son compatibilidad y transferencias de datos, personalización, velocidad y comodidad para el diseñador, etc. Teniendo como aplicaciones fundamentales:

- 1- Diseño conceptual y de detalle.
- 2- Generación de planos.
- 3- Ensamblajes.
- 4- Catálogo de piezas normalizadas.
- 5- Definición de tolerancias.
- 6- Representación realista (texturas).
- 7- Diseño de superficies.
- 8- Creación de matrices.
- 9- Piezas laminadas.
- 10- Conjuntos soldados.
- 11- Animaciones.

Las tendencias actuales de los sistemas CAD es que existen en el siglo XXI más de dos millones de usuarios en el mundo que utilizan CAD 2D conociéndose como los más relevantes calificados entre los software CAD de bajo rango están el *AutoCAD* y el *MicroStationModeler*. Existen otros tres millones de usuarios que utilizan CAD 3D cumpliendo con las exigencias de la ingeniería moderna. Algunos de estos softwares son el *Solid Edge*, *Mechanical Desktop*, *SolidWorks*, *Catia (P1)*, *ProEngineerFoundation*, *I-DEAS ArtisanPackage* y *Autodesk Inventor* calificándose todos ellos entre los de rango medio. Entre los softwares CAD 3D de alto rango se encuentran el *ProEngineer*, *Catia (P2)*, *I-DEAS*, y *Unigraphics* (Celigüeta, 2011).

1.8.1. SolidWorks.

El Software de diseño *SolidWorks* que será utilizado en esta investigación es el paquete de modelado geométrico más popular en el diseño mecánico hoy en día, además de ser uno de los más completos aplicado en la rama de la mecánica. Reconocidas firmas en el mundo lo utilizan. De ahí el hecho de ser una potente herramienta para el diseño paramétrico. Se considera que este software paramétrico junto a los otros es capaz de aumentar el rendimiento de diseño (comparado con el *AutoCAD*) hasta en un 40%. En la (figura 1.13) se muestra la distribución del mercado CAD lo que muestra que el software de diseño más utilizado es el *SolidWorks* (Robaq, 2014).

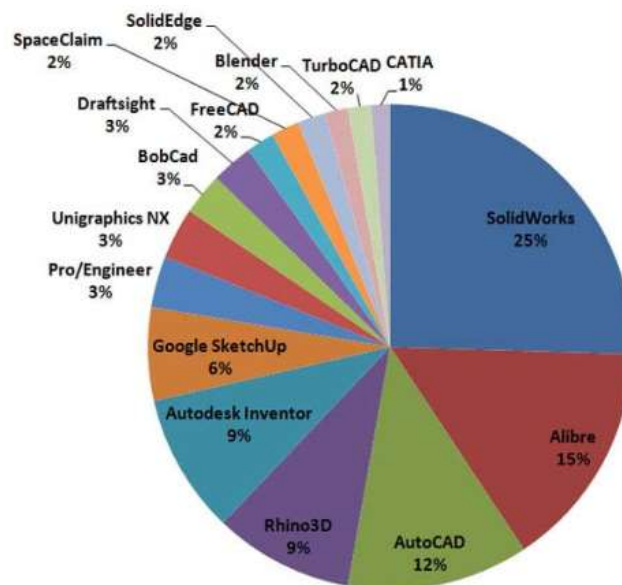


Figura 1.13. Distribución del mercado CAD (Allen *et al.*, 2009).

El diseño de la estructura de la taladradora vertical se realizará por medio del software de diseño mecánico *SolidWorks* en su versión 2016. El software utiliza el método de elementos finitos, el

análisis de elementos finitos, permite la construcción de diseños enteros, su refinación y la optimización de éstos antes de que el diseño sea manufacturado. Esta poderosa herramienta de diseño ha mejorado en gran forma, el estándar de diseños en ingeniería y la metrología del proceso del diseño en muchas aplicaciones industriales. La introducción del análisis de elementos finitos ha reducido el tiempo que se toma para llevar productos desde el concepto hasta la línea de producción (Phadnis *et al.*, 2013).

1.8.2. Introducción al método de los elementos finitos (MEF).

El método de los elementos finitos (MEF) ha adquirido una gran importancia en la solución de problemas ingenieriles, físicos, etc., ya que permite resolver casos que hasta hace poco tiempo eran prácticamente imposibles de resolver por métodos matemáticos tradicionales (Doménech, 2005).

Algunos de los métodos utilizados en la ingeniería han tenido gran aplicación en el mundo de los ordenadores. La existencia del método de los elementos finitos viene desde épocas remotas utilizado por matemáticos egipcios en la construcción de pirámides, este método fue desechado por su complejidad de solución para la mente humana, pero con la aparición de los ordenadores potentes en la década de los 80 han tenido gran difusión. De las ventajas de los métodos numéricos y en especial del MEF en el mundo industrial y su continuo progreso ha sido vital el requerimiento de potentes ordenadores para obtener un análisis cada vez más preciso y eficiente, ya que problemas de esta índole en el mundo de los métodos numéricos eran casi imposible su solución por medio del cerebro humano por la cantidad de cálculos complejos y el largo consumo de tiempo que necesitaban, ahora con la era de los ordenadores este tiempo se reduce considerablemente y seguirá reduciéndose a partir de la evolución de estos artefactos, solo dependiendo de crear los programas capaces de realizar dichos cálculos y llevar del lenguaje matemático a lenguajes de códigos de programación (Ramos, 2013).

El método descrito anteriormente es aceptado como el método de análisis estándar debido a su generalidad y la idoneidad para la aplicación informática. El método de elementos finitos divide el modelo en muchos pedazos pequeños de formas simple llamados elementos efectivos, sustituyendo un problema complejo por muchos problemas sencillos que se deben resolver simultáneamente. Los elementos comparten puntos comunes llamados nodos.

Cada nodo está completamente descrito por una serie de parámetros en función del tipo de análisis y el elemento utilizado (ver figura 1.14).

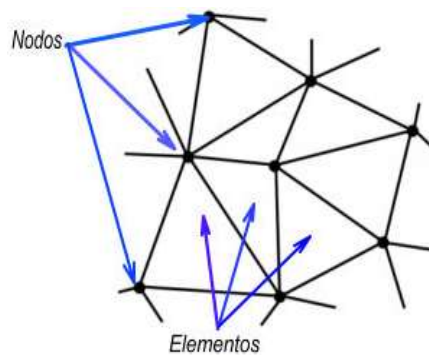


Figura. 1.14. Malla formada por elementos y nodos (Sarmiento *et al.*, 2010).

Para el análisis estructural, la respuesta de un nodo se describe, en general, por tres traslaciones y tres rotaciones, llamados grados de libertad. El software formula las ecuaciones que rigen el comportamiento de cada elemento teniendo en cuenta la conectividad con otros elementos. Estas ecuaciones refieren su respuesta a las propiedades del material conocido, las restricciones y cargas.

1.8.3. Análisis del *SolidWorks Simulation*.

Si a las cualidades antes señaladas del *SolidWorks* se le suma el hecho de que se le puede incorporar un paquete de análisis por elementos finitos que tiene por nombre *Simulation* a partir de su versión 2014, con ello no es necesario exportar el modelo, con lo que se gana en tiempo y se mantiene la integridad del mismo. El modelo puede ser modificado y re analizado en un momento dentro del mismo software. En lugar de crear manualmente estudios, mallar, ejecutar los diferentes tipos de análisis verificar los resultados. El *SolidWorks* junto con el *Simulation* no necesita de gran equipamiento técnico.

Este paquete tiene la capacidad de incluir propiedades de materiales personalizadas a la base de datos de materiales del software, establecer cargas y restricciones en superficies complejas, define contactos como uniones rígidas, sin penetración, zunchado, libre y pared virtual y el análisis de estudios estáticos, de fatiga, vibraciones, no lineal, frecuencia, pandeo, choque y optimización. Además es capaz de realizar los cálculos a los modelos a analizar con una elevada precisión en un corto período de tiempo (Ramos, 2013).

1.9. Propiedades de los materiales.

Al seleccionar los materiales para los productos, primero se consideran sus propiedades mecánicas, físicas y químicas (Lazar y Xirouchakis, 2013).

Propiedades mecánicas:

Las propiedades mecánicas son aquellas propiedades de los sólidos que se manifiestan cuando aplicamos una fuerza. Estas propiedades mecánicas de los materiales se refieren a la capacidad de los mismos de resistir acciones de cargas las cargas o fuerzas actúan momentáneamente que dichas cargas tienden a alterar sus propiedades como son:

Resistencia: Capacidad de soportar una carga externa si el metal debe soportarla sin romperse se denomina carga de rotura y puede producirse por tracción, por compresión, por torsión o por cizallamiento, habrá una resistencia a la rotura (kg/mm^2) para cada uno de estos esfuerzos.

Dureza: Propiedad que expresa el grado de deformación permanente que sufre un metal bajo la acción directa de una carga determinada. Los ensayos más importantes para designar la dureza de los metales, son los de penetración, en que se aplica un penetrador (de bola, cono o diamante) sobre la superficie del metal, con una presión y un tiempo determinados, a fin de dejar una huella que depende de la dureza del metal, los métodos más utilizados son los de Brinell, Rockwell y Vickers.

Elasticidad: Capacidad de un material elástico para recobrar su forma al cesar la carga que lo ha deformado. Se llama límite elástico a la carga máxima que puede soportar un metal sin sufrir una deformación permanente. Su determinación tiene gran importancia en el diseño de toda clase de elementos mecánicos, ya que se debe tener en cuenta que las piezas deben trabajar siempre por debajo del límite elástico.

Tenacidad: Resistencia a la rotura por esfuerzos de impacto que deforman el metal. La tenacidad requiere la existencia de resistencia y plasticidad.

Plasticidad: Capacidad de deformación permanente de un metal sin que llegue a romperse.

Fatiga: Si se somete una pieza a la acción de cargas periódicas (alternativas o intermitentes), se puede llegar a producir su rotura con cargas menores a las que producirían deformaciones.

Fluencia: Propiedad de algunos metales de deformarse lenta y espontáneamente bajo la acción de su propio peso o de cargas muy pequeñas.

Propiedades físicas:

Calor específico: Es la cantidad de calor necesaria para elevar en 1°C la temperatura de un kilogramo de determinada sustancia. El calor específico varía con la temperatura. En la práctica se considera el calor específico medio en un intervalo de temperaturas.

Dilatación: Aumento de tamaño de los materiales, a menudo por efecto del aumento de temperatura.

Punto de fusión: Es la temperatura a la cual un material pasa del estado sólido al líquido, transformación que se produce con absorción de calor.

Peso específico: El peso específico puede ser absoluto o relativo: el primero es el peso de la unidad de volumen de un cuerpo homogéneo. El peso específico relativo es la relación entre el peso de un cuerpo y el peso de igual volumen de una sustancia tomada como referencia; para los sólidos y líquidos se toma como referencia el agua destilada a 4°C (Lazar y Xirouchakis, 2013).

**CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS PARA EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA
DE UNA TALADRADORA VERTICAL DE BANCO.**

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS PARA EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE UNA TALADRADORA VERTICAL DE BANCO.

2.1. Introducción al Capítulo.

En el presente capítulo se abordará acerca del procedimiento para el diseño de la estructura de una taladradora vertical de banco, además se mencionarán las propiedades de los materiales que se utilizarán en la construcción de la estructura de la taladradora vertical. Para el diseño se hará uso de herramientas computacionales que facilitarán el trabajo, como el software de diseño mecánico *SolidWorks* en su versión 2016 y su complemento *Simulation* para el análisis de la estructura.

2.2. Procedimiento para diseñar la estructura de la taladradora vertical de banco.

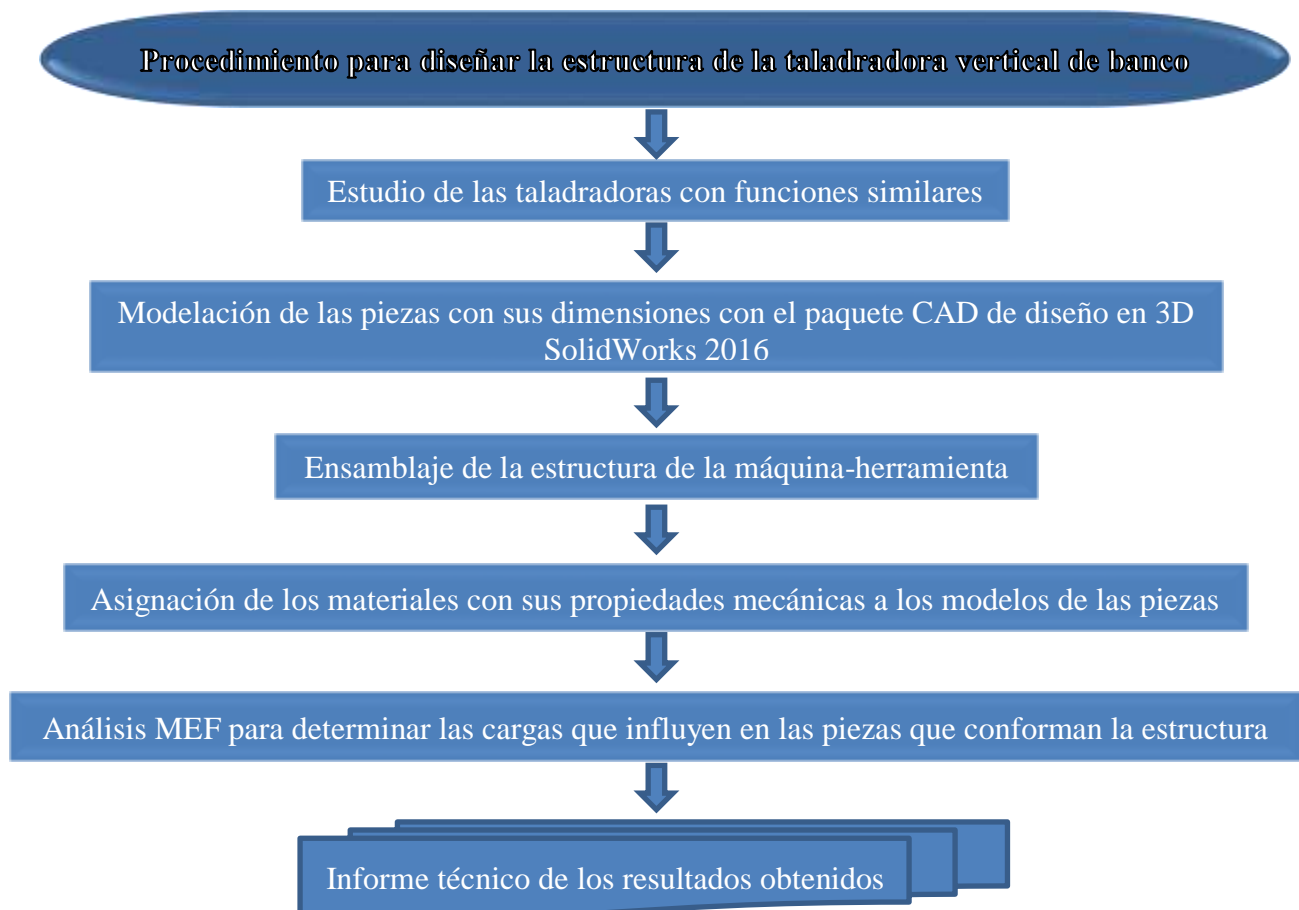


Figura. 2.1. Diagrama de flujo a seguir para el procedimiento del diseño de la estructura de la taladradora vertical de banco.

2.3. Estudio de las taladradoras verticales.

Para realizar el diseño de la estructura de la taladradora vertical de banco primeramente se realiza un estudio sobre máquinas taladradoras verticales, las características y formas de su estructura, se

desglosan los diferentes tipos de máquinas taladradoras, tamaño de las mismas, los diferentes métodos de fabricación de su estructura, formas de ensamblar los conjuntos de piezas que conforman la máquina. La estructura puede fabricarse de materiales fundidos de aceros al carbono o como en este caso con aceros estructurales, la fuente de energía de estas máquinas es la corriente eléctrica y su voltaje puede ser 110V o 220V este último es el más utilizado en las industrias. También se analizarán todas estas variables en conceptos de soluciones mediante una matriz morfológica, ajustando los resultados a las condiciones y requerimientos funcionales que exige el problema de investigación.

2.4. Modelación de las piezas con sus dimensiones en el paquete de diseño CAD 3D *SolidWorks* 2016.

Para modelación de la estructura de la taladradora vertical de banco se utilizará el software de diseño mecánico asistido por computadora *SolidWorks* en su versión 2016, siendo este una potente herramienta de diseño utilizado en el mundo y sobre todo en usuarios de habla hispana. En dicho software se modelaran en 3D (Tres Dimensiones) cada una de las piezas con que cuenta la estructura de la taladradora. Las piezas que conformarán definitivamente la estructura de la taladradora vertical de banco para pequeños talleres son las siguientes:

- Bancada.
- Columna.
- Mesa de trabajo.
- Cabezal o mecanismo para el movimiento principal.
- Tornillos.
- Soporte del motor.

2.5. Ensamble del modelo de la estructura de la taladradora vertical de banco.

Para el ensamble de cada uno de los modelos de piezas que conforman la estructura de la taladradora vertical se utilizará el módulo de ensamble del software de diseño mecánico *SolidWorks* 2016 aplicando relaciones de posición estándares y avanzadas entre cada una de las superficies que tienen relación entre sí.

2.6. Asignación de los materiales y sus propiedades mecánicas a los modelos de piezas.

Para la realización del estudio estático se le asignaron los materiales con sus propiedades mecánicas a cada una de las piezas que conforman el ensamble después de un estudio previo de cada material (ver Tabla 2.1).

Tabla 2.1- Materiales asignados las piezas modeladas.

Materiales	Piezas
Fundición gris	Bancada
ASTM A36	2 Perfiles de canal de acuerdo con la norma ISO
AISI 1045 estriado en frío	Columna
ASTM A36	Soporte del motor eléctrico
ASTM A36	Mesa de trabajo
ASTM A36	Soporte del mecanismo de avance del husillo
AISI 1035 (Acero SS)	Pernos

Estos materiales seccionados para la modelación es una propuesta para diseño de la estructura de la taladradora vertical. Todas las designaciones de los aceros al carbono están bajo las condiciones de la norma AISI (American Iron and Steel Institute).

2.7. Determinación de las cargas presentes en la columna de la taladradora vertical de banco.

Se determinó que la columna se comporta como una viga empotrada. Se utilizó la columna con dimensiones y propiedades mecánicas de una barra de acero AISI 1045 estriado en frío, para el cálculo se tomó una altura de 620 mm con un \varnothing 75 mm. Para determinar el momento en la columna, las reacciones actuantes en ella, los máximos esfuerzos y desplazamientos en la columna.

Debido a que conocemos con exactitud el peso de cada uno de los elementos y su centro de gravedad y las propiedades del material seleccionado se puede calcular el momento en la columna y realizar los diferentes cálculos con las fórmulas siguientes. Las cargas se colocarán en centro del eje del motor y sobre centro del husillo como se detalla sobre en la figura 2.2.

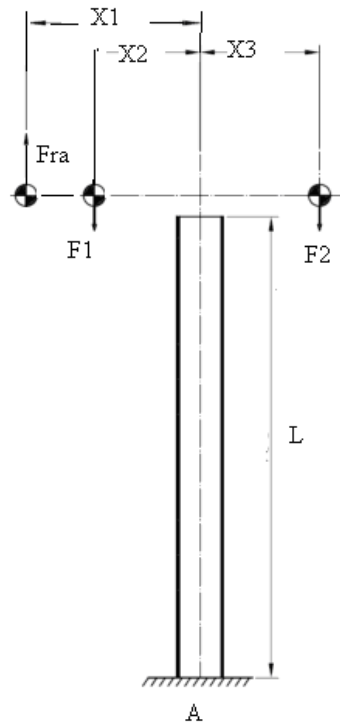


Figura 2.2. Distribución de las cargas en la columna.

Dónde:

F_{ra} – Es la fuerza de reacción que se le opone a la fuerza axial producida por la herramienta de corte en el momento que se efectúa la operación de taladrado.

F_1 – Es el peso del cabezal.

F_2 – Es el peso del motor más el soporte donde va ubicado el mismo.

X_1 – Es la distancia en el eje X en la parte negativa del sistema de coordenada del centro de masa del cabezal.

X_2 – Es la distancia que existe desde el centro de la columna al centro del husillo.

X_3 – Es la distancia en el eje X en la parte positiva del sistema de coordenada del centro de masa del soporte del motor junto con el motor.

L – Es la altura de la columna.

2.7.1. Cálculo de las fuerzas resultantes en A.

En la figura 2.3 se muestra la ubicación de las cargas en la columna de ahí se obtienen las formulas siguientes de fuerzas y momentos.

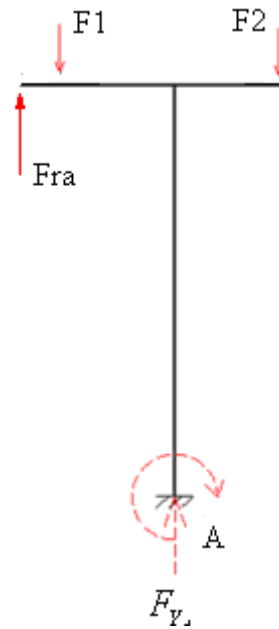


Figura 2.3. Diagrama de esfuerzos en la columna.

$$\sum F_Y = 0 \quad (2.1)$$

$$F_a - F1 - F2 + F_{Y_A} = 0$$

$$F_{Y_A} = F1 + F2 - F_a$$

$$\sum M_A = 0 \quad (2.2)$$

$$M_A = -(F1 \times X2) + (F_a \times X1) + (F2 \times X3)$$

2.7.2. Cálculo de resistencia a la columna.

- Cálculo de resistencia a compresión se realiza de acuerdo con la ecuación siguiente:

$$\sigma_{compresión} = \frac{F}{A} \quad (2.3)$$

Dónde:

A es el área de la sección transversal.

F es la fuerza resultante.

Cálculo de resistencia a flexión se realiza de acuerdo con la ecuación siguiente:

$$\sigma_{flexión} = \frac{M_{flector}}{W} \quad (2.4)$$

Dónde:

W es el módulo de la sección

Combinación de tensiones

$$\sigma = \sigma_{\text{compresión}} + \sigma_{\text{flexión}}$$

Comprobación del coeficiente de seguridad según la teoría de la tensión cortante máxima según (Deutschman, Michels et al. 1991).

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{\sigma_F}{N} = \sqrt{\left(\frac{\sigma}{2}\right)^2 + \tau^2} \quad (2.5)$$

Dónde:

σ_F Es el límite de fluencia

τ Es las tensiones tangenciales que se hace cero por no estar presentes.

2.8. Mallado de los modelos de piezas involucrados en el análisis.

En este paso es una de las operaciones de mayor importancia en un análisis por elementos finitos y de mucho cuidado, de ella dependen mucho los resultados finales de la simulación y su posterior interpretación. Para el diseño de la estructura de la taladradora vertical de banco se determinó realizar un solo estudio a la columna con sus dimensiones para luego compararlo con otra metodología de cálculo, en este caso se tuvo en cuenta el peso del motor eléctrico, el peso de conjunto del desplazamiento de husillo y la fuerza producida por la herramienta de corte cuando se está realizando la operación de taladrado, con el objetivo de comprobar si el material escogido resiste o no a las cargas de trabajo a la que va a estar sometida. Para el mallado del estudio se tiene en cuenta el tamaño del elemento y la tolerancia entre elementos.

2.8.1. Estudio del modelo de la estructura de la taladradora vertical de banco por el Método de los Elementos Finitos (MEF).

Una vez modelada la columna de la estructura de la taladradora vertical se procede a realizar el estudio estructural del modelo por el método de los elementos finitos, siendo este uno de los métodos numéricos de mayor utilización en la actualidad con fines ingenieriles teniendo su implementación en ordenadores mediante softwares especializados. Para esta investigación se utilizará el módulo de cálculo por elementos finitos con que consta el *SolidWorks* en su versión

2016, que tiene por nombre *SolidWorks Simulation*, un componente de la herramienta de cálculo utilizada en los momentos actuales de la ingeniería. Para el análisis se realizó el estudio estático desde el punto de vista estructural para determinar tensiones, desplazamientos y factores de seguridad en la columna componente principal en la estructura.

En el estudio que se le realizará a la columna es con el objetivo de calcular las tensiones, desplazamientos y para demostrar que el material y el diámetro escogido de la columna es el correcto. Para ello la columna se comporta como una viga empotrada. Con este estudio se simplifica el modelo siendo esto uno de los principios fundamentales a la hora de realizar un cálculo por elementos finitos.

2.8.2. Asignación de las cargas y restricciones presentes en el modelo de la columna de la taladradora vertical.

Después de un estudio en máquinas similares y el comportamiento de la columna de una taladradora vertical se determinó que la columna se comporta como un viga empotrada. Se modeló la columna con las dimensiones normalizadas de una barra de acero AISI 1045 estriado en frío con un $\varnothing 75$ mm, para la simulación se tomó una altura de 620 mm. Para determinar los máximos esfuerzos y desplazamientos en la columna. En el estudio realizado a la columna se modelaron las cargas remotas paralela a la columna.

**CAPÍTULO III. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA
ESTRUCTURA DE LA TALADRADORA VERTICAL DE BANCO.**

CAPÍTULO III: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE LA TALADRADORA VERTICAL DE BANCO.

3.1. Introducción al Capítulo.

En este capítulo se analizará el resultado de los cálculos realizados en el capítulo 2 y el estudio a la columna de la taladradora vertical de banco. Se hará referencia a los resultados principales, donde se demuestra que los elementos que conforman la estructura de la taladradora vertical de banco resistirán los esfuerzos a que serán sometidos.




3.2. Estudio de la variante de diseño a utilizar para modelar el equipo.



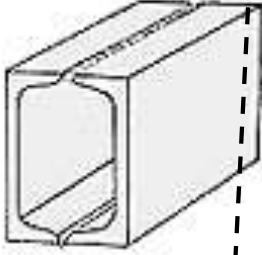
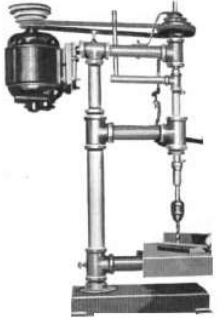
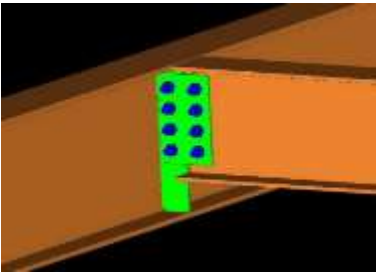

Seguidamente se planteará los posibles conceptos de solución a seguir para obtener la variante final a diseñar del prototipo de taladradora vertical de banco para pequeños talleres y negocios locales.

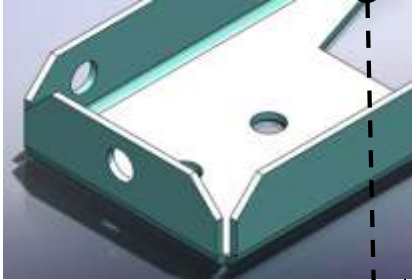


- Concepción de un principio de solución

Para lograr el diseño de la estructura de la taladradora vertical de banco se realizó a través de la matriz morfológica que es uno de los diferentes métodos de diseño mecánico (Ver Tabla 3.1) la cual permite la obtención de la solución por la combinación sistemática de un conjunto de conceptos posibles.

Tabla 3.1. Matriz morfológica para el principio de solución de la taladradora vertical de banco.

Denominación	Soluciones		
	1	2	3
Tamaño de la taladradora	<p>Pequeña</p> 	<p>Mediana</p> 	<p>Grande</p> 

<p>Diámetros a taladrar</p>	<p>Diámetros pequeños de 0.25mm hasta 12mm</p> 	<p>Diámetros Medianos Hasta 25mm</p>	<p>Diámetros Grandes Hasta 75mm y más</p>
<p>Método de fabricación</p>	<p>Tipo 1 Por fundición.</p> 	<p>Tipo 2 Con perfiles metálicos.</p> 	<p>Tipo 3 Con tuberías hidráulicas</p> 
<p>Mecanismo de Ensamble de los subconjuntos</p>	<p>Por uniones roscadas</p> 	<p>Por uniones roscadas y soldadas</p>	<p>Por uniones soldadas</p> 

<p>Características del material a taladrar</p>	<p>Chapa metálica de espesor pequeño</p> 		
	<p>Sistema de suministro de energía</p>	<p>Energía eléctrica (Termoeléctrica)</p> 	<p>Energía fotovoltaica</p> 
<p>Combinaciones de los principios de solución de la estructura de la taladradora vertical.</p>			

Para el tamaño de la máquina se tuvieron en cuenta tres principios solución, máquinas pequeñas, medianas y grandes. Para el diámetro a taladrar se analizaron tres variables diámetros pequeños, diámetros medianos hasta 25mm y diámetros grandes hasta 75mm y más. En el caso del método de fabricación de la estructura de la taladradora vertical se tuvieron en cuenta dos posibles soluciones por fundición y utilizando perfiles metálicos. En el caso mecanismo de ensamble de los subconjuntos, se proponen tres vías, la primera mediante uniones roscadas, la segunda mediante uniones soldadas y roscadas y la tercera por soldadura. En el caso de las características del material a taladrar se consideraron las chapas metálicas de espesores pequeños. Mientras que el suministro de energía fue la corriente eléctrica. Quedando lo anteriormente representado en la tabla 3.1. Una vez establecidos los diferentes principios de solución para desarrollar el diseño de la estructura de la taladradora vertical, se calculó el número total de combinaciones posibles de conceptos, a partir de la ecuación (3.1) que se muestra a continuación.

$$TCS = \prod_{p=1}^{P_{MX}} NúnSol \quad 3.1$$

$$TCS = 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 1 \times 3$$

$$TCS = 243$$

Dónde: **TCS** son las posibles combinaciones que tendremos que analizar y escoger una entre ellas.

Se obtienen 243 posibles conceptos, como soluciones teóricas para el caso que se analiza de la estructura de la taladradora vertical de banco para pequeños talleres locales.



3.2.1. Evaluación de la factibilidad del principio de solución

En la Tabla 3.2 se muestran los conceptos factibles para realizar el diseño básico y de detalle de la estructura de la taladradora vertical de banco para pequeños talleres locales.

Tabla 3.2. Soluciones factibles de diseño del prototipo de la estructura de la taladradora vertical de banco.

Denominación	Soluciones		
	1	2	3
Tamaño Máquina	Pequeña	Mediana	Grande

<p>Diámetros a taladrar</p>	<p>Diámetros pequeños de 0.25mm hasta 12mm</p>	<p>Diámetros Medianos Hasta 25mm</p>	<p>Diámetros Grandes Hasta 75mm y más</p>
<p>Método de fabricación</p>	<p>Tipo 1 Con tuberías hidráulicas</p>	<p>Tipo 2 Con perfiles metálicos</p>	<p>Tipo 3 Por fundición.</p>
<p>Mecanismo de Ensamble de los subconjuntos</p>	<p>Por uniones soldadas y roscadas</p>	<p>Por uniones roscadas</p>	<p>Por uniones soldadas</p>
<p>Características del material a taladrar</p>	<p>Chapa metálica de espesor pequeño</p>		
<p>Sistema de suministro de energía</p>	<p>Corriente eléctrica</p>	<p>Energía fotovoltaica</p>	<p>Energía por biocombustibles</p>
<p>Combinaciones de los principios de solución</p>			

Leyenda:  Variantes de solución 1.
 Variante de solución 2.

Para demostrar las posibles variantes a desarrollar en la investigación, se mostrarán dos conceptos, de los 243 posibles conceptos.

Variante de Concepto 1 = Tamaño Pequeña + Diámetros pequeños de 0,25 mm hasta 12 mm + Fabricación con perfiles metálicos + Mecanismo de ensamble de los subconjuntos por uniones soldadas y roscadas + chapa metálica de espesor pequeño + Corriente eléctrica.

Variante de Concepto 2 = Tamaño mediana + Diámetros medianos hasta 25 mm + Fabricación con tuberías hidráulicas + Método de ensamble de los subconjuntos por unión roscada + Chapa metálica de espesor pequeño + Corriente eléctrica.

De esta forma se pudo disponer de variantes de elementos para el diseño de la estructura de la taladradora vertical de banco, como referencia para someter a la evaluación conceptual de soluciones y determinar cuál de ellas cumple con los requerimientos funcionales que satisfacen las necesidades de las chapas a taladrar. Desarrollando como prototipo para esta investigación el diseño de la variante de concepto 1 debido a que es más económica a la hora de la fabricación que la variante de solución 2.

3.3. Modelos de las piezas que conforman del diseño de la estructura de una taladradora vertical de banco.

Las piezas pertenecientes a la taladradora vertical se modelaron en software de diseño mecánico *SolidWorks* 2016. La estructura de la taladradora vertical consta de tres subconjuntos los cuales se describirán e ilustraran posteriormente. La estructura cuenta con un modelo del componente que representa la columna elemento fundamental en la estructura de la máquina debido a que este elemento es el que soporta el peso del mecanismo de avance del husillo, el peso del soporte del motor más el motor y es el que va a estar sometido a las cargas producidas por la herramienta de corte cuando se lleve a cabo la operación de taladrado. (Ver figura 3.1).

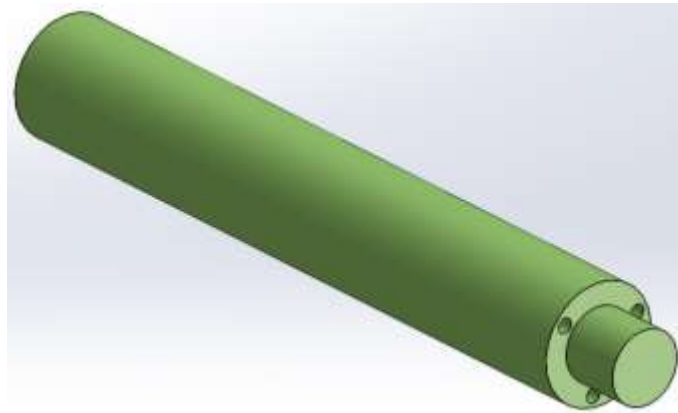


Figura. 3.1. Modelo en 3D de la columna de la estructura de la taladradora vertical.

La columna tiene como características que es una barra de acero denominado un AISI 1045 estriado en frío, tiene una longitud de 620 mm con un diámetro de 75 mm.

Se modeló la bancada en el software con sus dimensiones normalizadas, debido a que este elemento es perteneciente a una báscula tipo PH 100 13Y lo cual es factible a la hora de fabricar la máquina herramienta debido a que es un componente menos el que hay que diseñar y fabricar, tiene como características que es un material fundido (ver figura 3.2).

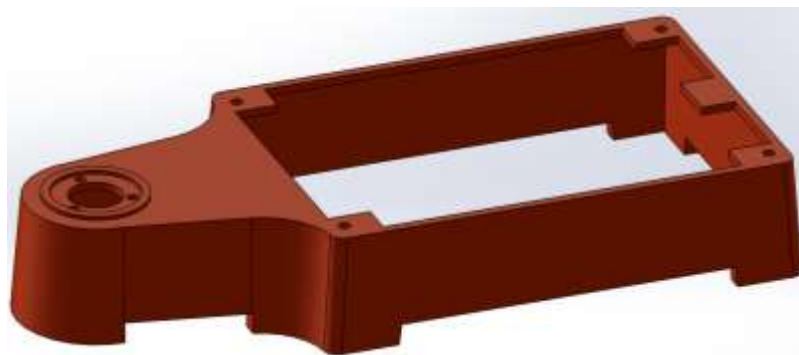


Figura. 3.2. Modelo en 3D de la bancada de la estructura de la taladradora vertical.

La mesa de trabajo está compuesta por planchuelas de 65 X 12 mm y 70 X 10 mm, y plancha de 10 mm según (NC57-39:84, 1984). Estas tienen como características que son aceros estructurales y su denominación es ASTM A36 (ver figura 3.3).



Figura. 3.3. Modelo en 3D de la mesa de trabajo de la estructura de la taladradora vertical.

Los dos elementos descritos anteriormente son unidos mediante cuatro pernos (ver figura 3.4), conformando un subconjunto que es importante en la estructura de la taladradora vertical debido a que le aporta da rigidez y estabilidad a la estructura.



Figura. 3.4 Modelo en 3D de los pernos utilizados para unir la mesa de trabajo y la bancada de la estructura de la taladradora vertical.

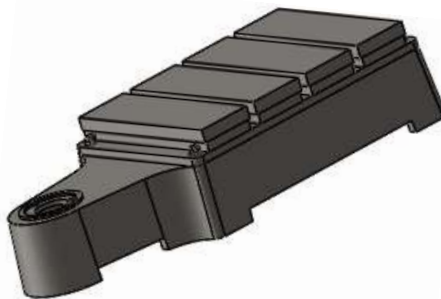


Figura. 3.5. Ensamble de la bancada de la estructura de la taladradora vertical.

El cabezal está compuesto de cuatro componentes, el primero es el buje deslizante que tiene como características que es de acero estructural de diámetro exterior de 90 mm e interior de 75 mm con una longitud de 150 mm, su designación es un ASTM A36, a él se le sueldan cuatro perfiles metálicos circular de diámetro exterior de 25 mm e interior de 16 mm con una longitud de 60 mm y su designación es un ASTM A36 (ver figura 3.6).



Figura. 3.6. Modelo en 3D buje de la estructura de la taladradora vertical.

El segundo componente son dos perfiles metálicos tipo C que son unidos mediante soldadura, estos tienen como característica que son de acero estructural este perfil se tomó del *toolbox* o biblioteca de herramientas del software de diseño mecánico *SolidWorks* 2016 de acuerdo con la norma ISO seleccionándose un CH 80 x 8 con una longitud de 250 mm, la designación del material es ASTM A36 (ver figura 3.7).



Figura. 3.7. Modelo en 3D del perfil tipo C de la estructura de la taladradora vertical.

La tercera parte componente del cabezal es el soporte del mecanismo de avance del husillo, este tiene como características que es un perfil circular de \varnothing exterior de 75 mm y \varnothing interior de 64 mm (ver figura 3.8).



Figura. 3.8. Modelo en 3D del soporte del mecanismo de avance de la estructura de la taladradora vertical.

Todos los subconjuntos descritos anteriormente conforman el cabezal como se puede ver en la (figura 3.9).

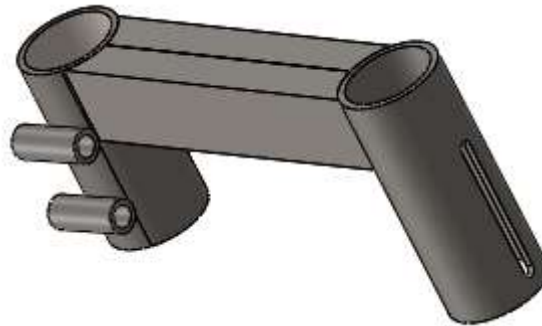


Figura. 3.9. Modelo en 3D del ensamble del cabezal de la estructura de la taladradora vertical.

Un subconjunto fundamental en la estructura es el soporte del motor que tiene como características que está conformado por cinco elementos una plancha que tiene 150 mm x 140 mm con un espesor de 10 mm, tiene cuatro barras de 16 Ø x 150 mm de longitud, donde dos de estas barras son roscadas por la norma ISO M16 x 1,5 con el objetivo de regular la transmisión por correas de la taladradora (ver figura 3.10).



Figura. 3.10. Modelo en 3D del ensamble del soporte del motor de la estructura de la taladradora vertical

Con todos las piezas y subconjuntos modelados en el software de diseño mecánico *SolidWorks 2016* se ensamblaron todos los componentes con las relaciones de posiciones para el ensamble de cada uno de los modelos que conforman la estructura de la taladradora vertical, se utilizó el módulo de ensamble del software *SolidWorks 2016* aplicando relaciones de posición estándares y avanzadas entre cada una de las superficies que tienen relación entre sí (ver figura 3.11).

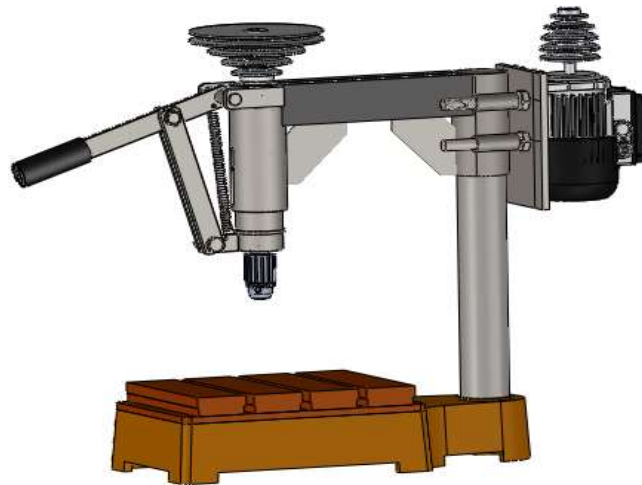


Figura. 3.11. Modelo en 3D de la estructura ensamblada de la estructura de la taladradora vertical para pequeños talleres locales.

3.4. Asignación de los materiales y sus propiedades mecánicas a los modelos de piezas que conforman la estructura de la taladradora vertical de banco.

Para las propuestas de materiales utilizados en la estructura de la taladradora vertical se tuvieron en cuenta sus propiedades mecánicas teniendo en cuenta el módulo elástico, el coeficiente de Poisson, módulo a la cortante, densidad del material, el límite a la tracción, límite a la compresión y el límite elástico. Este material fue asignado a la columna, las propiedades mecánicas del acero aleado se pueden observar en la Tabla 3.3.

Tabla 3.3- Propiedades mecánicas del acero AISI 1045 (Design-System, 2010).

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	205	GPa
Coficiente de Poisson	0,29	
Módulo cortante	80	MPa
Densidad de masa	7850	kg/m ³
Límite de tracción	625	MPa
Límite elástico	530	MPa

En la tabla 3.4 se puede apreciar las propiedades mecánicas del acero ASTM A36 material asignado algunas partes componentes como es el buje deslizante, los perfiles tipo C, la mesa de trabajo y el soporte del mecanismo de avance del husillo.

Tabla 3.4- Propiedades mecánicas del acero ASTM A36 (Design-System, 2010).

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	200	GPa
Coefficiente de Poisson	0,26	
Módulo cortante	79,3	MPa
Densidad de masa	7850	kg/m ³
Límite de tracción	400	MPa
Límite de compresión	152	MPa
Límite elástico	250	MPa

En la tabla 3.5 pueden ser apreciadas las propiedades mecánicas de la fundición gris, con la designación ASTM A48-94a material asignado en este prototipo a la bancada según lo expresado en la tabla 2.1.

Tabla 3.5- Propiedades mecánicas de la fundición gris (Design-System, 2010).

Propiedad	Valor	Unidades
Módulo elástico	83	MPa
Coefficiente de Poisson	0,31	
Módulo cortante	47,6	GPa
Densidad de masa	7480	kg/m ³
Límite de tracción	138	MPa
Límite de compresión	552	MPa
Límite elástico	221	MPa

3.5. Resultado de los cálculos de resistencia realizado a la columna de la taladradora vertical.

En este caso solo se le realizaran los cálculos a la columna porque es el elemento que va a soportar todo el peso del cabezal junto con el peso de motor y su soporte, además de la reacción de la fuerza axial cuando se está realizando la operación de taladrado.

Resultado de la reacción en la columna.

$$\sum F_{YA} = 1481,126N$$

Resultado del cálculo del momento flector en la columna.

$$\sum M_A = 25738,716N \cdot mm$$

Resultado del cálculo de resistencia a compresión que se realizó de acuerdo con la ecuación (2.3).

$$\sigma_{compresión} = \frac{1481,126N}{\frac{\pi \cdot (75mm)^2}{4}}$$

$$\sigma_{compresión} = 0,335 \frac{N}{mm^2}$$

Resultado del cálculo de resistencia a flexión que se realizó de acuerdo con la ecuación (2.4).

$$\sigma_{flexión} = \frac{25738,716N \cdot mm}{\frac{\pi \cdot (75mm)^3}{16}}$$

$$\sigma_{flexión} = 21,735 \frac{N}{mm^2}$$

Combinación de tensiones, esto se realiza por que la columna está sometida a flexión y compresión.

$$\sigma = 0,335 \frac{N}{mm^2} + 21,735 \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma = 22,07 \frac{N}{mm^2}$$

Resultado de la comprobación del coeficiente de seguridad según la teoría de la tensión cortante máxima o lo que es lo mismo que el factor de seguridad.

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{530 \frac{N}{mm^2}}{N} = \sqrt{\left(\frac{22,07 \frac{N}{mm^2}}{2} \right)^2 + 0^2}$$

$$N = 24,014$$

Lo cual indica que el factor de seguridad de la columna es aceptable.

3.6. Mallado de los estudios realizados a la estructura de la taladradora vertical de banco.

La operación de mallado es uno de los pasos más importantes para realizar un análisis por el método de los elementos finitos, de hecho de este paso depende la ejecución del cálculo, ya que si el modelo no se logra mallar satisfactoriamente no es posible realizar el cálculo del modelo a analizar. En el mallado para este estudio solo se realizará a columna debido a que es el elemento más importante de la estructura porque es el que soporta el cabezal, el soporte del motor y además va a estar sometido a la reacción de la fuerza axial cuando se esté realizando el proceso de taladrado. En este paso es necesario tener conocimientos elementales sobre los parámetros de mallado como el tipo de malla, las piezas a mallar involucradas en el análisis así como la relación de tamaño entre ellas, la tolerancia entre los elementos y el tamaño de estos. Para el análisis de la estructura de la taladradora vertical se tuvo en cuenta como se expresó en el capítulo 2 el estudio a la columna para calcular los máximos desplazamientos y tensiones. Para el mallado de la columna se realizó un mallado estándar sólido tetraédrico con un tamaño por elemento de 12 mm y una tolerancia de 0,640557 mm. Los resultados obtenidos con estos parámetros fueron los siguientes:

- Total de elementos: 6 445
- Total de nodos: 10 346

En este caso solo se malla la columna debido a que es el único elemento al que se le realizará el estudio por el método de los elementos finitos.



Figura. 3.12. Modelo de la columna en 3D mallada de la estructura de la taladradora vertical.

3.7. Análisis de los resultados obtenidos en el estudio por el método de los elementos finitos realizado a la columna de la taladradora vertical de banco.

En los informes de los estudios realizados se tomaron en cuenta según los resultados de un estudio estructural de este tipo las tensiones equivalentes de Von Mises, las tensiones normales en el eje (Z) donde se aplicaron las cargas, los desplazamientos resultantes, los desplazamientos en el eje (Z) y el factor de seguridad de la columna con los esfuerzos considerados en el estudio.

En este paso del procedimiento se define el análisis realizado al modelo de la columna componente principal de la estructura de la taladradora vertical, también se pudo determinar si esta es funcional estructuralmente o no, si el material asignado fue el correcto, además se muestra la ubicación así como la intensidad de las cargas presentes en el estudio y la ubicación de las restricciones.

3.7.1 Representación de las cargas y restricciones.

En el estudio realizado a la columna se le aplicó tres cargas remotas, la primera en el lugar dónde está ubicado el husillo que esta es la reacción que se le opone a la fuerza axial y la segunda donde está ubicado el centro de masa del cabezal y la tercera donde está ubicado el centro de masa del soporte del motor junto con el motor como lo muestra la figura 3.14 con las flechas de color rojo. Las restricciones aplicadas a la columna se ubicaron en el extremo inferior de la columna donde este es fijado mediante una unión roscada a la bancada, mostrándose en la figura 3.13 con las flechas verdes, simulándose como una unión fija.

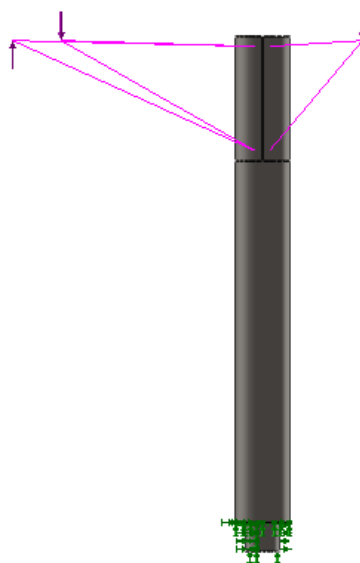


Figura 3.13. Representación de la carga y las restricciones en la columna.

3.7.2. Resultados obtenidos en el estudio por el método de los elementos finitos.

Tensión de von Mises se expresan como un valor escalar proporcional a la energía de deformación elástica de distorsión, además de ser las resultantes de las componentes de las tensiones máximas en los tres ejes de coordenadas. La teoría del fallo elástico plantea que el material comienza ceder en una determinada ubicación cuando la tensión de von Mises es igual al límite de tensión. En la mayoría de los casos el límite elástico se utiliza como el límite de tensión. La tensión de Von Mises y el *criterio de fallo elástico* asociado debe su nombre a *Richard Edler von Mises (1913)* propuso que un material dúctil sufría fallo elástico cuando la energía de distorsión elástica rebasaba cierto valor. Sin embargo, el criterio fue claramente formulado con anterioridad por *Maxwell* en 1865 más tarde también *Huber (1904)*, en un artículo en polaco anticipó hasta cierto punto la teoría de fallo de Von Mises. Por todo esto a veces se llama a la teoría de fallo elástico basada en la tensión de Von Mises como teoría de *Maxwell-Huber-Hencky-von Mises* y también teoría de fallo J_2 (Martí, 2009).

Se conocen como teorías de fallo (o falla) elástico o criterios de fallo (o falla) elástico a los criterios usados para determinar los esfuerzos estáticos permisibles en estructuras o componentes de máquinas. Se utilizan diversas formulaciones, dependiendo del tipo de material que se utiliza. Los criterios de fallo elástico establecen diferentes aproximaciones para diferentes materiales que permiten realizar el diseño de manera correcta. La ocurrencia de fallo

elástico no implica en muchos casos la rotura de la pieza, ese otro caso requiere el estudio mediante *mecánica de la fractura* (Martí, 2009).

Las tensiones se encontraron en un rango de 0,002 MPa a 21,399 MPa y estos valores pueden ser apreciados en la figura 3.15 teniendo estos un valor máximo de 21,399 MPa y estando ubicado en un la zona del medio de la columna por debajo del buje. Estos valores no sobrepasan el límite elástico lo cual significa que el material escogido resiste a las cargas que va a estar sometida. En la figura 3.15 se puede apreciar las tensiones en la columna después de haberle aplicado las cargas.

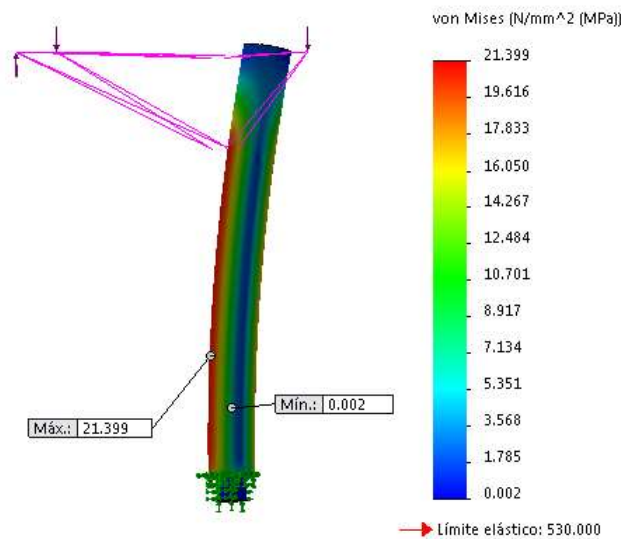


Figura 3.14. Representación de las tensiones de von Mises presentes en la columna de la taladradora vertical.

Se puede apreciar que la máxima concentración de las tensiones se encuentra en el área del centro de la columna por debajo del buje, el resultado es esperado debido a que las cargas están a la altura del casquillo. Las tensiones son prácticamente despreciables pero se le debe prestar particular atención por la importancia que tiene para el correcto funcionamiento de la estructura de la taladradora vertical de banco.

Las tensiones normales en el eje donde fueron aplicadas las cargas en el estudio estuvieron en un rango de -21,410 MPa a 23,192 MPa interpretándose como las tensiones máximas las de 23,192 MPa estando con signo positivo. Estas tensiones se encuentran en el centro de la

columna y a lo largo de ella por debajo del buje (ver figura 3.15) Estas tensiones están por debajo del límite elástico de la columna.

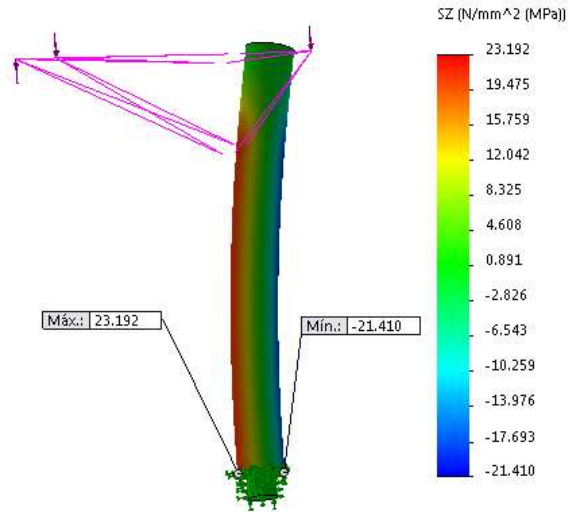


Figura 3.15. Representación de tensiones normales en el eje Z donde fueron aplicadas las cargas.

Los desplazamientos resultantes en la columna se encontraron en un rango de 1 a 5,22 mm como se muestra en la (figura 3.16), también se puede apreciar el valor máximo y mínimo de estos desplazamientos y su ubicación.

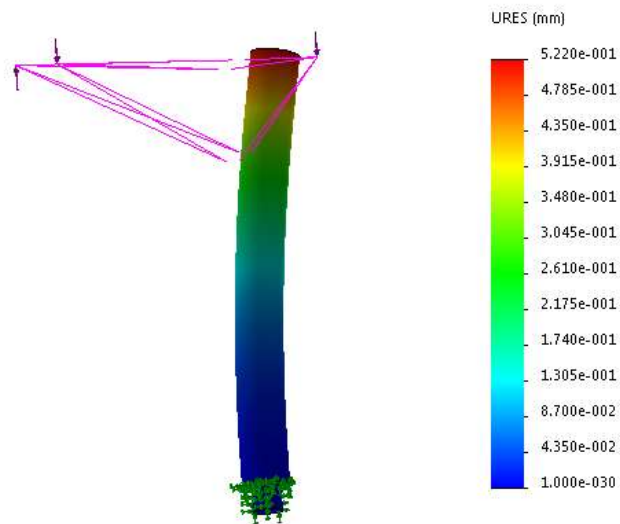


Figura 3.16. Representación de los desplazamientos resultantes presentes en la columna de la taladradora vertical.

Los desplazamientos en el eje donde fueron aplicadas las cargas estuvieron en un rango de -5 mm a 5,23 mm como se muestra en la figura 3.17.

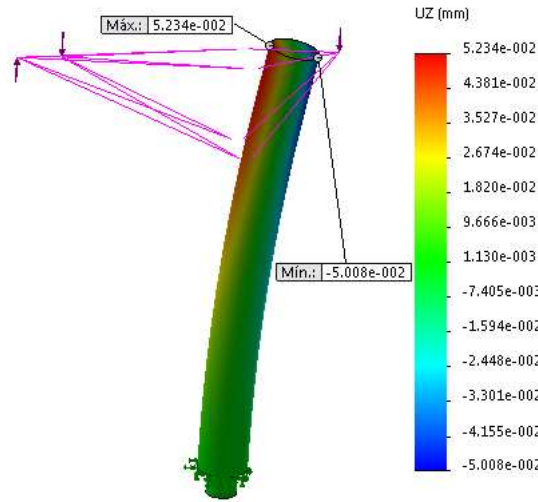


Figura 3.17. Representación de los desplazamientos en el eje donde fueron aplicadas las cargas presentes en la columna de la taladradora vertical.

En el análisis del factor de seguridad en la columna componente de mayor importancia implicado en el estudio. En este caso se analizó el factor de seguridad de la columna. En la figura 3.18 se puede apreciar el factor de seguridad mínimo y máximo en la columna siendo el mínimo de 2,477 y el máximo de 2,607.

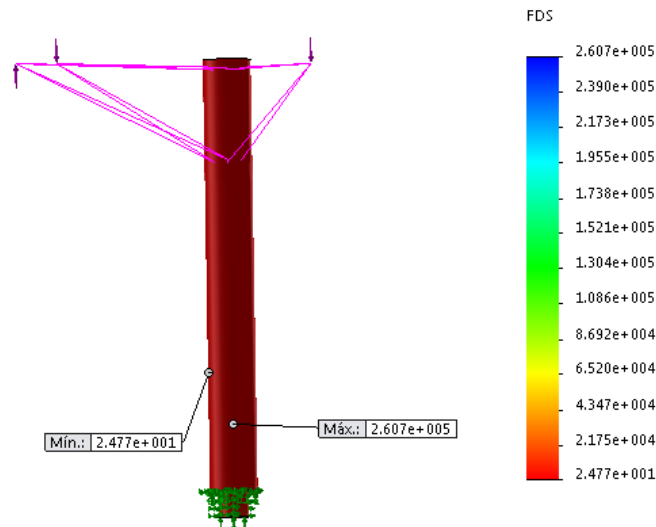


Figura 3.18. Representación del factor de seguridad en la columna de la taladradora vertical.

Una vez analizados los resultados del estudio estructural de análisis por elementos finitos realizados al modelo de la columna y los cálculos de resistencia de acuerdo a las teorías de resistencias al modelo de la columna de la estructura de la taladradora vertical se pudo apreciar que desde el punto de vista estructural resiste a los esfuerzos a los que estará sometido en su destino de servicio por lo que los materiales y las dimensiones propuestos son idóneos para la fabricación de la columna, componente fundamental del prototipo de la estructura de la taladradora vertical de banco para pequeños talleres locales.

CONCLUSIONES

1. Se analizó en un sistema CAE el comportamiento de las cargas actuantes en la columna de la estructura de la taladradora vertical quedando demostrado que el modelo de la columna de la estructura resiste las cargas a las que estará sometido durante el cumplimiento de su destino de servicio.
2. Se realizó la concepción del principio de solución a través de una matriz morfológica obteniendo 243 conceptos de soluciones de los cuales fueron analizados dos determinando la variante de concepto 1 para el diseño de la estructura de la taladradora vertical de banco, siendo esta variante la más económica de fabricar.
3. Se obtuvo la modelación, en un sistema CAD, de las piezas principales pertenecientes a la estructura de la taladradora vertical; así como su ensamble y el diseño final del equipo.
4. Se realizó el diseño de la estructura del prototipo de taladradora vertical de banco.

RECOMENDACIONES

- Experimentar con otra variante de diseño de la estructura de la taladradora vertical para determinar su comportamiento mecánico bajo las condiciones de servicio.
- Realizar, en base a la documentación técnica obtenida, la fabricación de la estructura de la taladradora vertical diseñada.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, D.; M. O'DONNELL; R. WILLIAMS; T. BAUMAN y J. POPE: *Solidwork you mob are doing: Case Studies in Indigenous Dispute Resolution & Conflict Management in Australia*, Ed. National Alternative Dispute Resolution Advisory Council, 2009.
- ANDERSON, J. C.: "Materiales de Ingeniería y sus Aplicaciones": 2000.
- ASKELAND, D. R.: "Curso de Procesos, Manufactura fresado y taladrado ": 1998.
- AUDY, J.: "A study of computer assisted analysis of effects of drill geometry and surface coating on force and power in drilling", *Journal of Materials Processing Technology*, 204(5): 130-138, 2008.
- BARRIO, S.: *Diseño y cálculo de un taladro de columna*, Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Industrial, Universidad de Zaragoza, 2010.
- BORDIN, F. M. y R. P. ZEILMANN: "Effect of the Cutting Edge Preparation on the Surface Integrity after Dry Drilling", *Procedia CIRP*, 13(0): 103-107, 2014.
- BRUSHTEIN, B. y V. DEMENTIEV: *Manual del tornero*, Pueblo y Educación ed, La Habana. Cuba, 1990.
- CARLOS, M. D. S. D.: *La Construcción De Herramientas [en línea]. vol. no. Barcelona*.
- CELIGÜETA, J. T.: *Método de los Elementos Finitos para Análisis Estructural*, Ed. Tecnun, Cuarta edición ed, San Sebastián - Gipuzkoa, 2011.
- COLL, C.: "Perfiles de participación y presencia docente distribuida en redes asíncronas de aprendizaje: la articulación del análisis estructural y de contenido", *Revista de Educación*, 354: 657-688, 2011.
- CURRAN, R.; Y. SHUO y A. TRAPPEY: *Collaborative Product and Service Life Cycle Management for a Sustainable World Ed. Springer*, 2008.
- DESIGN-SYSTEM: "SolidWorks.": 2010.
- DOBROVILSKI, V.; K. SABLONSKI; S. MAK; A. RADCHIK y L. ERLIJ: *Elementos de máquinas*, MIR, 1970.
- DOMÉNECH, C., A: "Electrochemical identification of flavonoid dyes in solid work of art samples by abrasive voltammetry at paraffin-impregnated graphite electrodes", *Talanta*, 66(3): 769-782, 2005.
- FÉLIX, G.: "Ministerio de Educación, Dirección Técnica y Profesional ": 2008.

- FRAILE, J. C.; J. PÉREZ; J. L. GONZÁLEZ; J. LÓPEZ y J. L. RODRÍGUEZ: "Experiencias en el desarrollo de una aplicación robótica con control de fuerza para taladrado de huesos", *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 5(2): 93-106, 2008.
- GROOVER, M. P.: *Fundamentos de manufactura moderna. Materiales, Procesos y Sistemas*, Ed. Prentice-Hall Interamerica, Tercera ed, México, D. F, 2007.
- GUIMA, M.-H., SL: EQUIPOS PARA MECANIZADOS DE PRECISIÓN. pp. 2010.
- GUZMÁN, M. A. y F. T. CAIRE: "Estudio de las fuerzas de avance en un proceso de taladrado utilizando brocas con geometría mejorada", *Información Tecnológica*, 25(1): 15-22, 2014.
- KALPAKJIAN, S. y S. R. SCHMID: *Manufactura, ingeniería y tecnología*, Ed. Prentice-Hall Inc, Cuarta ed, 2002.
- LAZAR, M. y P. XIROUCHAKIS: "Mechanical load distribution along the main cutting edges in drilling", *Journal of Materials Processing Technology*, 213(2): 245-260, 2013.
- LEFCOVICH, M. *El diseño de productos y su efecto en los costes [en línea] Disponible en:* <http://www.gestiopolis.com/canales6/fin/el-efecto-del-costo-de-la-manufactura.htm> [Consulta: 21 de enero 2014].
- LESUER, J. L.: "Taladro Hecho con Tubos y Uniones": 1982.
- LEYVA, A.: "Diseño, construcción y fabricación de taladradoras.", *Revista Ciencias Técnicas*, 21(2): 11-16, 2012.
- LINGAIAH, K.: *Machine design databook*, Ed. McGraw-Hill, Second ed, 2004.
- MARTÍ, H.: *Estudio de la evolución de las tensiones sobre la pista externa de un rodamiento. Aplicación del criterio de fatiga de Lundberg and Palmgren.* , DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA Universidad Carlos III de Madrid 2009.
- MORO, M.: *Tecnologías de Fabricación*, Pearson Edition ed, México, 2002.
- MOTT, R.: *Diseño de elementos de máquinas*, III, Felix Varela ed, La Habana. Cuba, 2010.
- NORTON, R.: *Diseño de maquinaria. Síntesis y análisis de máquinas y mecanismos*, Ed. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA, Cuarta ed, México, D.F, 2009.
- NORTON, R.: *Diseño de Máquinas. Un enfoque integrado*, Ed. Pearson Educación, Cuarta ed, México, 2011.
- PARSIAN, A.; M. MAGNEVALL; T. BENO y M. EYNIAN: "A Mechanistic Approach to Model Cutting Forces in Drilling with Indexable Inserts", *Procedia CIRP*, 24(0): 74-79, 2014.

- PÉREZ, R.; A. M. QUESADA y L. F. HERNÁNDEZ: Taladrado. 2006, pp. 56, Holguín. 2015: Universidad de Holguín "Oscar Lucero Moya", 2006.
- PHADNIS, V. A.; A. ROY y V. V. SILBERSCHMIDT: "A Finite Element Model of Ultrasonically Assisted Drilling in Carbon/Epoxy Composites", *Procedia CIRP*, 8(0): 141-146, 2013.
- RAMOS, Y.: "Empleo de elementos finitos en un estudio comparativo de dos sistemas de fijación interna para la fractura de cadera", *Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología*, 27(2): 186-198, 2013.
- RESOLUCIÓN NO 28-2011: *Tarifa eléctrica* Ministerio de Finanzas y Precios, 22pp. 2014.
- RIBA, C.: *Ingeniería Concurrente: Una metodología integradora* Ed. Ediciones UPC, Primera edición ed, Barcelona, 2006.
- ROBAQ, A. *Automación CAD CAM CNC [en línea] Disponible en: <http://robaq.blogspot.es/> [Consulta: 14 de enero 2014].*
- SARMIENTO, M. A. S.; L. Q. CANTOR y M. RODRÍGUEZ: "Uso potencial de las mezclas de biodiesel de Jatropha y de palma en Colombia", *Studiositas*, 5(3): 85-97, 2010.
- SHIGLEY, J. y C. MISCHKE: *Mechanical engineering*, Ed. McGraw-Hill, Eighth ed, México,D.F, 2008.
- SHIGLEY, J.; C. MISCHKE y T. BROWN: *Standard Handbook of Machine Design*, Ed. McGraw-Hill, Third Edition ed, New York, 2004.
- SINGH, A. P. y M. SHARMA: "Modelling of Thrust Force during Drilling of Fibre Reinforced Plastic Composites", *Procedia Engineering*, 51(0): 630-636, 2013.
- ULLMAN, D. G.: *The mechanical design process*, Ed. McGraw-Hill, Fourth Edition ed, New York, 2010.
- XIN, J.; R. R. NEGENBORN y G. LODEWIJKS: "Energy-aware control for automated container terminals using integrated flow shop scheduling and optimal control", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 44(0): 214-230, 2014.
- OLIVA, M. R. (2015). *Análisis estructural del árbol de la bomba de vacío BVAL-1500*. (Tesis para la obtención del título de Ingeniero Mecánico.), Universidad Granma, Cuba.