

DIRECCION DE EDUCACION SUPERIOR TECNOLOGICA

INGENIERIA MECÁNICA

REPORTE DE RESIDENCIA PROFESIONAL

AGOSTO – DICIEMBRE 2018.

Diseño de un alimentador de materia prima para horno de inducción

PRESENTA:

Marlon Santiago Calvo Cabrera

14270003

ASESORES:

M. C. Hernán Valencia Sánchez

**Ing. Francisco Raymundo Padilla
Gómez**

Asesor Interno

Asesor Externo

TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS, 27 DE AGOSTO DE 2018.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día las empresas buscan producir más, ya que por la demanda que existe en el ámbito comercial se busca sobresalir dentro del mercado. Y una de las maneras que las empresas logran llamar la atención de los diversos clientes que tienen, es ofrecerles más producción de piezas solicitadas en el mismo tiempo o la misma cantidad de piezas pero en menos tiempo. Es por ello que las empresas buscan actualizar sus diversos procesos de producción, para ser más eficiente y cumplir con los requerimientos que el cliente les solicita. Debido a esto, Grupo Delmex división de forja y maquinados busca también la constante actualización en su diversos procesos de forja, para que con ello pueda mejorar la capacidad de su mercado.

Contenido

| | |
|---|-----------|
| CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO | 1 |
| 1.1. JUSTIFICACIÓN | 1 |
| 1.2. OBJETIVOS..... | 1 |
| 1.2.1. OBJETIVO GENERAL..... | 1 |
| 1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 1 |
| 1.3. EMPRESA..... | 2 |
| 1.3.1. HISTORIA | 2 |
| 1.3.2. UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN..... | 3 |
| 1.3.3. ÁREA ASIGNADA..... | 4 |
| 1.3.4. POLÍTICA DE LA EMPRESA | 5 |
| 1.3.5. SECTORES DE LA INDUSTRIA DE LA EMPRESA | 6 |
| 1.3.6. INTRODUCCIÓN A LAS DIFERENTES ÁREAS DE LA EMPRESA..... | 6 |
| 1.4. PROBLEMA A RESOLVER..... | 9 |
| 1.5. ALCANCES | 10 |
| 1.6. LIMITACIONES..... | 10 |
| CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO..... | 10 |
| 2.1. CONCEPTOS GENERALES | 10 |
| 2.1.1. FORJA | 10 |
| 2.1.2. PROPIEDADES MECÁNICAS..... | 10 |
| 2.1.3. ALEACIONES | 11 |
| 2.1.4. RESISTENCIA A LA CORROSIÓN DE METALES Y ALEACIÓN | 13 |
| 2.1.5. TIPOS DE ACERO..... | 17 |
| 2.1.6. TOLERANCIA | 21 |
| 2.1.7. INCERTIDUMBRE | 21 |
| 2.1.8. FATIGA..... | 21 |
| 2.2. ANTECEDENTES..... | 22 |
| 2.2.1. FORMA ACTUAL DE CARGA AL HORNO DE INDUCCIÓN..... | 22 |
| 2.2.2. ALIMENTADORES DE HORNO DE INDUCCIÓN EN EL MERCADO | 23 |
| 2.2.3. HISTORIA DE LA DE FORJA..... | 25 |
| 2.2.4. CLASIFICACIÓN DE LA FORJA | 26 |
| 2.2.5. OPERACIONES DE FORJA | 30 |
| 2.2.6. MATERIALES USUALMENTE FORJADOS..... | 33 |
| 2.2.7. CLASIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS PARA FORJA | 35 |
| 2.3. CARACTERÍSTICAS DEL HORNO DE INDUCCIÓN DE LA EMPRESA..... | 38 |
| 2.4. APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA EN EL DESARROLLO DEL DISEÑO..... | 42 |
| 2.4.1. EQUILIBRIO DE CUERPO DEFORMABLE | 42 |
| 2.4.2. ECUACIONES DE EQUILIBRIO..... | 43 |
| 2.4.3. ESFUERZO..... | 46 |
| 2.4.4. ESFUERZO NORMAL PROMEDIO | 48 |
| 2.4.5. DISEÑO | 50 |
| 2.4.6. FILOSOFÍA DEL DISEÑO..... | 50 |
| 2.4.7. PROCESO DEL DISEÑO | 51 |
| 2.4.8. FACTORES DE DISEÑO | 53 |
| 2.4.9. HERRAMIENTAS Y RECURSOS DE DISEÑO | 54 |
| 2.4.10. SELECCIÓN DE SOFTWARE CAD (SOLIDWORKS) | 55 |
| CAPÍTULO 3. PROCESO DE ANÁLISIS Y MODELADO 3D..... | 57 |
| 3.1. RESTRICCIONES DEL DISEÑO | 57 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 3.1.1. | RESTRICCIONES MECÁNICAS | 57 |
| 3.1.2. | RESTRICCIONES PARA CONSTRUCCIÓN | 57 |
| 3.2. | PROCESO DE DISEÑO DE LA MESA ESTRUCTURAL | 57 |
| 3.3. | PROCESO DE DISEÑO DEL CONTENEDOR DE TOCHOS | 61 |
| 3.4. | PROCESO DE DISEÑO DEL MECANISMO PRINCIPAL | 67 |
| CAPÍTULO 4. RESULTADOS | | 75 |
| 4.1. | ENSAMBLE DEL ALIMENTADOR DEL HORNO DE INDUCCIÓN | 75 |
| CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | 79 |
| | CONCLUSIÓN | 79 |
| BIBLIOGRAFÍA | | 80 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 1 | Mapa de la ubicación de la empresa | 4 |
| Figura 2 | Simbología del croquis de la empresa | 6 |
| Figura 3 | Inicio del croquis de la empresa | 7 |
| Figura 4 | Croquis de la empresa, part. 2 | 7 |
| Figura 5 | Croquis de la empresa, part. 3 | 8 |
| Figura 6 | Final del Croquis de la empresa | 9 |
| Figura 7 | Contenedor convencional de tochos | 22 |
| Figura 8 | Alimentador Jinlai | 23 |
| Figura 9 | Alimentador Jinlai Físico | 23 |
| Figura 10 | Alimentador Jinlai - Vista de línea | 24 |
| Figura 11 | Alimentador de ROD | 24 |
| Figura 12 | Vulcano forjando las armas de Aquiles (Giulio Romano 1499-1546, colección Value Art) | 25 |
| Figura 13 | Forja de herrero | 25 |
| Figura 14 | Piezas forjadas | 26 |
| Figura 15 | Forja libre o abierta (a) | 27 |
| Figura 16 | Dado para forja en estampa (b) | 27 |
| Figura 17 | Ejemplo 1 del herramental utilizado para forja libre | 28 |
| Figura 18 | Ejemplo 2 del herramental utilizado para forja libre | 28 |
| Figura 19 | Dados para Forja, dado progresivo para la fabricación de bielas | 29 |
| Figura 20 | Dados para Forja, dado progresivo para la fabricación de bielas | 29 |
| Figura 21 | Forja con rodillos | 30 |
| Figura 22 | Forja con rodillos | 30 |
| Figura 23 | Recalcado de un tocho durante una operación de forja libre | 31 |
| Figura 24 | Rebordeado | 31 |
| Figura 25 | Estrangulación o degüello | 31 |
| Figura 26 | (a) Geometría de la estampa acabadora | 32 |
| Figura 27 | (b) Diseño del cordón y alojamiento de la rebaba | 32 |
| Figura 28 | Martillos para forja: (a) Para forja libre | 32 |
| Figura 29 | Martillos para forja: (b) Para forja en estampa | 32 |
| Figura 30 | Prensas para forja: (a) Mecánica | 33 |

| | |
|--|----|
| Figura 31 Prensas para forja: (b) Hidráulica..... | 33 |
| Figura 32 Accionamiento esquemático de una prensa hidráulica..... | 37 |
| Figura 33 Panel de control del horno Ajax tocco magnethermic..... | 38 |
| Figura 34 horno Ajax tocco magnethermic..... | 39 |
| Figura 35 horno Ajax tocco magnethermic vista frontal..... | 39 |
| Figura 36 Panel de control del horno de marca genérica | 40 |
| Figura 37 Horno de marca genérica..... | 40 |
| Figura 38 Horno de marca genérica vista frontal..... | 41 |
| Figura 39 Cargas externas | 42 |
| Figura 40 Cargas internas de los cuerpos..... | 44 |
| Figura 41 Sección de cuerpos en 2D | 46 |
| Figura 42 Esfuerzos en cuerpos rigidos..... | 46 |
| Figura 43 Graficas de esfuerzos internos..... | 47 |
| Figura 44 Plano de esfuerzos | 48 |
| Figura 45 Estado de esfuerzos | 48 |
| Figura 46 Esfuerzo normal promedio en una barra cargada axialmente | 49 |
| Figura 47 Etapas del diseño | 51 |
| Figura 48 Croquis de la mesa estructural..... | 58 |
| Figura 49 Inserción de miembros estructurales..... | 58 |
| Figura 50 Cortes en miembro estructural | 59 |
| Figura 51 Recorte y extensión de miembros secundarios de la mesa..... | 59 |
| Figura 52 Mesa con soporte en patas..... | 60 |
| Figura 53 Mesa estructural final..... | 60 |
| Figura 54 Croquis del PTR usado | 61 |
| Figura 55 Croquis de la estructura 1 | 62 |
| Figura 56 Estructura 1 en su forma terminada | 62 |
| Figura 57 Estructura 2 croquis y pieza final | 63 |
| Figura 58 Estructura 3 croquis 1 | 63 |
| Figura 59 Estructura 3 croquis 2 | 64 |
| Figura 60 Estructura 4 Croquis | 64 |
| Figura 61 Estructura 4 | 65 |
| Figura 62 Estructura 5 croquis | 65 |
| Figura 63 Estructura 6 croquis 1 | 66 |
| Figura 64 Estructura 6 croquis 2 | 66 |
| Figura 65 Piza final - Contenedor de tochos | 67 |
| Figura 66 Mecanismo principal croquis 1 | 67 |
| Figura 67 Mecanismo principal croquis 2..... | 68 |
| Figura 68 Mecanismo principal croquis 3..... | 68 |
| Figura 69 Mecanismo principal croquis 4..... | 69 |
| Figura 70 Apoyo en 2d del análisis mecánico | 70 |
| Figura 71 Mecanismo principal, sujeciones y fuerza aplicada | 72 |
| Figura 72 Fuerza aplicada al mecanismo..... | 72 |
| Figura 73 Análisis estático de tensiones – Golpe Inicial..... | 73 |
| Figura 74 Análisis estático de Desplazamiento - Golpe inicial..... | 73 |
| Figura 75 Análisis estático de Deformación Unitaria - Golpe inicial..... | 74 |
| Figura 76 Factor de seguridad - Golpe inicial..... | 74 |
| Figura 77 Alimentador de horno de inducción - Vista isométrica | 75 |
| Figura 78 Alimentador de horno de inducción - Vista frontal | 75 |
| Figura 79 Alimentador de horno de inducción - Vista posterior | 76 |

| | |
|---|----|
| Figura 80 Alimentador de horno de inducción – Vista lateral izquierda | 76 |
| Figura 81 Alimentador de horno de inducción – Vista lateral derecha..... | 77 |
| Figura 82 Alimentador de horno de inducción Renderizado | 77 |
| Figura 83 Renderizado del alimentador de horno de inducción..... | 78 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Resistencia a la corrosión de algunos metales y sus aleaciones..... | 14 |
| Tabla 2 Tabla de propiedades físicas y composición física, de aceros comunes dentro de la empresa..... | 16 |
| Tabla 3 Propiedades mecánicas de aceros comunes en la empresa..... | 19 |
| Tabla 4 Clasificación de la forja | 27 |
| Tabla 5 Clasificación de las máquinas para forja | 35 |
| Tabla 6 Clasificación de las máquinas para forja por aplicación de presión | 36 |
| Tabla 7 Tipos de conexión y reacciones | 43 |

CAPÍTULO 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. JUSTIFICACIÓN

El presente reporte de residencia tiene como motivo actualizar la alimentación de un horno de inducción, ya que el beneficio que aporta tanto en la institución como en el ámbito académico es de suma relevancia. Se realizaran bocetos y diseños con la ayuda del programa CAD, por la única razón de esclarecer el reporte de dicho trabajo, la factibilidad de este trabajo está a nuestro alcance, se cuenta con los conocimientos necesarios para llevarlo a cabo, estimulando la movilidad de diversos procesos de forjado, teniendo como resultado un amplio panorama que nos permita proponer un diseño adecuado

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Mejorar el proceso de alimentación que se tiene hacia el horno de inducción

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una propuesta de diseño para la alimentación hacia el horno de inducción.
- Estandarizar los tiempos en el proceso del calentamiento del tocho de manera continua.
- Mejora de las medidas de seguridad en el proceso hacia los operadores.
- Mejora de la distribución del personal en la producción de forja de piezas
- Mejora del espacio de trabajo
- Mejora de la visualización de trabajo

1.3. EMPRESA

Grupo Delmex es una empresa mexicana enfocada en la fabricación y comercialización de productos de acero para la industria metalmecánica y de la construcción ligera.

El rápido crecimiento de Grupo Delmex, es el resultado de una gran flexibilidad para el desarrollo de productos metálicos, apoyado por un equipo humano dispuesto a ajustarse a los estrictos requerimientos de excelencia que el servicio nacional e internacional lo demande.

Con nuestras diversas sucursales en la República Mexicana estamos seguros que podemos brindarle el servicio y atención que usted se merece, ofreciendo productos con los más altos estándares de calidad, servicio y precio.

1.3.1. HISTORIA

Techno Forge, S.A. de C.V., empresa que en sus inicios pertenecía al Grupo Industrial Vitro con el nombre de Fabricación de Máquinas (FAMA), es adquirida en el mes de septiembre del año 2010 por empresarios Mexicanos quienes determinan continúan sus actividades operativas dentro del mismo grupo.

A finales del año 2011 y viendo la necesidad de independizarse para continuar una etapa de crecimiento, transfieren sus operaciones a una nueva locación, conscientes de que el mercado es cada vez más exigente, se forma un grupo solido de trabajo donde directivos, soporte técnico y personal operativo, analizan, desarrollan y adecuan las necesidades en materia de forja que el cliente demanda.

Así mismo, los directivos de la organización han decidido realizar esfuerzos e inversiones necesarias para mejorar de manera continua y ofrecer a los clientes productos de mejor calidad a precios competitivos.

Techno Forge, S.A. de C.V. ha desarrollado la manufactura de forja en caliente en los procesos de prensa y martillo, coordinando todas sus actividades subsecuentes como son:

- Interpretación de especificaciones y dibujos establecidos por el cliente.
- Desarrollo de la ingeniería de los procesos.
- Planeación de la Calidad del producto.

Asegurar la adquisición de insumos, servicios y materiales para la fabricación de los productos.

De esta forma Techno Forge se establece para forjar soluciones con cada uno de sus clientes y crear un lazo de negociación estable con el único objetivo de aumentar la competitividad de la organización dentro del mercado.

Actualmente Techno Forge ha tenido la llegada de un nuevo inversionista, y este a su vez contara con otras industrias de tipo metal mecánica, se tuvo la necesidad de cambiar de nombre como Grupo Delmex división de forja y maquinado S.A. de C.V.

1.3.2. UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

Delmex división de forja y maquinado

Privada Sin Nombre No. 101. Colonia Torres de Santo Domingo. San Nicolás de los Garza, N.L. México.

Tel: (81) 19 30 00 53

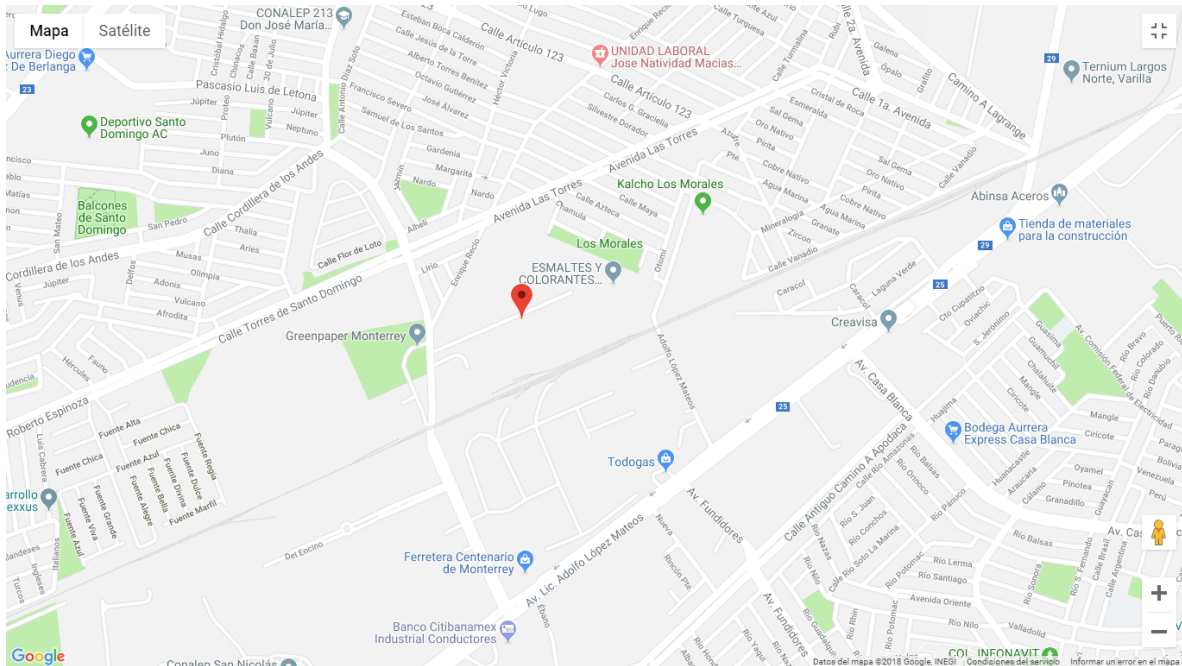


Figura 1 Mapa de la ubicación de la empresa

1.3.3. ÁREA ASIGNADA

El área asignada en la empresa es el área de procesos de forja, la cual se desempeña de manera coordinada con el área de producción.

Procesos se desenvuelve realizando un control interno, en donde se realiza la planeación de manufactura.

Dicho control se lleva en un formato que sirve como registro previo y final, para la liberación de una pieza.

En el formato se indica la manufactura del producto forjado, datos que sirven para el área de corte, calidad y ajustes. Permitiendo así un control del proceso de forja.

El área de procesos, es el área que también se encarga de dar identificación a las piezas que se van a fabricar, asignándole así un numero de parte interno de cada pieza con su respectiva descripción o nombre, y del cliente o proveedor de donde viene el proyecto.

El área se encuentra dirigida por el Ing. Francisco Raymundo Padilla Gómez, quien es el jefe de procesos e ingeniería, y cuenta de asistente al practicante.

1.3.4. POLÍTICA DE LA EMPRESA

Grupo Delmex División Forja y Maquinados es una empresa mexicana dedicada a la producción de piezas forjadas y maquinadas. Nuestro compromiso es la satisfacción total de nuestros clientes, manteniendo altos niveles de calidad.

Soportamos nuestras actividades en los lineamientos y mejora continua de nuestro sistema de gestión de calidad.

1.3.4.1. MISIÓN

Grupo Delmex División Forja y Maquinado es una empresa mexicana dedicada a la fabricación de piezas forjadas y maquinadas para el sector industrial, comprometida a cumplir los requisitos de nuestros clientes, mediante un sistema de gestión de la calidad con procesos estandarizados.

1.3.4.2. VISIÓN

Aumentar nuestra presencia en el mercado nacional e internacional en un lapso no mayor a 2 años.

Abasteciendo al sector petrolero, minero y gas, en materia de forja y maquinado, incrementando nuestra familia de productos y mejorando continuamente nuestros procesos productivos.

1.3.4.3. OBJETIVOS DE LA EMPRESA

Procesar y comercializar productos de acero que garantice ser la mejor opción en calidad, tiempo de entrega y precio.

Entrega de productos en inventario 24 horas o menos (dentro del área metropolitana de Monterrey)

Operar con 1 máximo de desperdicio de materiales en los procesos de manufactura.

Operar con 30 días máximo de inventario de producto terminado.

Sistema de administración de calidad ISO 9001-2015 en operación

Tener implementado las 5s orientadas a la productividad y calidad.

1.3.5. SECTORES DE LA INDUSTRIA DE LA EMPRESA

- Industria petrolera
- Industria minera
- Industria eléctrica
- Industria automotriz
- Industria agrícola

1.3.6. INTRODUCCIÓN A LAS DIFERENTES ÁREAS DE LA EMPRESA

A continuación mostraremos el diseño de un croquis de las diferentes áreas de la empresa, con el fin de mostrar la ubicación de estas.

Simbología del croquis para la ubicación de las distintas áreas



Figura 2 Simbología del croquis de la empresa

Se recortó el croquis con fines de una lectura más agradable.

La interpretación del plano es de derecha a izquierda y de la entrada principal a la última bodega

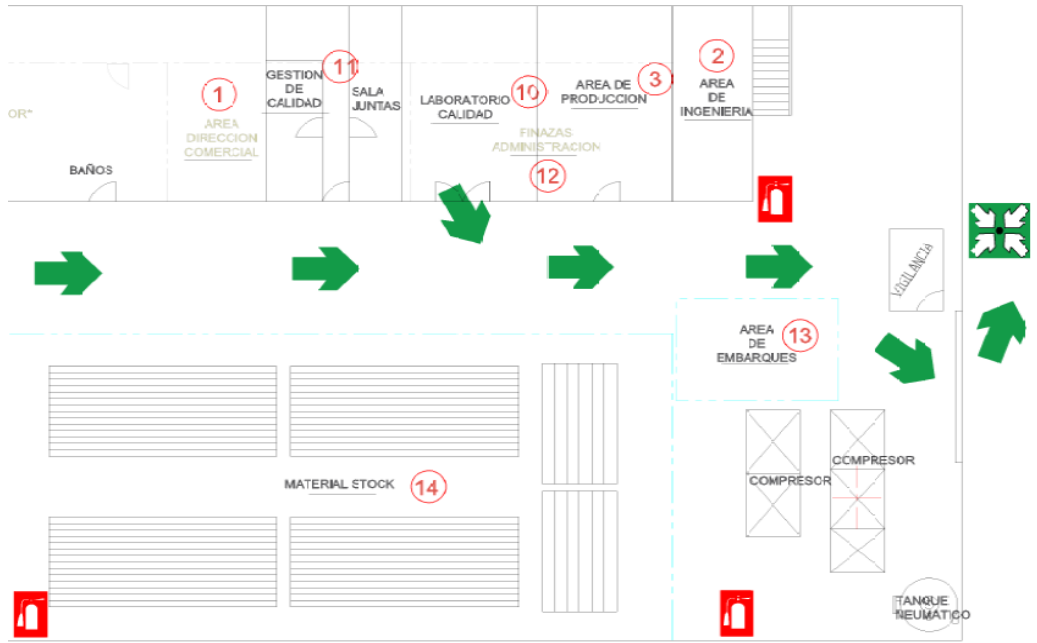


Figura 3 Inicio del croquis de la empresa

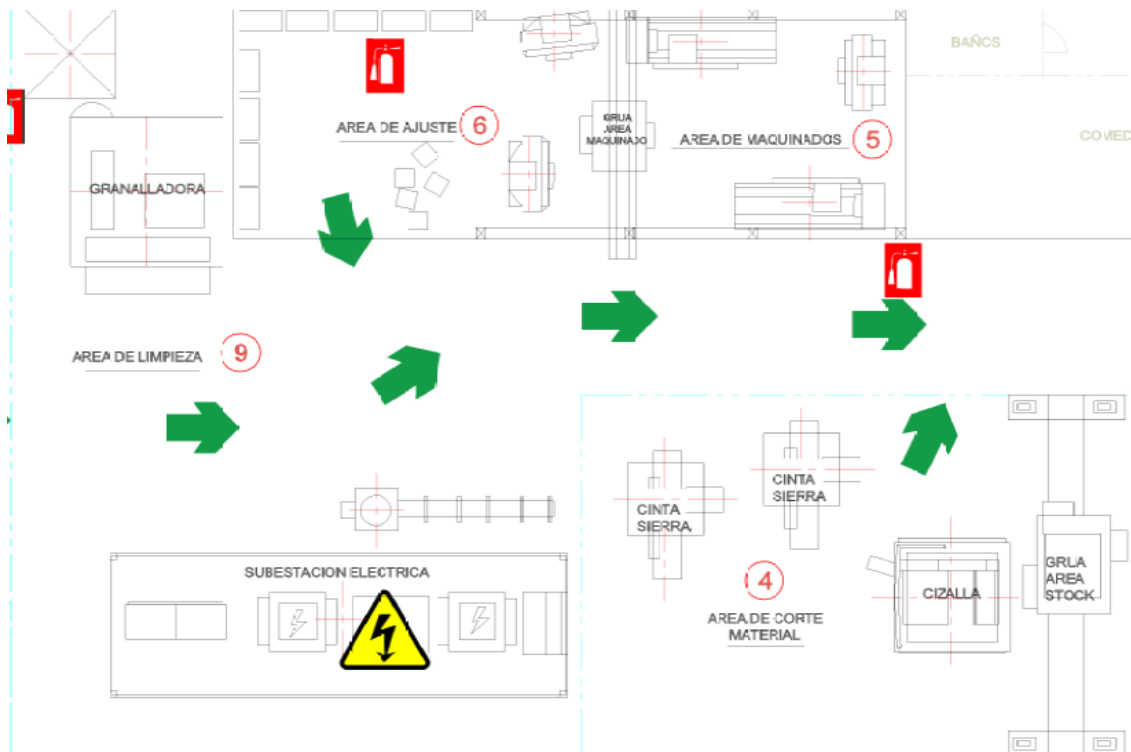


Figura 4 Croquis de la empresa, part. 2

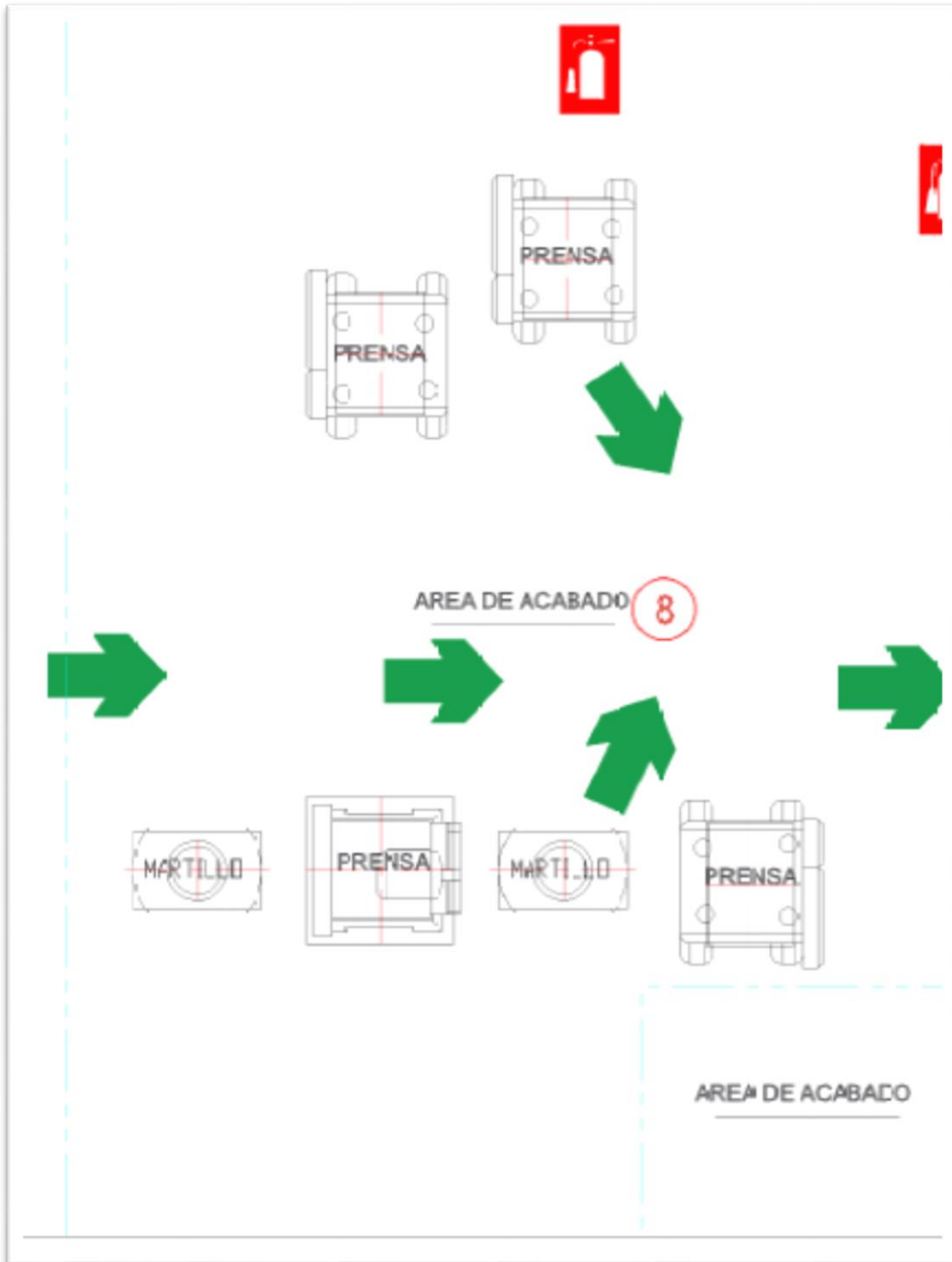


Figura 5 Croquis de la empresa, part. 3

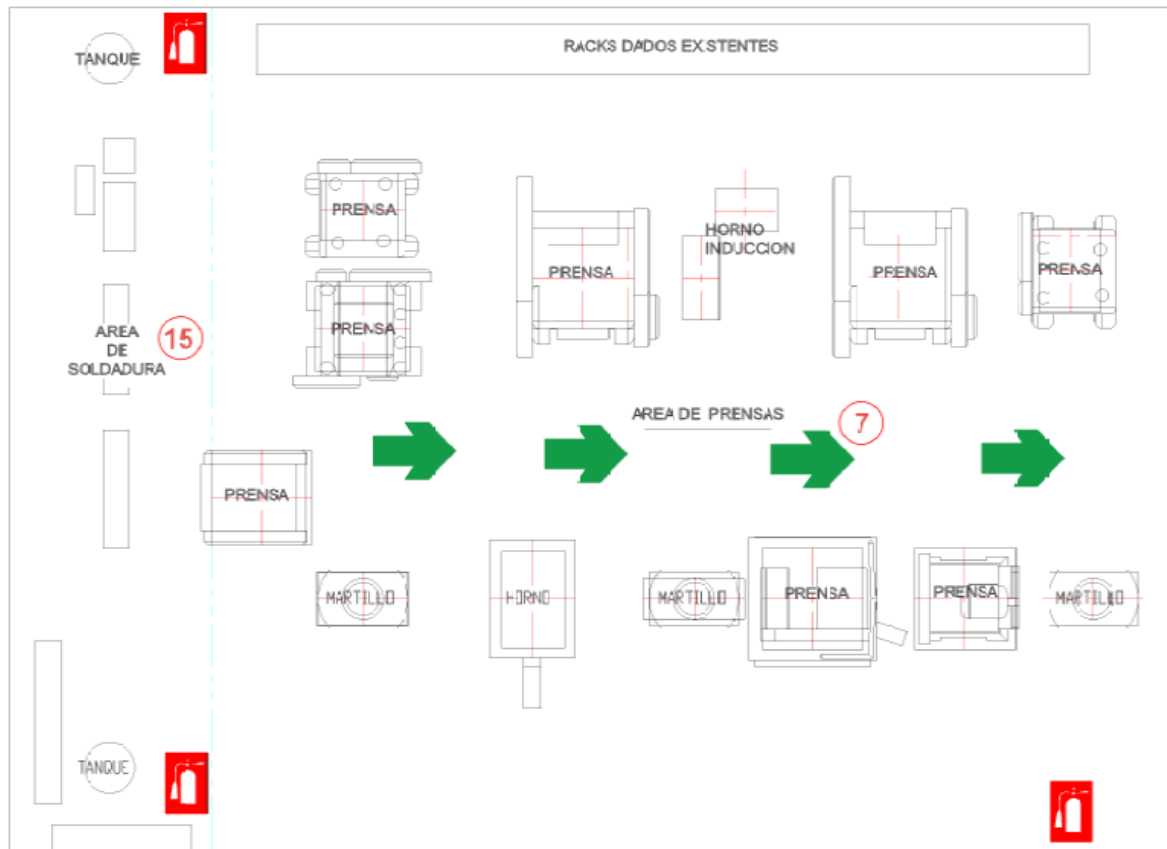


Figura 6 Final del Croquis de la empresa

1.4. PROBLEMA A RESOLVER

La empresa cuenta con 2 tipos de hornos, horno de gas, horno eléctrico o también conocido como horno de inducción.

Los hornos son alimentados actualmente de forma manual por un operario, la empresa busca actualizar la forma como se realizan los procesos, y así mismo como reubicar dicha operación en otra actividad del proceso que ayude a tener un mejor control de operación.

En la operación de cargar lingotes de acero también conocidos como tochos al horno de inducción, se aprecian interrupciones de tiempo, al no tener un proceso constante, pudiéndose evitar al cargar más tochos de manera constante.

1.5. ALCANCES

El proyecto pretende que en el proceso de carga al horno de inducción, se llegue a hacer de forma continua, para que con ella se obtenga un tiempo constante en el proceso y a su vez se pueda implementar en hornos de inducción de mayor tamaño.

1.6. LIMITACIONES

El proyecto se pretende implementar únicamente en la producción de piezas que son elaboradas en prensas hidráulicas.

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. CONCEPTOS GENERALES

2.1.1. FORJA

Es el proceso consistente en cambiar la forma de un metal caliente por medio de golpes de un martillo pilón o por presión en una prensa. En el curso del forjado, el metal se hace más denso y se elevan sus propiedades mecánicas. Como material básico para la obtención de las piezas forjadas se utiliza el acero y algunas aleaciones a base de cobre, aluminio y magnesio.

2.1.2. PROPIEDADES MECÁNICAS

Los materiales tienen diferentes propiedades mecánicas, las cuales están relacionadas con las fuerzas exteriores que se ejercen sobre ellos.

Las propiedades mecánicas de los materiales son: Elasticidad, plasticidad, maleabilidad, ductilidad, dureza, tenacidad y fragilidad.

2.1.2.1. ELASTICIDAD

Cualidad que presenta un material para recuperar su forma original al cesar el esfuerzo que lo deformó. Por ejemplo, un globo.

2.1.2.2. PLASTICIDAD

Cualidad opuesta a la elasticidad. Indica la capacidad que tiene un material de mantener la forma que adquiere al estar sometido a un esfuerzo que lo deformó. Por ejemplo, un envase de plástico.

2.1.2.3. MALEABILIDAD

Se refiere a la capacidad de un material para ser conformado en láminas delgadas sin romperse. Ejemplo, aluminio.

2.1.2.4. DUCTILIDAD

Los materiales dúctiles son aquellos que pueden ser estirados y conformados en hilos finos o alambre. Por ejemplo, el cobre.

2.1.2.5. DUREZA

Resistencia que opone un cuerpo a ser penetrado por otro. Esta propiedad nos informa sobre la resistencia al desgaste contra los agentes abrasivos. Ejemplo, diamantes.

2.1.2.6. TENACIDAD

Resistencia a la rotura de un material cuando está sometido a esfuerzos lentos de deformación. Ejemplo, acero.

2.1.2.7. FRAGILIDAD

Es el opuesto de la tenacidad, es la facilidad con la que se rompe un material sin que se produzca deformación elástica. Por ejemplo el vidrio.

2.1.3. ALEACIONES

Una aleación es una combinación de propiedades metálicas, que está compuesta de dos o más elementos metálicos sólidos.

Las aleaciones están constituidas por elementos metálicos como Fe (hierro), Al (aluminio), Cu (cobre), Pb (plomo), ejemplos concretos de una amplia gama de metales que se pueden

alear. El elemento aleante puede ser no metálico, como: P (fósforo), C (carbono), Si (silicio), S (azufre), As (arsénico).

Mayormente las aleaciones son consideradas mezclas, al no producirse enlaces estables entre los átomos de los elementos involucrados. Excepcionalmente, algunas aleaciones generan compuestos químicos.

2.1.3.1. CONSTITUCIÓN DE LAS ALEACIONES.

Las aleaciones están compuestas de dos o más componentes; en estado de fusión los componentes de la mayoría de las aleaciones se disuelven mutuamente.

El paso de la aleación del estado líquido al sólido se llama cristalización primaria. Durante la cristalización primaria es posible la formación de diferentes estructuras típicas de las aleaciones.

Las principales estructuras para las aleaciones de dos componentes son:

1. La solución líquida se transforma en solución sólida.
2. La solución líquida se transforma en mezcla mecánica sólida de los granos de ambos.
3. La solución líquida se solidifica como compuesto químico.

Veamos ahora una breve descripción de cada una.

Solución sólida.

En las soluciones sólidas, durante la cristalización primaria, los granos formados están constituidos por la red cristalina de uno de los componentes (disolvente), y los átomos del otro componente están disueltos por completo en esta red.

Las soluciones de este tipo pueden a su vez ser de dos tipos:

1.- Soluciones por sustitución

Son aquellas en las que los átomos (no todos), del componente disuelto ocupan los lugares de los átomos del solvente en la red cristalina. La solubilidad mutua en este caso suele ser ilimitada.

2.- Soluciones por inserción

Cuando los átomos del componente disuelto son muy pequeños y se insertan en los espacios interatómicos del componente disolvente. La solubilidad mutua en este caso comúnmente es limitada, y está determinada por el carácter de las redes y de la diferencia de los diámetros atómicos del disolvente y el soluto.

Como ejemplo de tales soluciones pueden servir las aleaciones de cobre y níquel. Generalmente tienen buenas propiedades plásticas por lo que pueden ser forjadas, estiradas etc.

Mezcla mecánica.

En este caso, durante la cristalización primaria ocurre la separación con la formación de las propias redes cristalinas de cada componente cuyos granos están entremezcladas como dos fases diferentes.

Estas aleaciones bifásicas se forman, por ejemplo, al fundir plomo y estaño.

Compuesto químico.

Tales aleaciones se forman cuando existe una correlación definida de cantidades de los dos componentes, esto permite su reacción química para formar un compuesto de propiedades diferentes a los componentes constituyentes. Generalmente, los compuestos químicos son extraordinariamente duros y frágiles.

En la práctica suelen encontrarse, también aleaciones que representan estados intermedios entre las soluciones sólidas y los compuestos químicos.

2.1.4. RESISTENCIA A LA CORROSIÓN DE METALES Y ALEACIÓN

La apreciación de la resistencia a la corrosión de los metales y sus aleaciones se hace en base a ensayos de laboratorio, con ello se valora cualquier característica del material relacionada por la destrucción química desarrollada antes, y después de la acción del medio a probar.

Es común que se tome una probeta del material y se someta al medio en cuestión, luego de un tiempo de permanencia, se determina el cambio del peso, si se producen en la probeta sales o compuestos superficiales de fácil desprendimiento el peso irá disminuyendo, pero en caso contrario cuando se forman óxidos adherentes y continuos su peso aumentará.

Cuando la corrosión se produce en toda la superficie de la probeta se puede determinar el cambio de peso por unidad de superficie y por hora (gramos/ m^2 /hora), de esta forma, y usando la densidad del material, se puede finalmente determinar la velocidad de corrosión en unidades de cambio de dimensiones por año, que es la unidad más común en la que se expresa la corrosión continua (mm/año).

Para los casos en que la corrosión producida sea por zonas localizadas, el método del peso deja de ser preciso o seguro. En estos casos lo que se hace es medir la profundidad de la corrosión o el cambio de las propiedades mecánicas. Esto último tiene importancia

primordial para el caso de la corrosión en la dirección de las facetas de los granos (corrosión inter-cristalina).

En la tabla 1 se brindan elementos genéricos sobre la resistencia a la corrosión de algunos metales y sus aleaciones.

Tabla 1 Resistencia a la corrosión de algunos metales y sus aleaciones

| Metal o aleación | Nombre común | Composición | | Propiedades anticorrosivas |
|-----------------------------|--------------------------|--|---|---|
| Aceros comunes | Acero al carbono | 0.3-1.2% de carbono. | | Se corroen en el aire y agua naturales, pero resisten el ácido sulfúrico concentrado y las soluciones salinas a temperaturas normales. |
| Hierro fundido | Fundición | 2-5% de carbono | | Igual que el anterior, pero un tanto mejores. |
| Hierro fundido aleado | Fundiciones inoxidables. | 2-5% de carbono. 25% de cromo. 20% de níquel. A veces 5-8% de cobre. | | Elevadas propiedades anticorrosivas. |
| Hierro al silicio. | | Hasta 14% de silicio | | Resistencia muy alta al ácido sulfúrico en diferentes concentraciones y en caliente. |
| Hierro al silicio-molibdeno | | 14-17% de silicio. 2.5-3% de molibdeno. | | Resiste los ácidos sulfúrico y clorhídrico. |
| Aceros al cromo. | Acero inoxidable | Común | 12-14% de cromo. 0.1 -0.4% de carbono | Se corroen en los ácidos sulfúrico y clorhídrico, pero resisten el aire húmedo, el agua dulce y el ácido nítrico. En el agua salina se produce corrosión puntiforme. |
| | | Mejorado | 16-18% de cromo. 0.1% de carbono. A veces 1.2 - 2% de níquel. | |
| | | Termo resistente | 27-30% de cromo. 0,1% de carbono. 1.2-2% de níquel. | |
| Aceros al cromo-níquel | Acero inoxidable | 17- 25% de cromo. 8-20% de níquel. 0.1% de carbono. Generalmente contienen algo | Son resistentes a los mismos medios que los anteriores, su tendencia a la corrosión puntiforme es considerablemente menor y resisten un poco más el ácido sulfúrico y el agua salina. | |

| | | | | |
|--------------------------------|---------------------|---|--|---|
| | | de titanio y a veces de 2-3% de molibdeno. | | |
| Aceros al cromo-níquel-titanio | Acero inoxidable | 18% de cromo. 9% de níquel. 1% de titanio. | | Resistencia a la corrosión elevada en múltiples medios. |
| Cobre | Cobre | Sin aleación | | Se corroe en ácido nítrico y en disoluciones de amoníaco, cianuro de potasio y ácido clorhídrico diluido en presencia de oxígeno. Resiste el ácido sulfúrico. |
| Aleaciones cobre-estaño | Bronces comunes | Hasta 13% de estaño | | Las mismas cualidades del cobre pero algo mejores. |
| Aleaciones cobre-cinc | Latones | Hasta 45% de cinc | | Se usa para piezas que trabajan en aguas naturales y aire húmedo. |
| Aleaciones cobre-aluminio | Bronce al aluminio. | Hasta 10% de aluminio. | | Buena resistencia a los ácidos diluidos (excepto el nítrico) y a algunas soluciones salinas. |
| Aleaciones cobre silicio | Bronce al silicio | Hasta 3-4% de silicio. | | Buenas propiedades anticorrosivas. |
| Níquel | Níquel | Sin aleación | | Es muy resistente al aire húmedo, a las aguas naturales y a los álcalis. Se corroe lentamente en los ácidos sulfúrico y clorhídrico. Al ácido nítrico no es resistente. |
| Aleaciones de níquel. | Monel | 68-69% de níquel. 28-29% de cobre. Algo de hierro, manganeso y silicio. | | Propiedades como las del níquel pero mejoradas. |
| Plomo | Plomo | A veces con 10% de antimonio. | | Resiste al ácido sulfúrico y en las disoluciones de sus sales, al ácido clorhídrico hasta el 10% a la temperatura ambiente. Es poco resistente a los ácidos nítrico y acético, los álcalis y en aguas que contienen CO ₂ . |
| Aluminio | Aluminio | Sin aleación | | Resiste el aire húmedo, las disoluciones de nitratos y cromatos y en el ácido nítrico concentrado. Se corroe lentamente en los ácidos sulfúrico y acético a temperatura normal. No resiste el ácido clorhídrico ni los álcalis. Sus aleaciones tienen |

| | | | | |
|--|--|--|---------------------------|------------|
| | | | peores anticorrosivas. | cualidades |
|--|--|--|---------------------------|------------|

A continuación mostraremos alguno de los aceros más comunes dentro de la empresa, donde muestra sus propiedades físicas y su composición química.

Tabla 2 Tabla de propiedades físicas y composición física, de aceros comunes dentro de la empresa

| Metal | Propiedades físicas | Composición Química | |
|-------|---|---------------------|---------------|
| | | | |
| 8620 | Densidad 7.85 g / cm ³ - 0.284 lb / in ³ | Hierro, fe | 96.895-98.02% |
| | | Manganeso, Mn | 0.700-0.900% |
| | | Níquel, ni | 0.400-0.700% |
| | | Cromo, Cr | 0.400-0.600% |
| | | Carbono, c | 0.180-0.230% |
| | | Silicio, si | 0.150-0.350% |
| | | Molibdeno, Mo | 0.150-0.250% |
| | | Azufre, s | ≤ 0.0400% |
| | | Fósforo, p | ≤ 0.0350% |
| 8720 | Densidad 7.85 g / cm ³ - 0.284 lb / in ³ | Hierro, fe | 96.895-97.97% |
| | | Manganeso, Mn | 0.700-0.900% |
| | | Níquel, ni | 0.400-0.700% |
| | | Cromo, Cr | 0.400-0.600% |
| | | Molibdeno, Mo | 0.200-0.300% |
| | | Carbono, c | 0.180-0.230% |
| | | Silicio, si | 0.150-0.300% |
| | | Azufre, s | ≤ 0.0400% |
| | | Fósforo, p | ≤ 0.0350% |
| 316-L | Densidad 8.00 g / cm ³ Punto de fusión 1400 ° C | Carbono, C | 0.0-0.07% |
| | | Manganeso, Mn | 0.0-2.0% |
| | | Silicio, Si | 0.0-1.0% |
| | | Fosforo, P | 0.0-0.05% |
| | | Azufre, S | 0.0-0.02% |

| | | | |
|------|---|---------------|-----------------|
| | | Cromo, Cr | 16.50-18.50% |
| | | Molibdeno, Mo | 2.00-2.50% |
| | | Níquel, Ni | 10.00-13.00% |
| 4340 | Densidad $7.85 \text{ g / cm}^3 - 0.284 \text{ lb / in}^3$ Punto de fusión $1427^\circ \text{ C} - 2600^\circ \text{ F}$ | Hierro, fe | 95.195 - 96.33% |
| | | Níquel, ni | 1,65 - 2,00% |
| | | Cromo, Cr | 0.700 - 0.900% |
| | | Manganeso, Mn | 0.600 - 0.800% |
| | | Carbono, c | 0.370 - 0.430% |
| | | Molibdeno, Mo | 0.200 - 0.300% |
| | | Silicio, si | 0.150 - 0.300% |
| | | Azufre, s | 0.0400% |
| | | Fósforo, p | 0.0350% |
| 4815 | Densidad $7.7 - 8.03 \text{ g / cm}^3 - 0.278 - 0.290 \text{ lb / in}^3$ Punto de fusión $1427^\circ \text{ C} - 2600^\circ \text{ F}$ | Hierro, fe | Equilibrar |
| | | Carbono, c | 0.13-0.18% |
| | | Manganeso, Mn | 0.40-0.60% |
| | | Fósforo, p | 0.035 (max)% |
| | | Azufre, s | 0.04 (max)% |
| | | Silicio, si | 0.15-0.30% |
| | | Níquel, ni | 3.25-3.75% |
| | | Molibdeno, Mo | 0.20-0.30% |

2.1.5. TIPOS DE ACERO

Los aceros al carbono son aquellos que contienen solamente carbono y hierro con pequeñas adiciones de manganeso y otras pequeñas cantidades de elementos impuros y representan cerca del 85% del total de la producción en acero.

Los aceros de aleación contienen uno o más elementos de aleación distintos del hierro y del carbono que se agregan con el propósito de asegurar propiedades que no se obtienen mediante aceros al carbono. Algunos efectos buscados con los elementos de aleación son:

- Mayor resistencia y dureza.
- Mayor resistencia a los impactos.

- Aumento de la resistencia al desgaste.
- Aumento de la resistencia a la corrosión.
- Mejoramiento de la maquinabilidad.
- Dureza al rojo (Dureza a altas temperaturas).
- Aumento de la profundidad a la cual el acero puede ser endurecido (Penetración de temple).

Existen tres categorías de clasificación de estos aceros de aleación:

Aceros de Aleación Estructurales que son aquellos aceros que se emplean para diversas partes de máquinas, tales como engranajes, ejes y palancas. Además se utilizan en las estructuras de edificios, construcción de chasis de automóviles, puentes, barcos y semejantes. El contenido de la aleación varía desde 0,25% a un 6%.

Aceros de Aleación para Herramientas que son aceros de alta calidad y se emplean en herramientas para cortar y modelar metales y no-metales.

Aceros de Aleación Especiales son los aceros inoxidable y aquellos con un contenido de cromo generalmente con un contenido superior al 12%. Estos aceros de gran dureza y alta resistencia a las altas temperaturas y a la corrosión, se emplean en turbinas de vapor, engranajes, ejes y rodamientos.

Los elementos de aleación más comunes y su efecto sobre las propiedades del acero son:

Aluminio: Se emplea en pequeñas cantidades actuando como desoxidante y produce un acero de grano fino.

Boro: Aumenta la templabilidad (profundidad a la que el acero puede ser endurecido)

Cromo: Aumenta la profundidad de endurecimiento y mejora resistencia al desgaste y la corrosión.

Cobre: Mejora la resistencia a la corrosión atmosférica.

Manganeso: Actúa como desoxidante y neutraliza los efectos nocivos del azufre. Facilita la laminación y moldeo. Aumenta la penetración del temple y mejora resistencia y dureza. Por sus propiedades constituye un elemento básico de todos los aceros comerciales.

Molibdeno: Mediante el aumento de la penetración del temple, mejora las propiedades del tratamiento térmico aumentando, asimismo, la dureza y resistencia a altas temperaturas.

Níquel: Mejora las propiedades del tratamiento térmico reduciendo la temperatura de endurecimiento y distorsión al ser templado. En combinación con el cromo aumenta la dureza y la resistencia al desgaste.

Silicio: Se usa como desoxidante y endurecedor.

Azufre: Aunque se considera normalmente una impureza, aplicado en cantidades importantes (hasta un 3%) aumenta la maquinabilidad de los aceros al carbono y de aleación.

Titanio: Actúa como desoxidante e inhibe el crecimiento granular. Aumenta la resistencia a altas temperaturas.

Tungsteno: Aporta gran resistencia al desgaste y dureza a altas temperaturas, por lo que se utiliza en la producción de acero para herramientas.

Vanadio: Aumenta la dureza, la resistencia a los impactos y la resistencia a la fatiga. Contribuye a la formación de granos de tamaño fino.

Las proporciones en que estos elementos participan de la aleación determinan las propiedades específicas del acero así producido.

Una mención especial de debe hacer de los aceros inoxidable, un producto típico del siglo XX que apareció casi simultáneamente en varios países del mundo poco antes de la Primera Guerra Mundial. Muchos estudios permitieron comprender que el alto contenido de carbono en las aleaciones de acero disminuye su resistencia a la corrosión, en tanto que un contenido de al menos un 12% de cromo otorga una resistencia a la corrosión que permite hablar de aceros inoxidables. Las innovaciones tecnológicas posteriores a la Segunda Guerra Mundial permitieron un desarrollo muy importante de la capacidad de producción y una consiguiente reducción de los costos de producción, por lo que estos aceros tuvieron una importante baja en el precio. Inicialmente utilizados en la fabricación de cuchillos, las aplicaciones de estos aceros hoy son mucho más amplias y están presentes en diversas formas y productos de la construcción.

La acción del cromo se debe a la formación de una muy delgada capa de óxido sobre la superficie del metal que es impermeable e insoluble en el medio corrosivo, lo que sucede solamente en medios oxidantes. El níquel que se agrega a estas aleaciones aumenta la resistencia en medios ligeramente oxidantes o no oxidantes y contribuye a modificar la estructura del acero dotándolo de mejores características de ductilidad, resistencia mecánica en caliente y soldabilidad. Otras adiciones como el molibdeno y el cobre, mejoran la resistencia a la corrosión por vía húmeda en tanto que el aluminio mejora la resistencia a la corrosión a altas temperaturas.

Aceros Patinables o Cortén

El acero cortén es un acero común al que no le afecta la corrosión. Su composición química (aleación de acero con níquel, cromo, cobre y fósforo) hace que su oxidación tenga unas características especiales que protegen la pieza frente a la corrosión atmosférica. De ahí que este material tenga un gran valor y la oxidación haya pasado a ser voluntaria y controlada.

Tabla 3 Propiedades mecánicas de aceros comunes en la empresa

| Metal | Propiedades Mecánicas | | |
|-------|---------------------------|-------------|-----------------|
| 8620 | Resistencia a la tracción | 530 MPa | 76900 psi |
| | Fuerza de rendimiento | 385 MPa | 55800 psi |
| | Módulos elásticos | 190-210 GPa | 27557-30458 ksi |

| | | | |
|------|---|-----------------|-----------------|
| | Módulo a granel (típico del acero) | 140 GPa | 20300 ksi |
| | Módulo de corte (típico del acero) | 80 GPa | 11600 ksi |
| | el coeficiente de Poisson | 0.27-0.30 | 0.27-0.30 |
| | Impacto Izod | 115 J | 84.8 ft.lb |
| | Dureza, Brinell | 149 | 149 |
| | Maquinabilidad | sesenta y cinco | sesenta y cinco |
| 8720 | Módulo a granel (típico del acero) | 140 GPa | 20300 ksi |
| | Módulo de corte (típico del acero) | 80.0 GPa | 11600 ksi |
| | Módulos elásticos | 190-210 GPa | 27557-30458 ksi |
| | el coeficiente de Poisson | 0.27-0.30 | 0.27-0.30 |
| | Dureza, Brinell (laminado en caliente y estirado en frío) | 179-235 | 179-235 |
| | Maquinabilidad (laminado en caliente y estirado en frío. Basado en 100 maquinabilidad para acero AISI 1212) | sesenta y cinco | sesenta y cinco |
| 316L | Módulo de elasticidad | 193 GPa | |
| | Resistencia a la tracción (MPa) | 500 - 700 | |
| | Prueba de estrés (MPa) | 200 min | |
| | Alargamiento A50 mm | 40 min% | |
| | Dureza Brinell | 215 Max HB | |
| 4340 | Resistencia a la tracción | 745 MPa | 108000 psi |
| | Fuerza de rendimiento | 470 MPa | 68200 psi |
| | Módulo a granel (típico del acero) | 140 GPa | 20300 ksi |
| | Módulo de corte (típico del acero) | 80 GPa | 11600 ksi |
| | Módulos elásticos | 190-210 GPa | 27557-30458 ksi |
| | el coeficiente de Poisson | 0.27-0.30 | 0.27-0.30 |
| | Alargamiento a la rotura | 22% | 22% |
| | Reducción del área | 50% | 50% |

| | | | |
|------|--|-------------|-----------------|
| | Dureza, Brinell | 217 | 217 |
| | Maquinabilidad (recocido y estirado en frío. Basado en 100 maquinabilidad para acero AISI 1212). | 50 | 50 |
| 4815 | Módulos elásticos | 190-210 GPa | 27557-30458 ksi |
| | el coeficiente de Poisson | 0.27-0.30 | 0.27-0.30 |

2.1.6. TOLERANCIA

Es la diferencia entre las medidas límites máximos y mínimos, siendo por consiguiente siempre positiva.

2.1.7. INCERTIDUMBRE

Incertidumbre, en metrología, es una cota superior del valor de la corrección residual de la medida.

También puede expresarse como el valor de la semi-amplitud de un intervalo alrededor del valor resultante de la medida, que se entiende como el valor convencionalmente verdadero. El carácter convencional, y no real de tal valor, es consecuencia de que el intervalo se entiende como una estimación adecuada de la zona de valores entre los que se encuentra el valor verdadero del mensurando, y que en términos tanto teóricos como prácticos es imposible de hallar con seguridad o absoluta certeza: teóricamente porque se necesitaría una sucesión infinita de correcciones, y en términos prácticos por no sería útil continuar con las correcciones una vez que la incertidumbre se ha reducido lo suficiente como para no afectar técnicamente al objeto al que va a servir la medida.

2.1.8. FATIGA

La fatiga es un proceso de degeneración de un material sometido a cargas cíclicas de valores por debajo de aquellos que serían capaces de provocar su rotura mediante tracción. Durante dicho proceso se genera una grieta que, si se dan las condiciones adecuadas crecerá hasta producir la rotura de la pieza al aplicar un número de ciclos suficientes. El número de ciclos necesarios dependerá de varios factores como la carga aplicada, presencia de entallas...

Si bien no se ha encontrado una respuesta que explique totalmente la fatiga se puede aceptar que la fractura por fatiga se debe a deformaciones plásticas de la estructura de forma similar a como ocurre en deformaciones mono direccionales producidas por cargas

estáticas, con la diferencia fundamental de que bajo cargas cíclicas se generan deformaciones residuales en algunos cristales.

Incluso bajo cargas pequeñas pueden aparecer estas bandas de deslizamiento, aumentando con el número de ciclos llegando a provocar la aparición de una fisura. Este proceso inicial, que se puede denominar nucleación, se da preferentemente en granos próximos a la superficie produciendo los efectos de intrusión y extrusión, facilitando la existencia de la intrusión la propagación de la grieta debido a la tracción.

También puede iniciarse el proceso en puntos que presenten algún tipo de irregularidad como inclusiones, discontinuidades superficiales, etc.

La siguiente fase es la de crecimiento de grieta que puede dividirse a su vez en dos fases. La primera fase supone el crecimiento de una grieta corta en pequeñas distancias del tamaño de pocos. En esta fase, dado que el tamaño de la grieta es comparable al de los elementos característicos de la microestructura del material, dicha microestructura (tamaño de grano, orientación de los mismos...) afecta en gran medida al crecimiento de la grieta.

La segunda fase consiste en un crecimiento de la grieta normal al plano principal de tensiones. En este caso de grietas más largas la microestructura del material afecta en menor medida al crecimiento de la grieta dado que la zona de plastificación creada por el propio crecimiento de la grieta es mucho mayor que las dimensiones características de la microestructura.

2.2. ANTECEDENTES

2.2.1. FORMA ACTUAL DE CARGA AL HORNO DE INDUCCIÓN

Actualmente en el proceso de alimentar al horno de inducción con los lingotes de acero también conocidos como tochos, se hace de forma manual y se realiza por la inserción de 5 a 10 tochos a dicho horno por un operario. En dicha operación se aprecian interrupciones de tiempo, cuando puede evitarse cargándose de más números de tochos de forma continua.



Figura 7 Contenedor convencional de tochos

2.2.2. ALIMENTADORES DE HORNO DE INDUCCIÓN EN EL MERCADO

A continuación mostraremos algunos alimentadores de hornos que existen en el mercado. Partiendo de esa premisa, se apreció el principio del funcionamiento de cada alimentador.

2.2.2.1. INDUCCIÓN DE AUTOMÁTICA INDUSTRIAL LA CREACIÓN DE HORNO CON ALIMENTADOR DE VIBRACIÓN (JLZ-70)



Figura 8 Alimentador Jinlai



Figura 9 Alimentador Jinlai Físico



Figura 10 Alimentador Jinlai - Vista de línea

(made-in-china.com, s.f.)

2.2.2.2. HORNO DE LA FORJA DE LA INDUCCIÓN DE ROD



Figura 11 Alimentador de ROD

(globalsources, s.f.)

2.2.3. HISTORIA DE LA DE FORJA

La forja es la forma más antigua de trabajar los metales, sus antecedentes se encuentran en la labor de los herreros y en las fraguas de los tiempos bíblicos y mitológicos (figura 8). En sus orígenes representó la deformación del material (hierro) por efecto de martilleo al colocarlo sobre el yunque (figura 9)



Figura 12 Vulcano forjando las armas de Aquiles (Giulio Romano 1499-1546, colección Value Art)



Figura 13 Forja de herrero

La Revolución Industrial significó la sustitución de la fuerza del herrero por la de las máquinas. En la actualidad existe una gran variedad de equipos para forja, los cuales

permiten la obtención de piezas de tamaños que van desde un remache hasta el rotor de una turbina.

El proceso de forja se define como una operación de conformado mecánico por la cual se obtienen piezas de sección transversal irregular al comprimir un bloque metálico, denominado tocho, entre dos útiles de trabajo llamados estampas, aprovechando la plasticidad del material. En virtud de los elevados niveles de deformación inherentes al proceso, éste se realiza normalmente en caliente.

Este proceso permite fabricar piezas de materiales ferrosos y no ferrosos en dimensiones, geometrías y pesos muy variados (figura 14) que sería imposible obtener mediante otras operaciones.

Una de sus principales ventajas es que la pieza de trabajo sale de este proceso con dimensiones y geometría cercanas a las finales, implicando mayor facilidad y rapidez para su maquinado.



Figura 14 Piezas forjadas

2.2.4. CLASIFICACIÓN DE LA FORJA

El proceso de forja se clasifica de muy diversas formas, dependiendo del estado del material que se va a forjar y de la forma del proceso, esto es:

Tabla 4 Clasificación de la forja

| | | |
|-------|---|--|
| FORJA | Por las condiciones del proceso | Frío Caliente |
| | Por las características de las herramientas | Matriz abierta Matriz cerrada Forja con rodillos |



Figura 15 Forja libre o abierta (a)

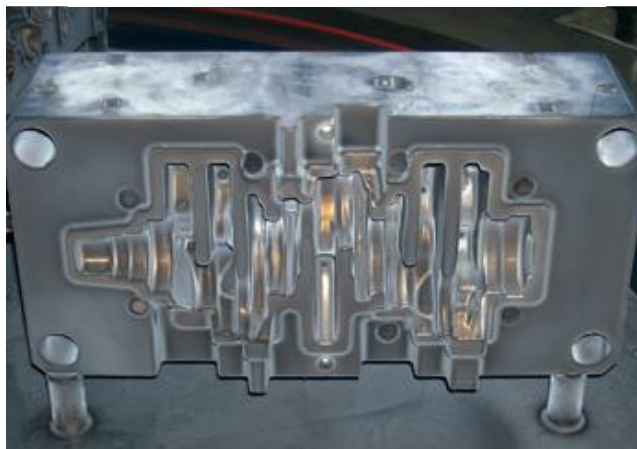


Figura 16 Dado para forja en estampa (b)

FORJA EN FRÍO. Fundamentalmente se efectúan operaciones de acabado o aquellas que se caracterizan por pequeños porcentajes de deformación.

FORJA EN CALIENTE. El 90% de piezas forjadas son hechas con este método. Con el calentamiento correcto de la pieza se mejora la capacidad de ésta para cambiar de forma y dimensiones, sin que se presenten fallas o agrietamiento.

Este método se clasifica según la complejidad del diseño de la matriz, la cual está constituida por un par de bloques con dimensiones e impresiones determinadas que sirven para dar forma al metal mediante un mecanismo que acciona las herramientas formadoras, haciendo contacto con las piezas de trabajo, comprimiéndolas ya sea por presión (prensa), o por impacto (martillo).



Figura 17 Ejemplo 1 del herramental utilizado para forja libre



Figura 18 Ejemplo 2 del herramental utilizado para forja libre

FORJA DE MATRIZ ABIERTA O LIBRE. Este tipo de proceso (figura 17 y 18) se emplea para producir formas simples en poco tiempo y con bajo costo, esto es debido a que carecen de detalles y dimensiones exactas. Las formas producidas con matriz abierta usualmente requieren de maquinaria adicional para poder terminar la geometría de la pieza.

FORJA ESTAMPA. En este proceso (figura 14, 16(B), 19 y 20) se utiliza una matriz, dado o estampa con una o varias cavidades de la geometría de la pieza. El impacto de la maza o la presión del émbolo sobre la pieza de trabajo, la obliga a llenar todo el hueco de las matrices coincidentes. La estampa puede constar de varias etapas que favorezcan la deformación del material y garanticen precisión y duración del herramental. El número de etapas estará definido por la complejidad de la pieza a producir.



Figura 19 Dado para Forja, dado progresivo para la fabricación de bielas



Figura 20 Dado para Forja, dado progresivo para la fabricación de bielas

FORJA CON RODILLOS. Este proceso (figura 21 y 22) se emplea para reducir la sección transversal de barras, razón por la cual se aplica en operaciones de preforma para la posterior forja en estampa. Por la forma en que se realiza y debido a su limitada aplicación,

en muchas ocasiones no se le menciona al definir los procesos de forja; normalmente involucra grandes deformaciones, por lo que se efectúa en caliente.



Figura 21 Forja con rodillos



Figura 22 Forja con rodillos

2.2.5. OPERACIONES DE FORJA

En la fabricación de una pieza forjada, lo normal suele ser la utilización de varias fases hasta llegar a la forma final. La denominación de cada una de estas fases se realiza en función de la operación que tienen encomendada (dobladora, iniciadoras, preparadoras., acabadoras. cortadoras).

Operaciones efectuadas durante el proceso

Recalcado. Representa el incremento en el diámetro del material cuando éste se comprime, lo cual involucra entonces una reducción en su altura o espesor. La existencia de fricción entre las herramientas y el metal no puede evitarse, esto da lugar a que el flujo de material sea menor en dichas intercaras que en el centro, por lo que la forma final es un cilindro abarrilado, con mayor diámetro hacia la mitad de su altura (figura 23).

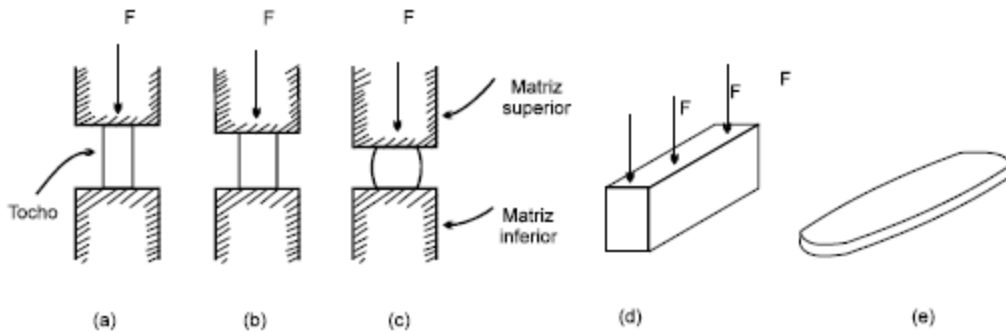


Figura 23 Recalcado de un tocho durante una operación de forja libre

Rebordeado. Se hace con estampas para dar forma a los extremos de las barras y acumular metal (Figura 24).

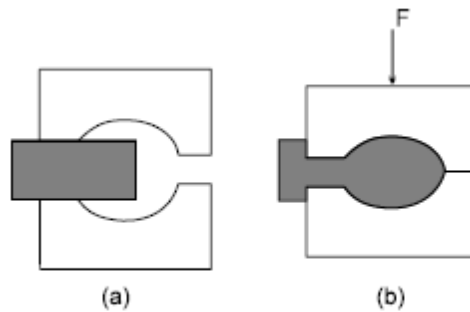


Figura 24 Rebordeado

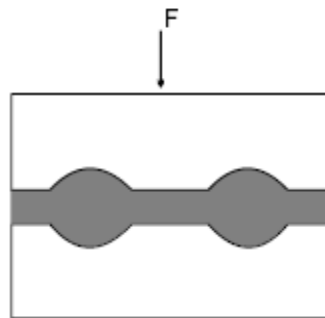


Figura 25 Estrangulación o degüello

Estrangulación o degüello. En la estrangulación se reduce el espesor de una región del metal donde este fluye desde el centro de la matriz (figura 25).

Consideraciones para el diseño de la estampa

Diseñar correctamente el proceso de fabricación y definir las fases y las máquinas que deben emplearse (figuras 19,20, 26, 27, 28, 29, 30 y 31), es fundamental para producir piezas mediante procedimientos racionales y económicos que permitan, además la máxima utilización del material empleado.

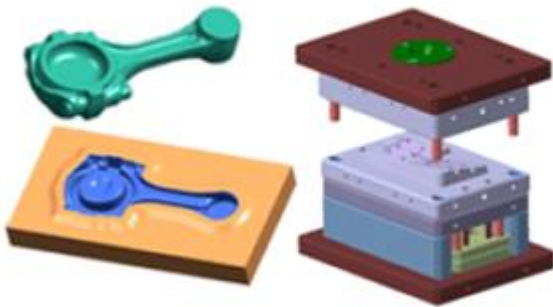


Figura 26 (a) Geometría de la estampa acabadora

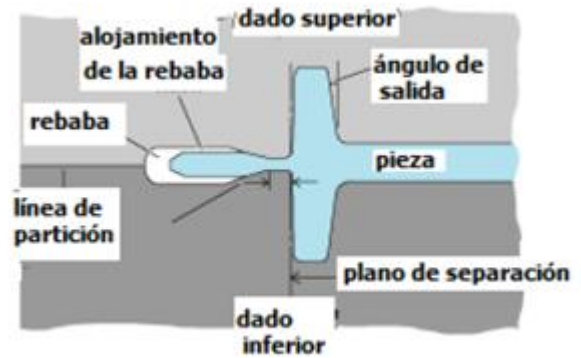


Figura 27 (b) Diseño del cordón y alojamiento de la rebaba



Figura 28 Martillos para forja: (a) Para forja libre



Figura 29 Martillos para forja: (b) Para forja en estampa



Figura 30 Prensas para forja: (a) Mecánica



Figura 31 Prensas para forja: (b) Hidráulica

El costo de la mano de obra, el tamaño del lote, además de, por supuesto, las facilidades de que se disponga, determinarán la forma en cómo se efectúa el proceso; esto es, si se utilizan varias máquinas que trabajen secuencialmente o una sola que cuente de una matriz múltiple.

El primer caso se empleará cuando se trate de series muy grandes, mientras que el segundo se utilizará cuando la producción no justifique la inversión en varias prensas. Cuando las series son muy limitadas (menores a 500 piezas), no es conveniente fabricar matrices múltiples, con lo que se sacrifica entonces precisión al emplear una sola etapa para la fabricación

Si tuvieran que fabricarse unas pocas piezas de un determinado tipo, sería suficiente una matriz de un acero de poca calidad e incluso no se requeriría mucha precisión en el maquinado del dado, ya que el mecanizado posterior de las piezas forjadas compensará las deficiencias de éstas y se habrá ahorrado mucho dinero en la fabricación de la matriz. Incluso el proceso de fabricación depende del número de piezas; para grandes series es importante diseñar el número suficiente de fases que permita una buena utilización del material y gran duración de las matrices.

2.2.6. MATERIALES USUALMENTE FORJADOS

En general podrán ser forjados todos aquellos materiales y aleaciones que presenten una buena plasticidad a la temperatura de trabajo, por lo que los cúbicos de cara centrada y

algunos cúbicos de cuerpo centrado y hexagonales compactos podrán forjarse; los más comunes son los aceros al carbono y de baja aleación. Materiales con alguna aplicación industrial son, por ejemplo:

- Aceros inoxidable
- Aceros refractarios
- Aluminio y aleaciones de aluminio
- Cobre y sus aleaciones
- Magnesio y sus aleaciones
- Titanio y sus aleaciones
- Níquel y sus aleaciones
- Berilio

Algunas aleaciones de materiales refractarios, tales como el tungsteno, niobio y molibdeno

La forjabilidad en los aceros estará determinada por su contenido de carbono y de otros aleantes.

Se pueden clasificar como:

Aceros de forja normal

$$C < 0.65\% \text{ y } Mn + Ni + Cr + Mo + V + W < 5\%$$

Aceros de forja difícil

$$C > 0.65\% \text{ o } Mn + Ni + Cr + Mo + V + W > 5\%$$

De los aceros inoxidable los de más difícil forja son los austeníticos, por su gran tenacidad. Se debe tener precauciones durante el enfriamiento de los inoxidable martensíticos para evitar un temple involuntario, que se puede traducir en limitada maquinabilidad, así como en agrietamiento del material. En general, los inoxidable ferríticos son más forjables.

Los aceros refractarios y de alta aleación presentan inconvenientes durante el proceso, ya que generalmente su plasticidad es reducida por la presencia de algunos microconstituyentes frágiles, como carburos y nitruros.

En general, existe una gran cantidad de aleaciones de aluminio forjables, aunque se debe tener cuidado ya que las condiciones de proceso de éstas varían notablemente en función de sus aleantes.

Tanto el cobre como varias de sus aleaciones pueden ser conformados por forja. La aleación de cobre de más fácil forja es el latón 60/40, la mayor dificultad corresponde al cuproaluminio 90/10. Estas piezas tienen aplicaciones muy variadas dependiendo de la aleación de que se trate, ya que pueden ser utilizados en contactos y conexiones eléctricas, ornamentación, herramientas, pernos, engranes, soportes, etc.

Por sus características mecánicas se recomienda que el magnesio y sus aleaciones se forjen en prensas hidráulicas o en prensas mecánicas lentas. En general, estas piezas son demandadas por la industria aeronáutica y automotriz en condiciones de servicio, hasta de 200 °C.

El titanio y sus aleaciones se pueden forjar con geometrías similares a las obtenidas para los aceros al carbono, aunque se requieren mayores presiones. Se deberán tener cuidados

especiales durante las operaciones de precalentamiento así como será necesario el empleo de atmósferas inertes o al vacío. Las piezas de titanio y sus aleaciones son demandadas por la industria química y aeroespacial, por ejemplo, refuerzos y elementos estructurales en aviones, álabes y otros componentes de turbinas.

Existe una gran diversidad de aleaciones de níquel que pueden ser forjadas, como el monel, inconel, hastelloy, etc.; en general, se requieren temperaturas similares que para los aceros al carbono, y se demandan mayores presiones. Por sus características, estos materiales son solicitados principalmente por la industria química.

2.2.7. CLASIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS PARA FORJA

Estas máquinas se clasifican por la forma de hacer contacto con el material de trabajo; esto es, por impacto y a presión.

Máquinas para forja por impacto

Los martillos cuentan con una maza que se desliza en una corredera, la cual, cuando el movimiento es vertical, tiene una carrera descendente, y ejerce una fuerza de golpeo contra un componente estacionario o yunque que se encuentra cerca de la base del martillo. La mitad superior de la matriz se coloca en la mesa móvil o corredera que tiene el peso que se va a proyectar, la mitad inferior se encuentra colocada sobre el yunque de la máquina.

Tabla 5 Clasificación de las máquinas para forja

| | | | |
|----------------------------|---|---|---|
| Considerando accionamiento | Simple efecto | Martillo de caída libre | de tablón de cadena de cuerda de tambor |
| | | Martillos de caída libre elevados por aire | |
| | Doble Efecto | Martillos de potencia Martillos de contragolpe Martillos de pequeña capacidad accionados por ballesta o por mecanismos de tipo excéntrico | |
| Considerando su aplicación | Martillo para forja libre Martillo para forja con matriz | | |

| | | | |
|---|---|--|--|
| Considerando el tipo de estructura o bastidor | Bastidor abierto o simple bastidor Bastidor cerrado o doble bastidor | | |
|---|---|--|--|

Máquinas para forja por aplicación de presión

Por su accionamiento se clasifican en la siguiente tabla:

Tabla 6 Clasificación de las máquinas para forja por aplicación de presión

| | | |
|---------|-------------|---|
| Prensas | Mecánicas | Husillo-tuerca De cuña De rodillera De biela-cigüeñal |
| | Hidráulicas | Aplicación más lenta de la presión, mayor eficiencia, mayor costo inicial |

En general, las prensas se caracterizan porque la deformación del material es homogénea, así como por una mayor precisión y calidad de las piezas producidas. Aun cuando la velocidad de aplicación de la carga es menor, su productividad es mayor, ya que sólo se requiere una carrera de la corredera para obtener la impresión que se desea. La principal desventaja al compararlas con los martillos es su elevado costo inicial.

Las prensas para forja incorporan una corredera que se mueve en dirección vertical para ejercer la presión sobre la pieza de trabajo, en contraste con los característicos golpes de los martillos. En general, todas las prensas pueden producir todos los tipos de forja producidos por los martillos.

Prensa hidráulica. La corredera de una prensa hidráulica es manejada por pistones. Seguido a una aproximación rápida, la corredera se mueve con una velocidad baja realizando la compresión de la pieza de trabajo, que se retiene en la matriz inferior. La velocidad de compresión puede ser exactamente controlada así, permitiendo también el control de la velocidad del flujo del metal. Esta característica es particularmente ventajosa ya que produce forjas con tolerancias cerradas.

Los principales componentes de una prensa hidráulica se muestran en la figura 28.

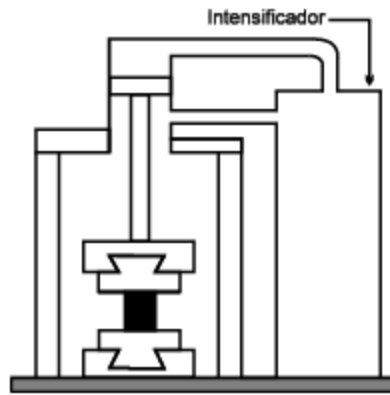


Figura 32 Accionamiento esquemático de una prensa hidráulica

Las capacidades de las prensas hidráulicas están entre 300 y 50,000 toneladas.

Principales ventajas de la prensa hidráulica:

- La presión puede ser modificada en cualquier punto de la carrera, de acuerdo con las necesidades del proceso.
- El porcentaje de deformación puede ser controlado al igual que la variación uniforme durante la carrera, si se requiere.

Desventajas de las prensas hidráulicas:

- El costo inicial de la prensa hidráulica es más alto que el de la prensa mecánica de equivalente capacidad.
- La acción de la prensa hidráulica comparada con la mecánica es más lenta.
- La menor velocidad de accionamiento de la prensa hidráulica trae como consecuencia la disminución de la vida de la matriz debido al calentamiento de ésta

SELECCIÓN DE MARTILLOS Y PRENSAS PARA FORJA.

La selección de los equipos para forja depende idealmente de la geometría, tamaño de la pieza y número de éstas, así como de la carga demandada para su producción.

Es difícil relacionar la energía de los martillos de caída libre para los pesos y dimensiones de las piezas que puedan producirse, debido a las limitaciones impuestas por el material y la forma específica de la forja. En general, un martillo de 454 kg (1,000 lb) puede producir piezas de acero al carbono y aleaciones que pesen arriba de 1.36 kg (3 lb); uno de tabla de 1,361 kg (3000 lb) con una potencia de golpeo alrededor de 1,935 kg-m (14,000 ft-lb) se puede emplear en la fabricación de piezas que pesen arriba de 11.4 kg (25 lb). Por su parte, un martillo de 2,537 kg

(5,000 lb) puede fabricar forjas convencionales que pesen arriba de 454 kg (1000 lb).

Como se comentó anteriormente, las prensas se emplearán en el caso de piezas de configuración más compleja, cuando se requiere mayor precisión y para lotes mayores a las 10,000 unidades.

Para la selección de las prensas será necesario calcular primero la presión y la carga de forja demandada por la pieza, además, es necesario diseñar las etapas intermedias para revisar la posibilidad de que la estampa se adapte a las dimensiones de la prensa. Una vez cubiertos ambos requisitos se tendrá la seguridad de que la pieza se puede producir con el equipo propuesto.

2.3. CARACTERÍSTICAS DEL HORNO DE INDUCCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa cuenta con dos hornos de inducción:

- Ajax tocco magnethermic de 250 kW
 - Características
 - 440 volt
 - Cable de alimentación de 250-350 KSM
 - Sistema de enfriamiento de placas por agua
 - Temperatura máxima para el calentamiento de tochos de 1100 °C
 - Diámetro de entrada de tocho de 2''
 - Longitud del horno de 4 ''



Figura 33 Panel de control del horno Ajax tocco magnethermic



Figura 34 horno Ajax tocco magnethermic



Figura 35 horno Ajax tocco magnethermic vista frontal

- Horno de modelo y marca desconocida de 750 kW
 - Características
 - 440 volt
 - Cable de alimentación de 350-500 KSM
 - Sistema de enfriamiento de placas por agua
 - Temperatura máxima para el calentamiento de tochos de 1100 °C
 - Diámetro de entrada de tocho de 4''
 - Longitud del horno de 8 ''



Figura 36 Panel de control del horno de marca genérica



Figura 37 Horno de marca genérica



Figura 38 Horno de marca genérica vista frontal

2.3.1. SELECCIÓN DEL HORNO DE INDUCCIÓN

Se tomó el horno de inducción Ajax tocco magnethermic de 250 kW, para fines de diseño del alimentador, así mismo por ser este el más usado en el proceso de forja dentro de la empresa, ya a que está más cercano a las dos prensas hidráulicas de 750 lb/in^2 .

2.4. APLICACIÓN DE LA INGENIERÍA EN EL DESARROLLO DEL DISEÑO

2.4.1. EQUILIBRIO DE CUERPO DEFORMABLE

Cargas externas. Un cuerpo puede estar sometido a dos tipos de cargas externas, es decir, las fuerzas de superficie o las fuerzas de cuerpo. Vea la figura 39

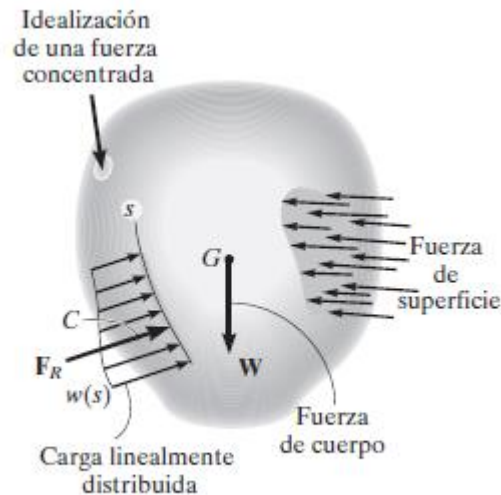


Figura 39 Cargas externas

Fuerzas de superficie. Las fuerzas de superficie son causadas por el contacto directo de un cuerpo con la superficie de otro. En todos los casos esas fuerzas están distribuidas sobre el área de contacto entre los cuerpos. Si esta área es pequeña en comparación con el área de la superficie total del cuerpo, entonces la fuerza de superficie puede idealizarse como una sola fuerza concentrada, que se aplica a un punto sobre el cuerpo. Por ejemplo, la fuerza del suelo sobre las ruedas de una bicicleta puede considerarse como una fuerza concentrada. Si la carga de la superficie se aplica a lo largo de un área estrecha o línea, la carga puede idealizarse como una carga linealmente distribuida, $w(s)$. Aquí la carga se mide como si tuviese una intensidad de fuerza/longitud a lo largo de la línea y se representa de manera gráfica como una serie de flechas a lo largo de la línea s . La fuerza resultante F_R de $w(s)$ es equivalente al área bajo la curva de la carga distribuida, y esta resultante actúa a través del centroide C (o centro geométrico) de dicha área. Las cargas ubicadas en toda la longitud de una viga es un ejemplo típico en el que, a menudo, se aplica esta idealización.

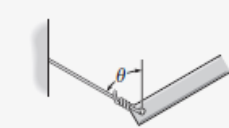
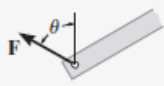

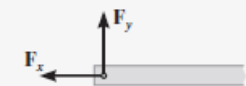
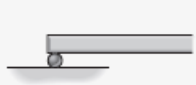
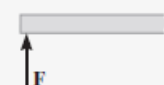

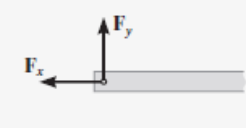


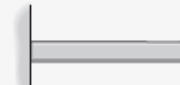
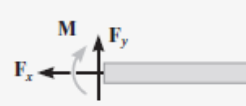
Fuerzas de cuerpo. Una fuerza de cuerpo se desarrolla cuando un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro cuerpo sin contacto físico directo entre éstos. Entre algunos ejemplos se encuentran los efectos causados por la gravitación de la Tierra o por su campo electromagnético. Aunque las fuerzas de cuerpo afectan cada una de las partículas que lo forman, estas fuerzas se representan por una sola fuerza concentrada que actúa sobre el cuerpo. En el caso de la gravitación, esta fuerza se llama el peso del cuerpo y actúa a través del centro de gravedad del mismo.

Reacciones en los soportes (apoyos). Las fuerzas de superficie que se desarrollan en los soportes o puntos de contacto entre los cuerpos se llaman reacciones. En la tabla 7 se

muestran los soportes más comunes para los problemas bidimensionales, es decir, para cuerpos sometidos a sistemas de fuerzas coplanares. Observe con cuidado el símbolo utilizado para representar cada soporte y el tipo de reacciones que ejerce sobre el elemento con el que está en contacto. Como regla general, si el soporte impide la traslación en una dirección dada, entonces debe desarrollarse una fuerza sobre el elemento en esa dirección.

Del mismo modo, si se impide la rotación, debe ejercerse un momento sobre el elemento. Por ejemplo, un soporte de rodillo sólo puede impedir la traslación perpendicular o normal a la superficie. Por consiguiente, el rodillo ejerce una fuerza normal F sobre el elemento en el punto de contacto. Como el elemento puede girar libremente con respecto al rodillo, no puede desarrollarse un momento sobre el elemento.

Tabla 7 Tipos de conexión y reacciones

| Tipo de conexión | Reacción | Tipo de conexión | Reacción |
|---|--|--|--|
|  <p>Cable</p> |  <p>Una incógnita: F</p> |  <p>Pasador externo</p> |  <p>Dos incógnitas: F_x, F_y</p> |
|  <p>Rodillo</p> |  <p>Una incógnita: F</p> |  <p>Pasador interno</p> |  <p>Dos incógnitas: F_x, F_y</p> |
|  <p>Soporte liso</p> |  <p>Una incógnita: F</p> |  <p>Soporte fijo</p> |  <p>Tres incógnitas: F_x, F_y, M</p> |

2.4.2. ECUACIONES DE EQUILIBRIO.

El equilibrio de un cuerpo requiere un balance de fuerzas para impedir que el cuerpo se traslade o tenga movimiento acelerado a lo largo de una trayectoria recta o curva, y un balance de momentos para impedir que el cuerpo gire. Estas condiciones pueden expresarse de manera matemática mediante dos ecuaciones vectoriales

$$\Sigma F = 0$$

$$\Sigma M_o = 0$$

Aquí, ΣF representa la suma de todas las fuerzas que actúan sobre el cuerpo y ΣM_o es la suma de los momentos de todas las fuerzas respecto a cualquier punto O ya sea sobre o fuera del cuerpo. Si se fija un sistema de coordenadas x, y, z con el origen en el punto O , los vectores de fuerza y de momento pueden separarse en componentes a lo largo de los

ejes coordenados y en las dos ecuaciones anteriores pueden escribirse en forma escalar como seis ecuaciones, consideradas como,

$$\Sigma F_x = 0, \Sigma F_y = 0, \Sigma F_z = 0$$

$$\Sigma M_x = 0, \Sigma M_y = 0, \Sigma M_z = 0$$

Con frecuencia, en la práctica de la ingeniería, la carga sobre un cuerpo puede representarse como un sistema de fuerzas coplanares. Si éste es el caso, y las fuerzas se encuentran en el plano x-y, entonces las condiciones para el equilibrio del cuerpo pueden especificarse mediante sólo tres ecuaciones escalares de equilibrio, que son:

$$\Sigma F_x = 0$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$\Sigma M_o = 0$$

Aquí todos los momentos se suman con respecto al punto O, y éstos estarán dirigidos a lo largo del eje z.

La aplicación exitosa de las ecuaciones de equilibrio requiere la especificación completa de todas las fuerzas conocidas y desconocidas que actúan sobre el cuerpo, por lo que la mejor manera de tomar en cuenta todas esas fuerzas es dibujar el diagrama de cuerpo libre del cuerpo.

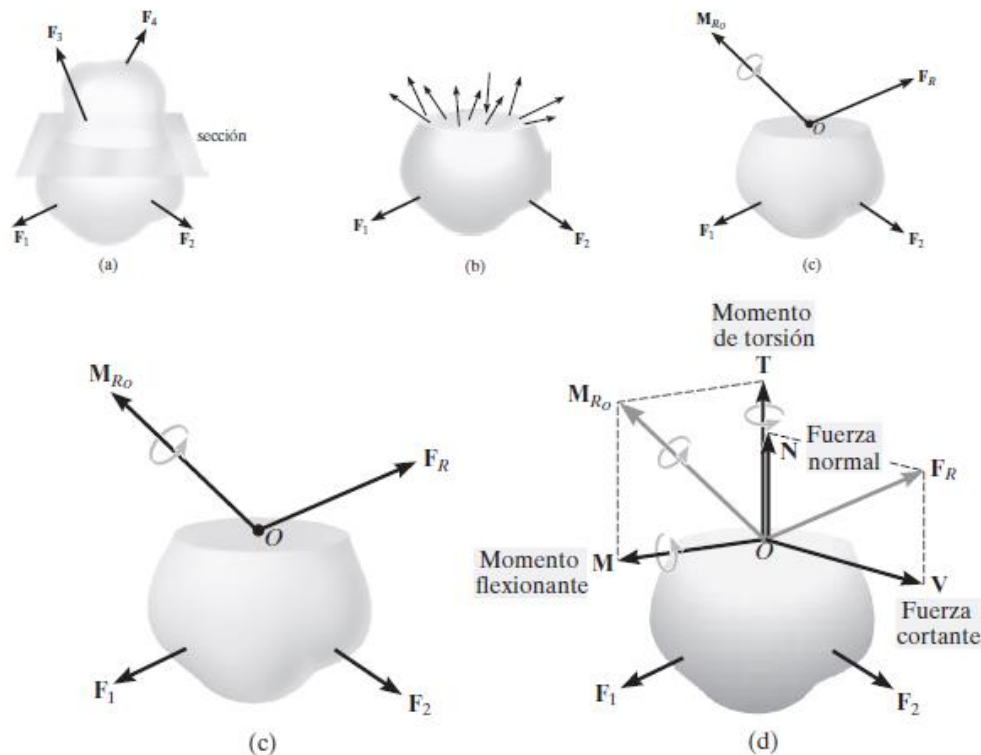


Figura 40 Cargas internas de los cuerpos

Cargas internas resultantes. En la mecánica de materiales, la estática se usa principalmente para determinar las cargas resultantes que actúan dentro de un cuerpo. Por ejemplo, considere el cuerpo que se muestra en la figura 40a, que se mantiene en equilibrio mediante las cuatro fuerzas externas.* A fin de obtener las cargas internas que actúan sobre una región específica dentro del cuerpo, es necesario hacer una sección imaginaria o “corte” a través de la región donde van a determinarse las cargas internas. Después, las dos partes del cuerpo se separan y se dibuja un diagrama de cuerpo libre de una de las partes, figura 40b.

Observe que en realidad existe una distribución de la fuerza interna que actúa sobre el área “expuesta” de la sección. Esas fuerzas representan los efectos del material de la parte superior del cuerpo que actúa sobre el material adyacente de la parte inferior.

Aunque la distribución exacta de la carga interna puede ser desconocida, pueden usarse las ecuaciones de equilibrio para relacionar las fuerzas externas sobre la parte inferior del cuerpo con la fuerza y el momento resultantes de la distribución, F_r y M_{Ro} , en cualquier punto específico O sobre el área seccionada, figura 40c. Más adelante se mostrará que el punto O suele escogerse en el centroide del área seccionada, y así se le considerará aquí a menos que se indique lo contrario. Además, si un elemento es largo y delgado, como en el caso de una barra o una viga, la sección que debe considerarse se toma perpendicular al eje longitudinal del elemento. A esta sección se le llama sección transversal.

Tres dimensiones. Más adelante se mostrará la manera de relacionar las cargas resultantes, F_r y M_{Ro} , con la distribución de fuerza en el área seccionada y se desarrollarán ecuaciones que puedan usarse para el análisis y diseño del cuerpo. Sin embargo, para hacer esto deben considerarse las componentes de F_r y M_{Ro} actuando de forma normal o perpendicular al área seccionada, figura 40d. Entonces, pueden definirse cuatro diferentes tipos de cargas resultantes de la manera siguiente:

Fuerza normal, N. Esta fuerza actúa perpendicularmente al área. Se desarrolla siempre que las cargas externas tienden a empujar o jalar sobre los dos segmentos del cuerpo.

Esfuerzo cortante, V. El esfuerzo cortante se encuentra en el plano del área y se desarrolla cuando las cargas externas tienden a ocasionar que los dos segmentos del cuerpo se deslicen uno sobre el otro.

Momento de torsión o torque, T. Este efecto se desarrolla cuando las cargas externas tienden a torcer un segmento del cuerpo con respecto al otro alrededor de un eje perpendicular al área.

Momento flexionante, M. El momento flexionante es causado por las cargas externas que tienden a flexionar el cuerpo respecto a un eje que se encuentra dentro del plano del área.

Observe que en este texto la representación gráfica de un momento o torque se muestra en tres dimensiones como un vector con una rotacional (flecha curva) asociada. Mediante la regla de la mano derecha, el pulgar proporciona el sentido de la flecha del vector y la curva o los dedos indican la tendencia de rotación (torsión o flexión).

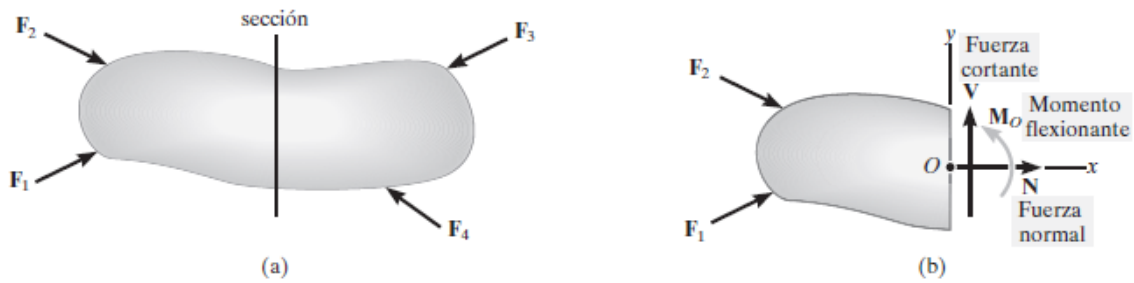


Figura 41 Sección de cuerpos en 2D

Cargas coplanares. Si el cuerpo está sometido a un sistema de fuerzas coplanares, figura 41a, entonces en la sección sólo existen componentes de fuerza normal, de fuerza cortante y de momento flexionante, figura 41b. Si se usan los ejes coordenados x, y, z , como se muestra en el segmento de la izquierda, entonces N puede obtenerse al aplicar $\Sigma F_x = 0$ y V se puede obtener de $\Sigma F_y = 0$. Por último, el momento flexionante M_o se puede determinar mediante la suma de momentos respecto al punto O (el eje z), $\Sigma M_o = 0$ a fin de eliminar los momentos causados por las incógnitas N y V .

2.4.3. ESFUERZO

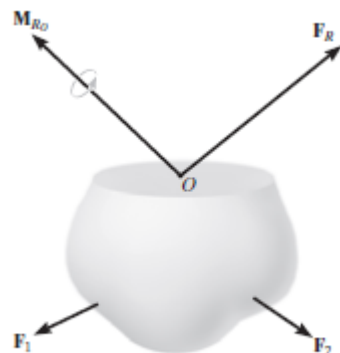


Figura 42 Esfuerzos en cuerpos rígidos

La figura 42, representan los efectos resultantes de la distribución de fuerza verdadera que actúa sobre el área seccionada, figura 43a. La obtención de esta distribución tiene una importancia primordial en la mecánica de materiales. Para resolver este problema es necesario establecer el concepto de esfuerzo.

Se considerará en primer lugar que el área seccionada está subdividida en áreas pequeñas, tal como el área ΔA mostrada en la figura 43a. Al reducir ΔA a un tamaño cada vez más pequeño, deben adoptarse dos suposiciones respecto a las propiedades del material. Se

considerará que el material es continuo, es decir, que consiste en una distribución uniforme o continua de materia que no contiene huecos. Además, el material debe ser cohesivo, lo que significa que todas sus partes están conectadas entre sí, sin fracturas, grietas o separaciones. En la figura 43a se muestra una fuerza típica finita pero muy pequeña ΔF , la cual actúa sobre su área asociada ΔA . Esta fuerza, como todas las demás, tendrá una dirección única, pero para el análisis que se presenta a continuación se remplazará por sus tres componentes, ΔF_x , ΔF_y y ΔF_z , que se toman tangente, tangente y normal al área, respectivamente. Cuando ΔA se aproxima a cero, tanto ΔF y sus componentes hacen lo mismo; sin embargo, el cociente de la fuerza y el área tenderán en general a un límite finito. Este cociente se llama esfuerzo y describe la intensidad de la fuerza interna sobre un plano específico (área) que pasa a través de un punto.

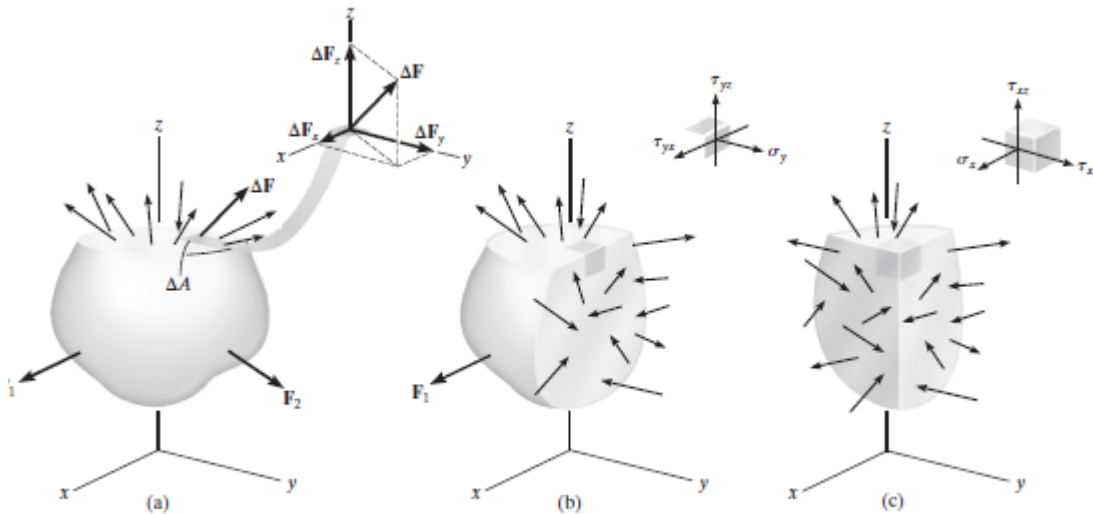


Figura 43 Graficas de esfuerzos internos

Esfuerzo normal. La intensidad de la fuerza que actúa en forma normal a ΔA se define como el esfuerzo normal, σ (sigma). Como ΔF_z , es normal al área, entonces;

$$\sigma_z = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_z}{\Delta A}$$

Si la fuerza o el esfuerzo normal “jala” al elemento ΔA , como se muestra en la figura 43a, se le denomina esfuerzo de tensión, mientras que si “empuja” a ΔA se le llama esfuerzo de compresión.

Esfuerzo cortante. La intensidad de la fuerza que actúa tangente a ΔA se llama esfuerzo cortante, τ (tau). A continuación se presentan las componentes del esfuerzo cortante.

$$\tau_{zx} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_x}{\Delta A}$$

$$\tau_{zy} = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F_y}{\Delta A}$$

Observe que en esta notación el subíndice z indica la orientación del área ΔA , figura 44, y que x y y se usan para especificar los ejes a lo largo de los cuales actúa cada esfuerzo cortante.

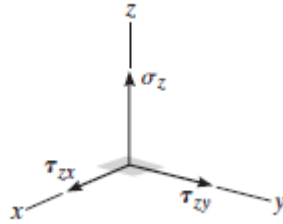


Figura 44 Plano de esfuerzos

Estado general de esfuerzo. Si el cuerpo está seccionado adicionalmente por planos paralelos al plano x-z, figura 43b, y al plano y-z, figura 43c, entonces es posible “separar” un elemento cúbico de volumen de material en el que se representa el estado de esfuerzo que actúa alrededor del punto elegido en el cuerpo. De tal manera, este estado de esfuerzo se caracteriza mediante tres componentes que actúan sobre cada cara del elemento, figura 45.

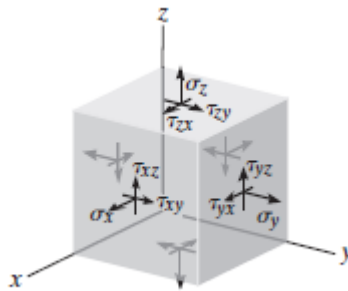


Figura 45 Estado de esfuerzos

2.4.4. ESFUERZO NORMAL PROMEDIO

En esta sección se determinará la distribución del esfuerzo promedio que actúa sobre el área de la sección transversal de una barra cargada axialmente, como la que se muestra en la figura 46a. Esta barra es prismática porque todas las secciones transversales son iguales en toda su longitud. Cuando la carga P se aplica a la barra a través del centroide del área de su sección transversal, la barra se deformará de manera uniforme en toda la región central de su longitud, como se muestra en la figura 46b, siempre y cuando el material de la barra sea homogéneo e isotrópico.

Un material homogéneo tiene las mismas propiedades físicas y mecánicas en todo su volumen, y un material isotrópico tiene estas mismas propiedades en todas las direcciones. Muchos materiales de ingeniería pueden aproximarse a ser homogéneos e isotrópicos

como se supone aquí. Por ejemplo, el acero contiene miles de cristales orientados aleatoriamente en cada milímetro cúbico de su volumen, y como la mayoría de los problemas que involucran este material tienen un tamaño físico que es mucho mayor a un solo cristal, la hipótesis anterior sobre la composición del material es bastante realista.

Tenga en cuenta que los materiales anisótropicos como la madera tienen propiedades distintas en diferentes direcciones, y aunque este sea el caso, si la anisotropía de la madera está orientada a lo largo del eje de la barra, está también se deformarán de manera uniforme cuando se someta a la carga axial P .

Distribución del esfuerzo normal promedio. Si se pasa una sección través de la barra y se separa en dos partes, entonces el equilibrio requiere que la fuerza normal resultante en la sección sea P , figura 46c. Dada la deformación uniforme del material, es necesario que la sección transversal esté sometida a una distribución del esfuerzo normal constante, figura 46d.

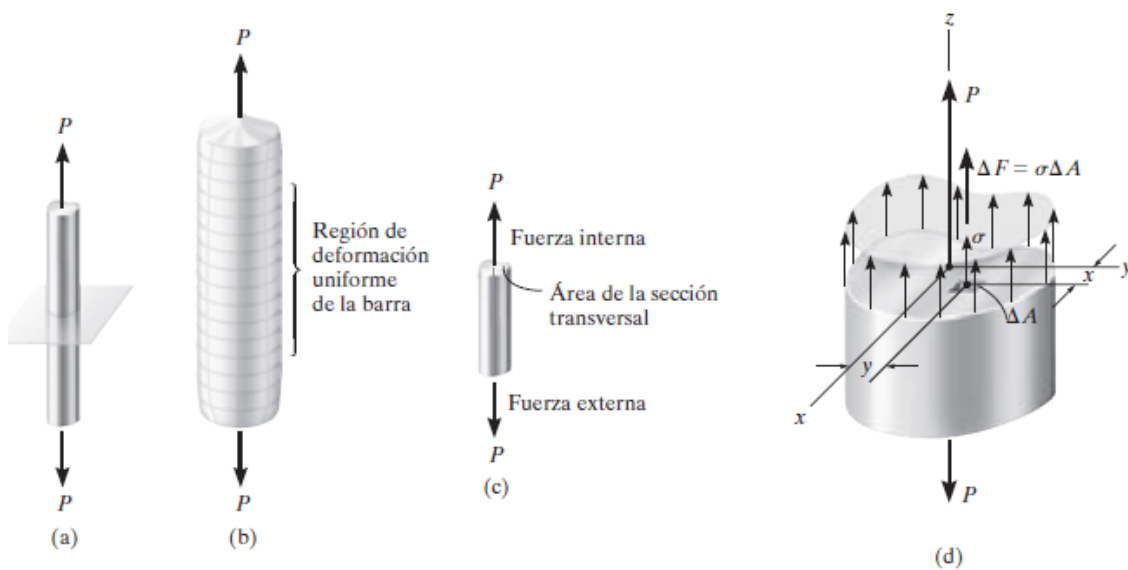


Figura 46 Esfuerzo normal promedio en una barra cargada axialmente

En consecuencia, cada pequeña área ΔA en la sección transversal está sometida a una fuerza $\Delta F = \sigma \Delta A$, y la suma de estas fuerzas que actúan sobre toda el área de la sección transversal debe ser equivalente a la fuerza interna resultante P en la sección. Si se hace que $\Delta A \rightarrow dA$ y por consiguiente $\Delta F \rightarrow dF$, entonces como σ es constante, se tiene

$$+\uparrow F_{Rz} = \Sigma F_z; \quad \int dF = \int_A \sigma dA; \quad P = \sigma A$$

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

Aquí

σ = esfuerzo normal promedio en cualquier punto del área de la sección transversal.

P = fuerza normal interna resultante, que actúa a través del centroide del área de la sección transversal. P se determina usando el método de las secciones y las ecuaciones de equilibrio.

A = área de la sección transversal de la barra, donde se determina σ .

2.4.5. DISEÑO

El diseño está ligado a la concepción, construcción o implementación de objetos, sistemas o dispositivos que no existen aún, o que existiendo requieren modificaciones para cumplir con nuevos requerimientos. Implica la toma de decisiones frente a la incertidumbre causada por la falta de información o antecedentes.

Existen un sin número de definiciones de lo que es el diseño, sin embargo mencionaremos solamente algunas que consideramos importantes y que fueron dadas por diferentes autores. Podemos decir entonces que:

a).- El diseño es una actividad creativa que supone la consecución de algo nuevo y útil, sin existencia previa. (Reswick, 1965).

b).- El diseño es la solución óptima de un conjunto de verdaderas necesidades en un conjunto particular de circunstancias. (Matchett, 1968).

c).- El diseño consiste en simular lo que queremos construir (o hacer), antes de construirlo (o hacerlo), tantas veces como sea necesario para confiar en el resultado final. (Booker, 1964).

d).- El diseño técnico es la utilización de principios científicos, información técnica e imaginación en la definición de una estructura mecánica, máquina o sistema que realice funciones específicas con el máximo de economía y eficiencia. (Fielden, 1963).

Tomando como apoyo las definiciones anteriores podemos establecer el siguiente concepto:

El “diseño mecánico” es el proceso lógico que ordena y planea la actividad creativa que, utilizando principios científicos, información técnica e imaginación, define estructuras mecánicas, máquinas o sistemas para realizar funciones específicas con el máximo de economía y eficiencia.

2.4.6. FILOSOFÍA DEL DISEÑO

El diseño es una disciplina común a muchos casos. En todos participa con características similares, cuya enumeración facilita su definición.

El diseño es acción, actividad, romper el equilibrio, ya que sin esto no se iniciaría el proceso de diseño.

2.4.7. PROCESO DEL DISEÑO

Las fases del diseño se refieren a las etapas que hay que tomar en cuenta en el desarrollo de cualquier diseño. De hecho nos muestran la metodología que debe seguirse a lo largo de todo el proceso. Lo anterior puede ser representado por la figura 47.

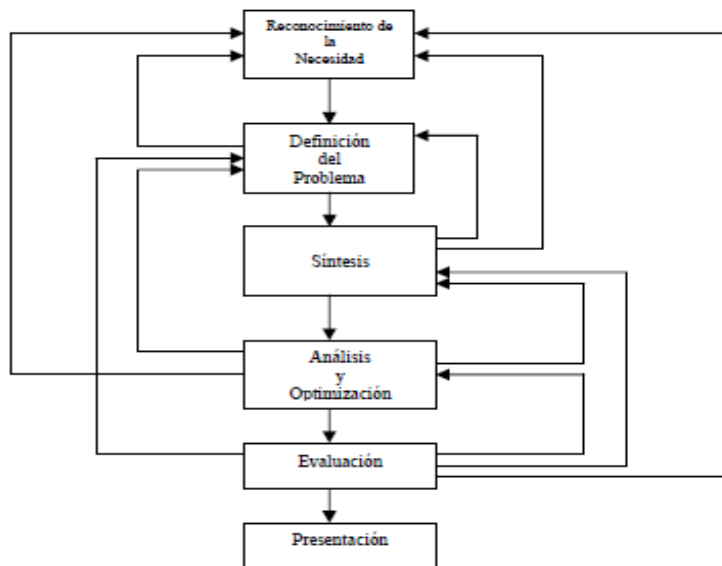


Figura 47 Etapas del diseño

2.4.7.1. RECONOCIMIENTO DE UNA NECESIDAD.

Generalmente el diseño comienza cuando nos damos cuenta de una necesidad y decidimos hacer algo al respecto. Una necesidad se identifica fácilmente después de que alguien la ha planteado.

2.4.7.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Debe abarcar todas las condiciones para el objeto que se ha de diseñar. Tales condiciones o especificaciones son las cantidades de entrada y salida, las características y dimensiones que deberá ocupar el objeto y, todas las limitaciones a estas cantidades.

Las especificaciones definen el costo, la cantidad de piezas a fabricar, la duración esperada, el intervalo o variedad de capacidades, la temperatura de trabajo y la confiabilidad.

2.4.7.3. SÍNTESIS.

Este paso se refiere a la búsqueda de muchos procedimientos alternativos de diseños posibles, sin preocuparse de su valor o calidad. Este paso se conoce a veces como paso de ideas de invención, en el cual se genera en número mayor posible de soluciones creativas.

2.4.7.4. ANÁLISIS Y OPTIMIZACIÓN.

En esta etapa se requiere que se ideen o imaginen modelos abstractos del sistema que admitan alguna forma de análisis matemático. Tales modelos reciben el nombre de modelos matemáticos. Al crearlos se espera encontrar alguno que reproduzca lo mejor posible el sistema físico real.

1.2.5.- EVALUACIÓN.

Esta fase es muy importante dentro del proceso total del diseño, pues es la demostración definitiva de que el diseño es acertado y, generalmente incluye pruebas con un prototipo en el laboratorio. En este punto es cuando se desea observar si el diseño satisface realmente las necesidades. Por ejemplo:

- ¿Es confiable?
- ¿Competirá con éxito contra productos semejantes?
- ¿Es fácil de mantener y ajustar?
- ¿Se obtendrán ganancias por su venta o uso?

1.2.6.- PRESENTACIÓN.

La presentación del diseño a otras personas es el paso final y vital del diseño. Es indudable que muchos diseños importantes, inventos y trabajos creativos se han perdido en el tiempo, sencillamente porque los creadores se rehusaron o no fueron capaces de explicar sus creaciones a otras personas.

En esencia hay tres medios de comunicación que se pueden utilizar:

- a) Forma oral.
- b) Forma escrita.
- c) Representación gráfica.

Estas tres formas de comunicación, son habilidades o conocimientos que puede adquirir o desarrollar una persona inteligente. La habilidad o destreza se adquiere solo por la práctica. Por lo general las comunicaciones habladas o escritas requieren de estudio para comprenderlas, pero las imágenes pueden comprenderse con facilidad y deben usarse libremente.

El ingeniero competente no debe temer a la posibilidad de no tener éxito en una presentación. De hecho es de esperar que tenga fracasos ocasionales, porque generalmente, se encuentra con críticas negativas cada vez que surge una idea creativa. De cada fracaso puede aprender muchísimo y las mayores ganancias las obtienen quienes no rehúyen al riesgo de la derrota. A fin de cuentas el verdadero fracaso será abstenerse en absoluto de presentar ideas.

2.4.8. FACTORES DE DISEÑO.

La expresión factor de diseño significa alguna característica o consideración que influye en el diseño de un elemento, o quizá en todo el sistema. Por lo general se tienen que tomar en cuenta varios de esos factores para un diseño determinado.

En ocasiones algunos de esos factores serán críticos y, si se satisfacen sus condiciones no será necesario considerar los demás. A continuación se indican algunos de los factores que hay que tomar en cuenta:

1. Resistencia mecánica.
2. Vida útil.
3. Confiabilidad.
4. Forma.
5. Rendimiento.
6. Acabado exterior.
7. Cantidad de material.
8. Seguridad.
9. Mantenimiento.
10. Peso.
11. Costo.
12. Ruido.

Algunos de estos factores se refieren directamente a las dimensiones, al tipo de material, al proceso de fabricación, o bien a la unión o ensamble de los elementos del sistema. Otros se relacionan con la configuración total del sistema.

Con el fin de tomar en cuenta en el diseño los factores anteriores, se emplea lo que se conoce como “factor de seguridad”.

Para materiales dúctiles en los cuales se considera que el esfuerzo último a la tensión y compresión tienen el mismo valor, se tiene:

$$n_{u(diseño)} = \frac{\text{Esfuerzo (Ultimo)}}{\text{Esfuerzo (Trabajo)}} = \frac{\text{Resistencia (Ultima)}}{\text{Esfuerzo (Trabajo)}}$$

$$n_{y(diseño)} = \frac{\text{Esfuerzo (Cedencia)}}{\text{Esfuerzo (Trabajo)}} = \frac{\text{Resistencia (Fluencia)}}{\text{Esfuerzo (Trabajo)}}$$

Resulta aparente que la relación del factor de seguridad apropiada es empírica y depende mucho de la experiencia que se tenga. Cuando un dispositivo tiene mucho tiempo de uso, los factores referentes a su comportamiento son confiables. De hecho se puede depender de tales datos aunque hayan tenido modificaciones en el diseño.

Joseph P. Vidosic considera razonables los siguientes factores de seguridad, los cuales están basados en la resistencia a la cadencia:

1.- $n_s = 1.25 - 1.5$, para materiales muy confiables usados bajo condiciones controladas y, sujetos a carga y esfuerzo que puedan determinarse con exactitud.

2.- $n_s = 1.5 - 2$, para materiales con características perfectamente conocidas con condiciones ambientales fijas y, sujetos a cargas y esfuerzos que puedan determinarse con facilidad.

3.- $n_s = 2 - 2.5$, para materiales que trabajan en condiciones normales y sujetos a carga y esfuerzo que puedan calcularse

4.- $n_s = 2.5 - 3$, para materiales poco experimentados o para materiales frágiles en condiciones normales de medio ambiente, carga y esfuerzo.

5.- $n_s = 3 - 4$, para materiales no experimentados en condiciones normales de medio ambiente, carga y esfuerzo.

6.- $n_s = 2 - 4$, para fuerzas de impacto, donde deberá incluirse un factor de impacto.

7.- $n_s = 3 - 8$, para materiales frágiles, considerando a la resistencia última como la máxima teórica.

2.4.9. HERRAMIENTAS Y RECURSOS DE DISEÑO

En la actualidad, el ingeniero tiene una gran variedad de herramientas y recursos disponibles que le ayudan a solucionar problemas de diseño. Las microcomputadoras poco caras y los paquetes robustos de software proporcionan herramientas de gran capacidad para diseñar, analizar y simular componentes mecánicos. Además de estas herramientas, el ingeniero siempre necesita información técnica, ya sea en forma de desempeño básico en ciencias/ingeniería o las características de componentes especiales recién lanzados. En este caso, los recursos pueden ir desde libros de ciencia/ingeniería hasta folletos o catálogos de los fabricantes. También la computadora puede jugar un papel importante en la recolección de información.

2.4.9.1. HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES

El software para el diseño asistido por computadora (CAD) permite el desarrollo de diseños tridimensionales (3-D) a partir de los cuales pueden producirse vistas ortográficas convencionales en dos dimensiones con dimensionamiento automático. Las trayectorias de las herramientas pueden generarse a partir de los modelos 3-D y, en algunos casos, las partes pueden crearse directamente desde una base de datos 3-D mediante el uso de un método para la creación rápida de prototipos y manufactura (estereolitografía): ¡manufactura sin papeles! Otra ventaja de este tipo de base de datos es que permite cálculos rápidos y exactos de ciertas propiedades como la masa, la localización del centro

de gravedad y los momentos de inercia de masa. Del mismo modo, pueden obtenerse con facilidad otras propiedades como áreas y distancias entre puntos. Existe una gran cantidad de software de CAD disponible como Aries, AutoCAD, CadKey, I-Deas, Unigraphics, Solid Works y ProEngineer, sólo por mencionar algunos.

2.4.10. SELECCIÓN DE SOFTWARE CAD (SOLIDWORKS)

SolidWorks es un programa de diseño mecánico en 3D con el que puedes crear geometría 3D usando sólidos paramétricos, la aplicación está enfocada a diseño de producto, diseño mecánico, ensambles, y dibujos para taller. SolidWorks diseña de forma que va dejando un historial de operaciones para que puedas hacer referencia a ellas en cualquier momento.

SolidWorks tiene soluciones para industrias de plásticos, lámina delgada, eléctrica, simulación y análisis por elementos finitos, el programa incluye un módulo inteligente de detección de errores de diseño y módulos para diseño sustentable. Como herramienta de diseño 3D es fácil de usar, acompaña al ingeniero mecánico y el diseñador industrial en su desempeño diario.

Con SolidWorks puedes diseñar piezas mecánicas en 3D, evaluar ensambles de varias piezas y producir dibujos de fabricación para el taller, además podrás manejar los datos de diseño en su sistema de administración PDM y llevar un control de las versiones de dibujos.

Al diseñar puedes evaluar el impacto ambiental del diseño, simular virtualmente las condiciones y análisis del diseño en situaciones reales y optimizar su desempeño. El programa está basado en un motor de modelado de sólidos y también contiene comandos de creación, edición de superficies complejas, además es asociativo entre los modelos 3D y sus dibujos.

2.4.10.1. APLICACIÓN DE SOLIDWORKS

En diseño mecánico, sistemas mecatrónicas, cinemática, ensamble de robótica, diseño automotriz y aeroespacial, biomecánica, diseño de dispositivos médicos.

- Módulos:
 - SolidWorks Premium para diseño de producto 3D
 - SolidWorks Simulation para análisis y simulación
 - SolidWorks Sustainability para diseño sustentable
- Por Aplicación
 - SolidWorks Plastics para diseño de piezas y preparación de moldes.

- SolidWorks Electrical para diseño de tableros
- SolidWorks Enterprise PDM para manejo de datos de ciclo de vida de producto
- 3DVia Composer para documentación CAD.
- SolidWorks student edition software para educación y universidades.
- Draftsights creacion de dibujos 2D y edición DWG sin costo.
- eDrawings Viewer como herramientas gratuitas

(3D CAD PORTAL, s.f.)

CAPÍTULO 3. PROCESO DE ANÁLISIS Y MODELADO 3D

3.1. RESTRICCIONES DEL DISEÑO

3.1.1. RESTRICCIONES MECÁNICAS

Para el diseño del alimentador del horno de inducción, se toman en cuenta las siguientes restricciones.

- Se deben de utilizar miembros estructurales para el diseño de la mesa estructural
- Los elementos de estructura 1, estructura 2, a la estructura 6, serán un solo conjunto que al final será el nuevo contenedor de los tocho que irán arriba de la mesa estructural
- El diseño del mecanismo principal se consideró de un acero A36 por ser un acero comercial y por su accesibilidad de obtenerlo.
- El pistón debe der capas de empujar como máximo un tocho de 4 in de diámetro. Y por lo menos una masa de 10.14kg o más. Ya que el peso ira variando por la longitud del tocho y del tipo de material.

3.1.2. RESTRICCIONES PARA CONSTRUCCIÓN

- La mesa estructural se fabricara de PTR
- El pistón puede utilizarse cualquiera siempre y cuando cumpla con lo mencionado en cuanto el peso que deberá mover y con las medidas de establecidas en el diseño del alimentador (16.77 in de longitud x 2.47 in de ancho)

3.2. PROCESO DE DISEÑO DE LA MESA ESTRUCTURAL

Para el siguiente diseño partiremos de los siguientes datos.

Base: 55.88 cm

Altura: 108.59 cm

Longitud: 91.65 cm

Los elementos estructurales de la mesa son de PTR de 3.8 x 3.8 cm de 0.4 de cm de espesor.

Comenzamos por trazar el croquis con las medidas necesaria, y por su mejor manejo lo haremos en un croquis 3D

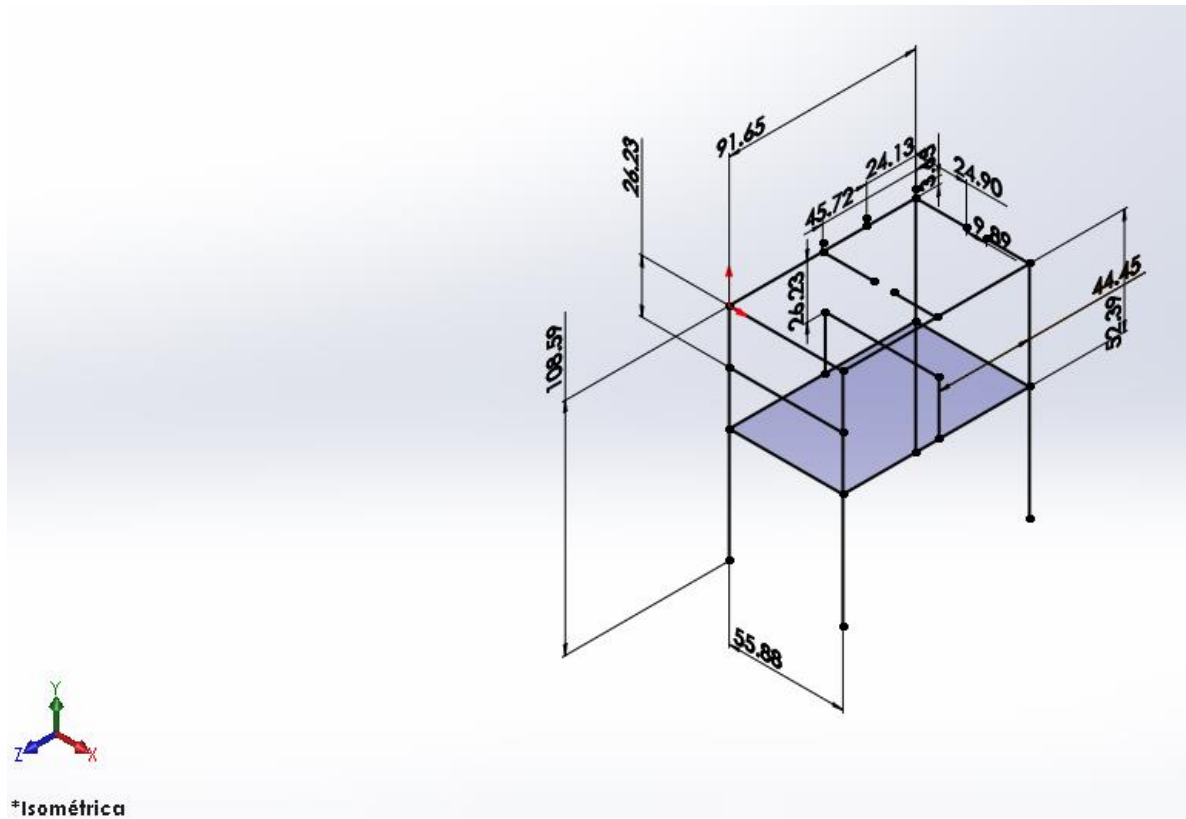


Figura 48 Croquis de la mesa estructural

Procedemos a insertar los miembros estructurales

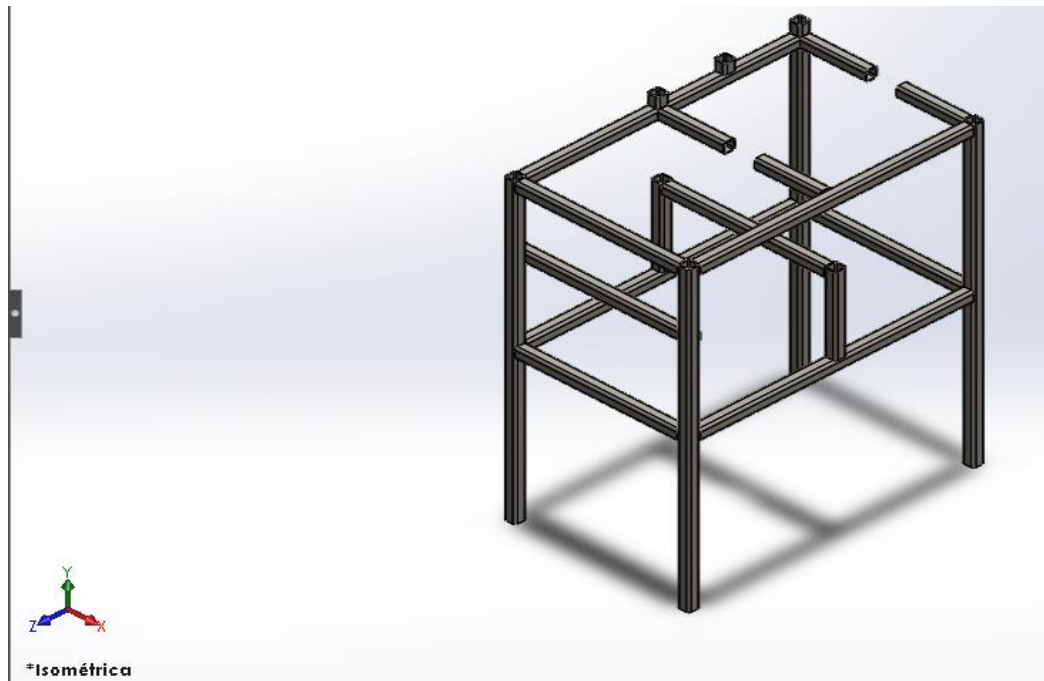


Figura 49 Inserción de miembros estructurales

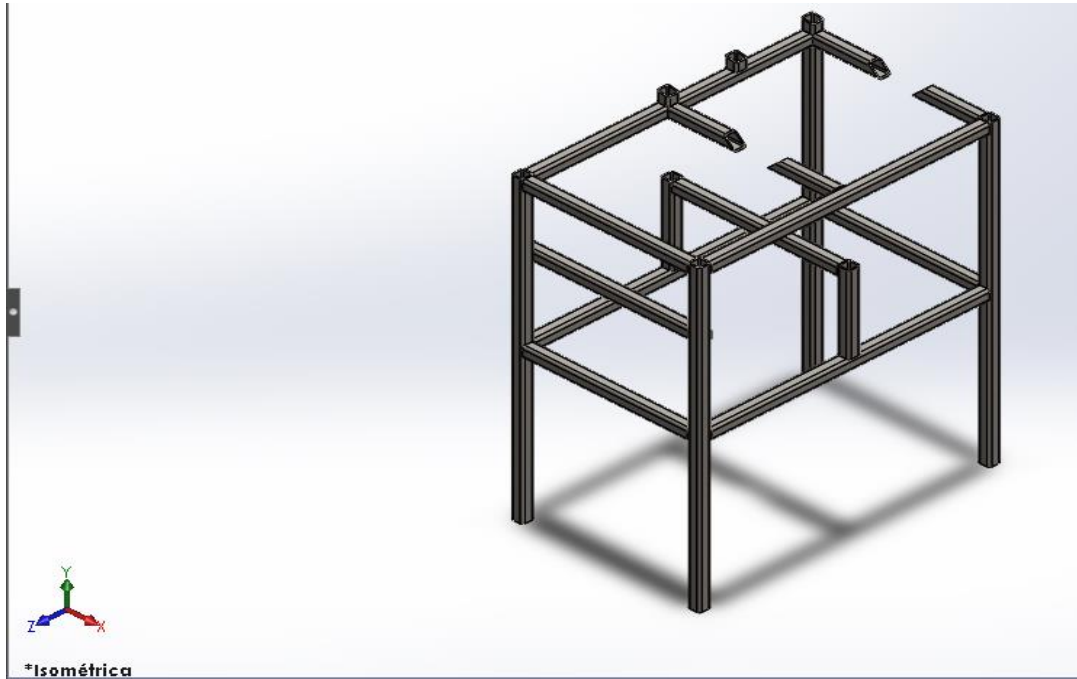


Figura 50 Cortes en miembro estructural

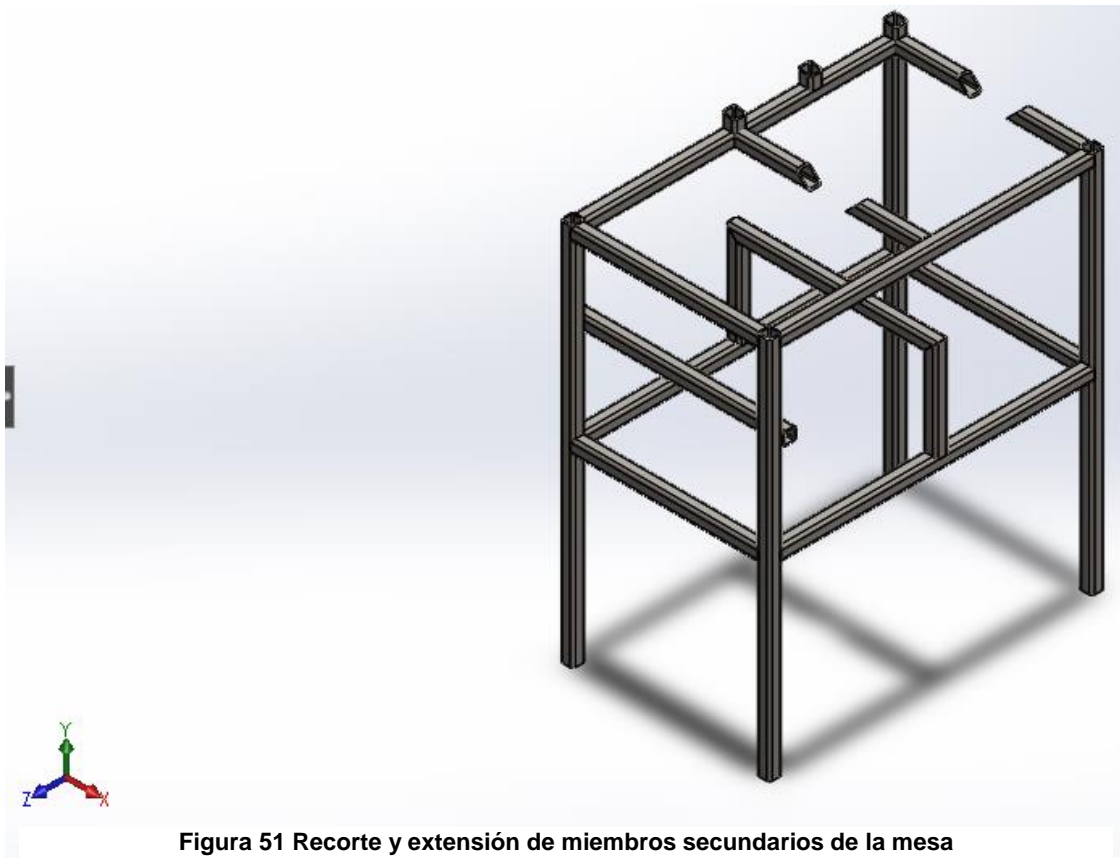


Figura 51 Recorte y extensión de miembros secundarios de la mesa

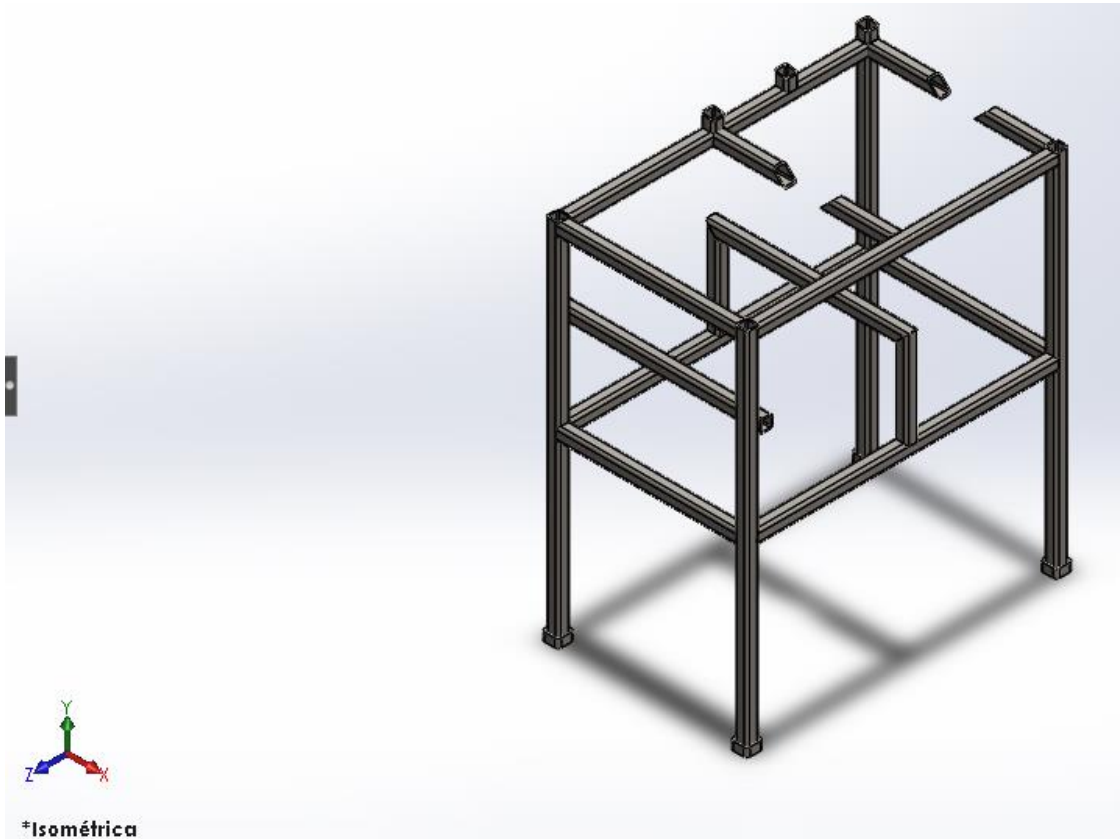


Figura 52 Mesa con soporte en patas

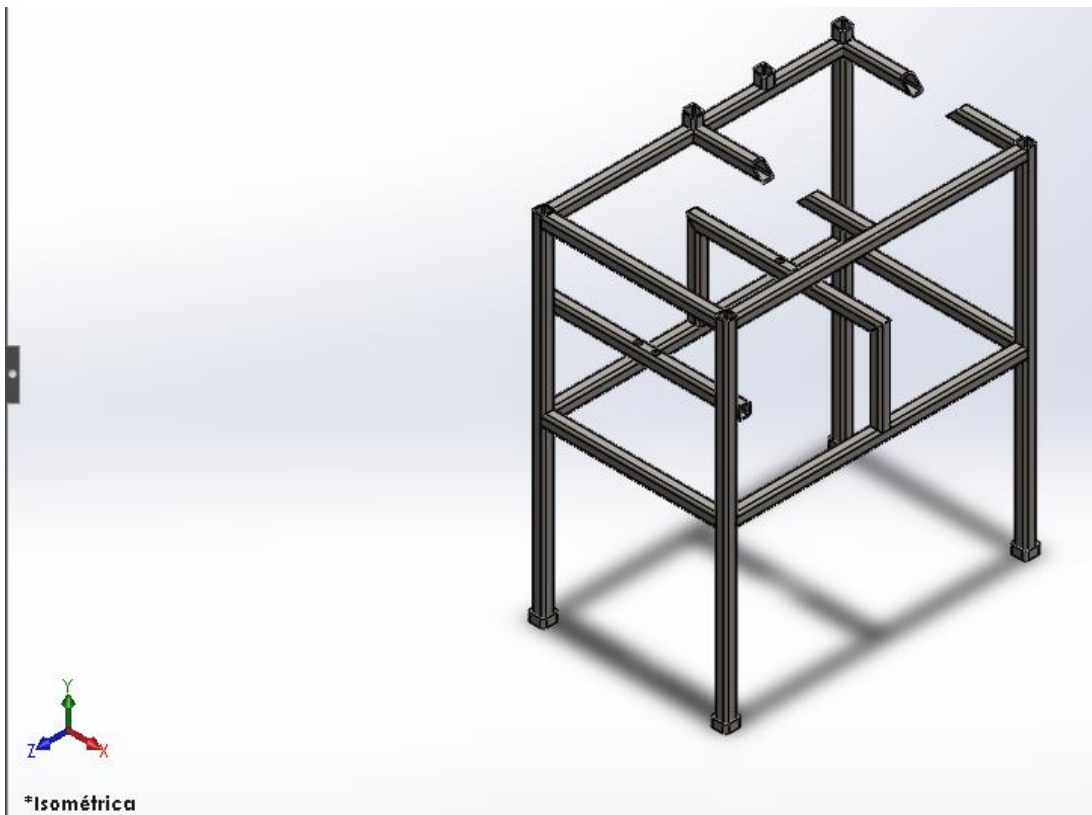


Figura 53 Mesa estructural final

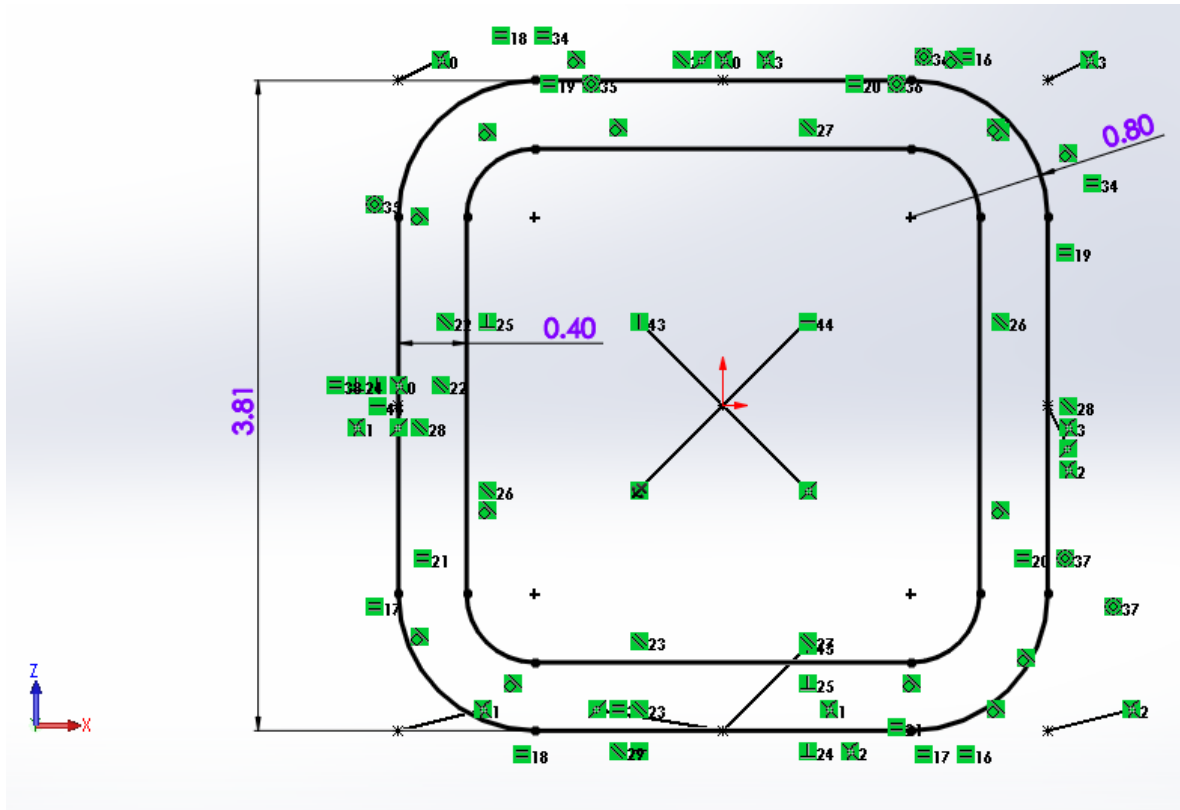


Figura 54 Croquis del PTR usado

3.3. PROCESO DE DISEÑO DEL CONTENEDOR DE TOCHOS

Para el siguiente diseño se hizo un conjunto de 6 elementos que juntos forman el nuevo contenedor.

A continuación mostraremos el croquis de cada elemento que forman la piza final.

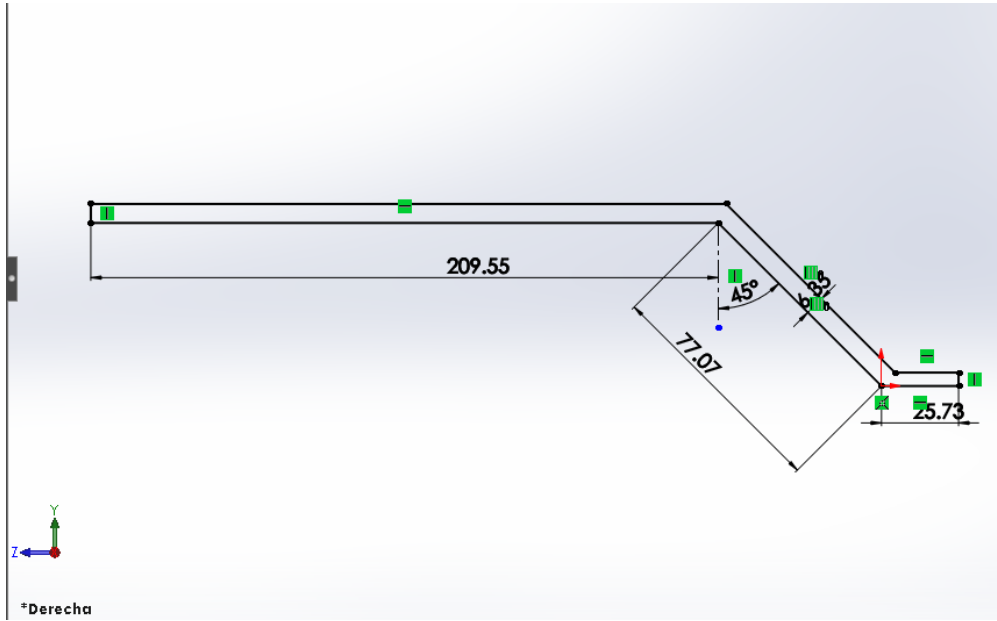


Figura 55 Croquis de la estructura 1

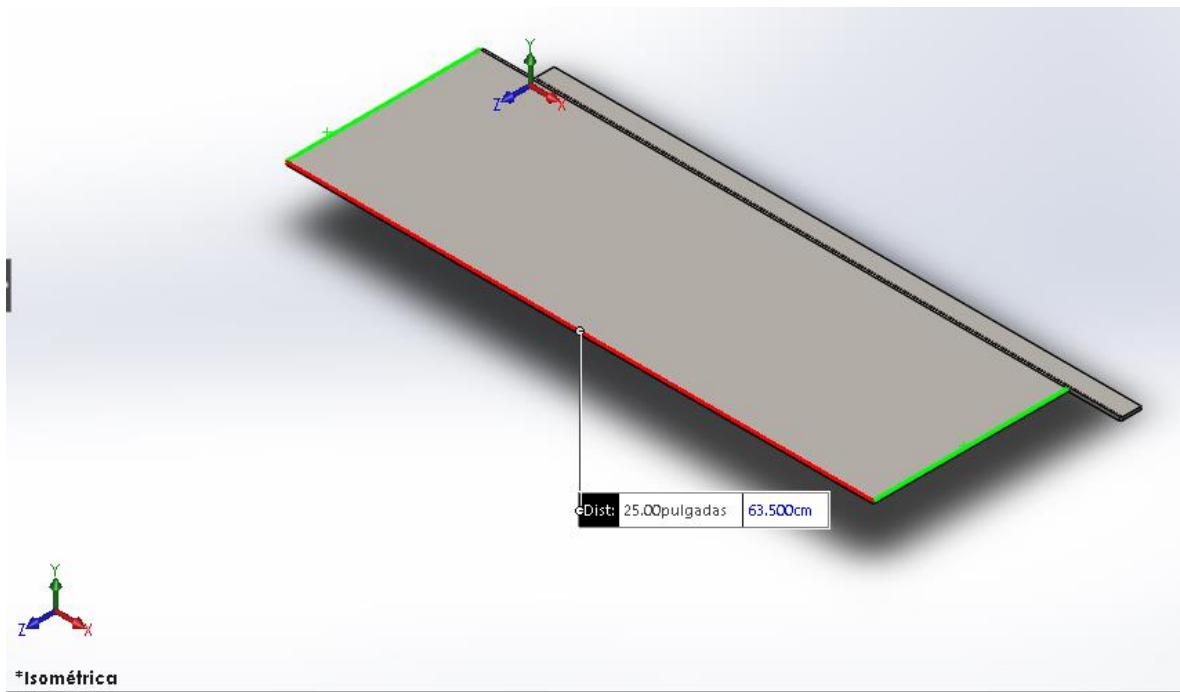


Figura 56 Estructura 1 en su forma terminada

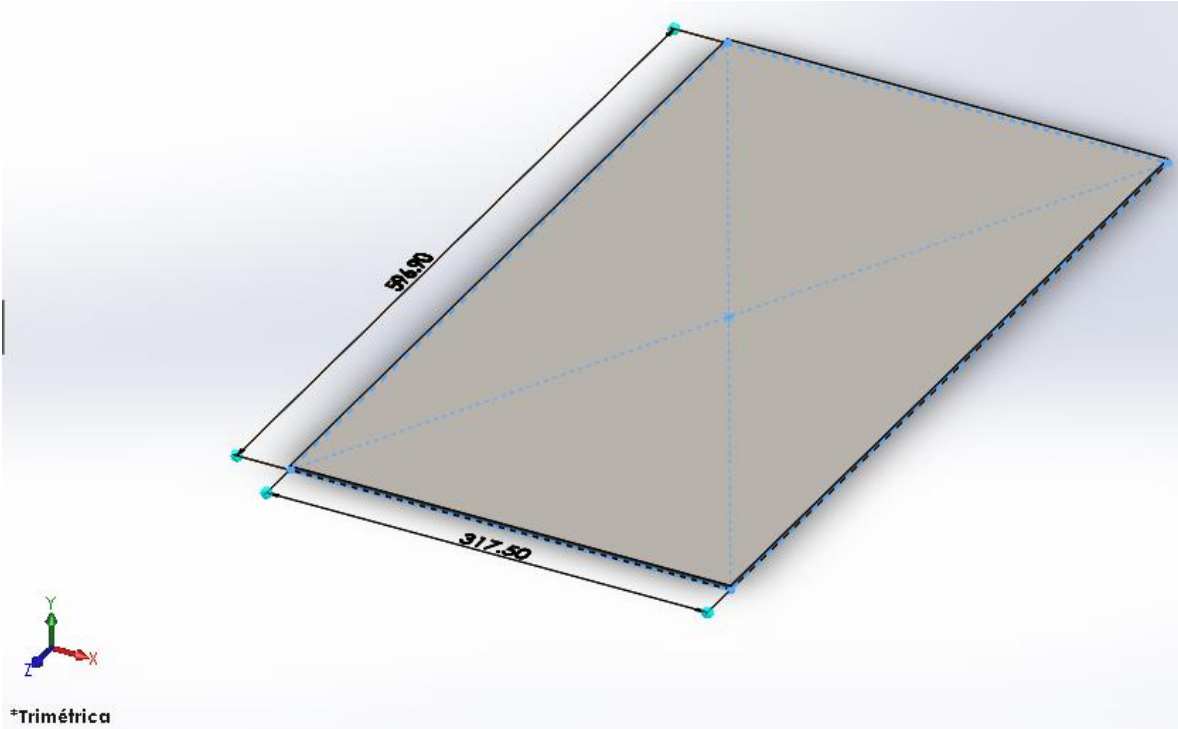


Figura 57 Estructura 2 croquis y pieza final

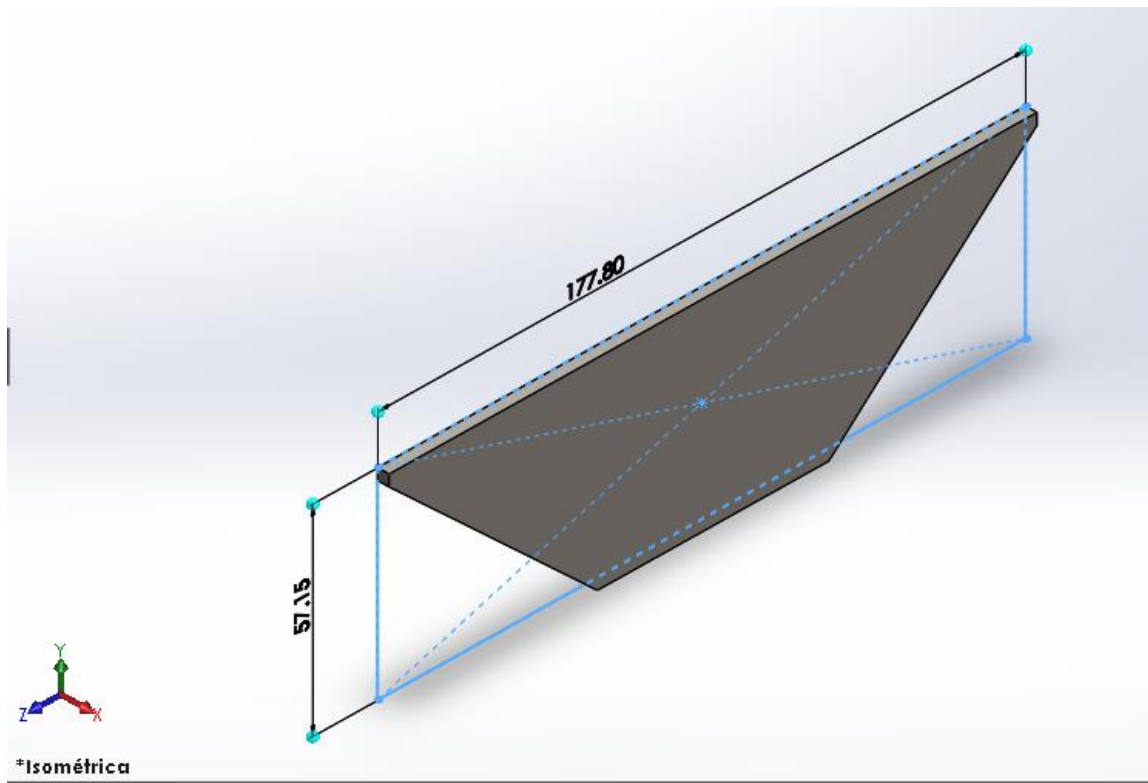
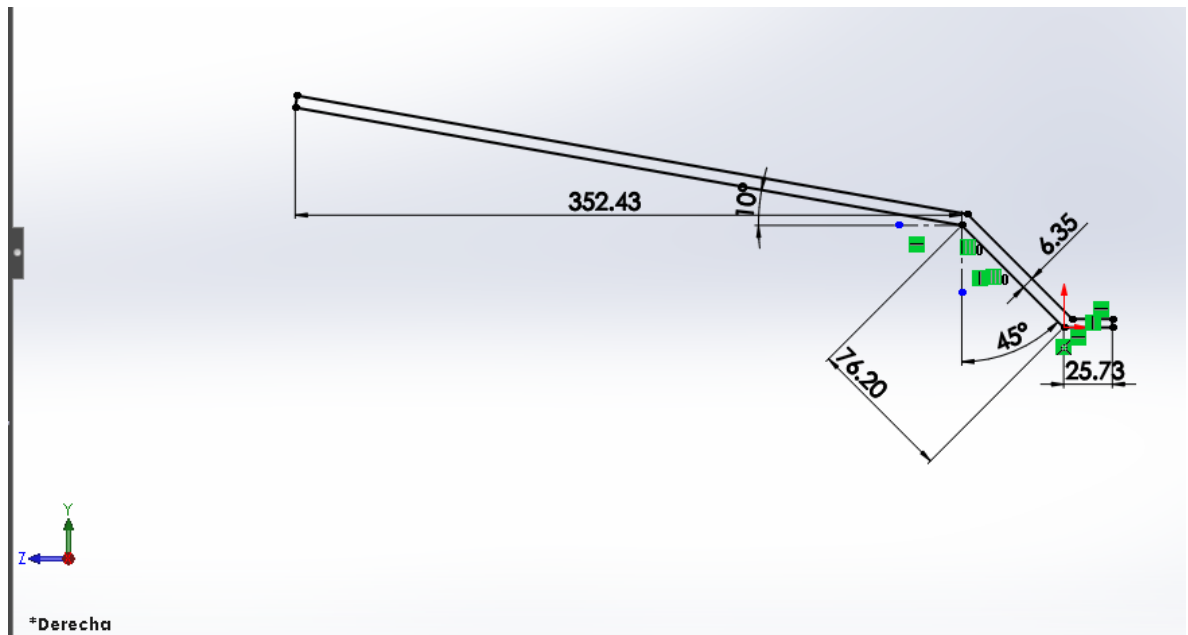
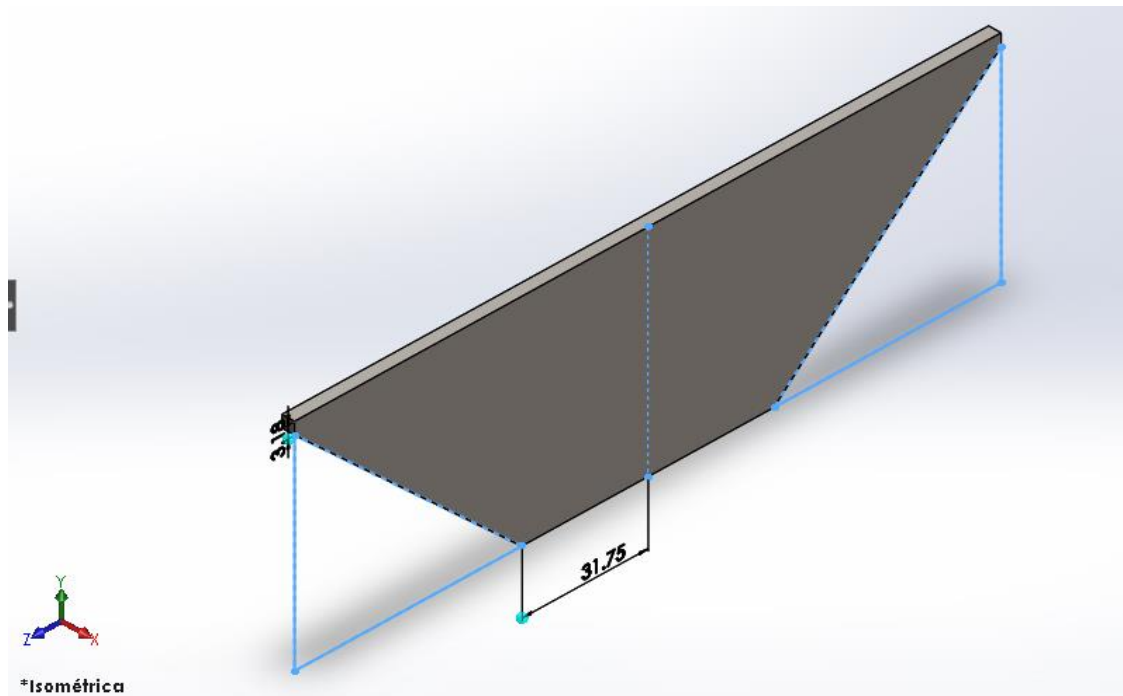


Figura 58 Estructura 3 croquis 1



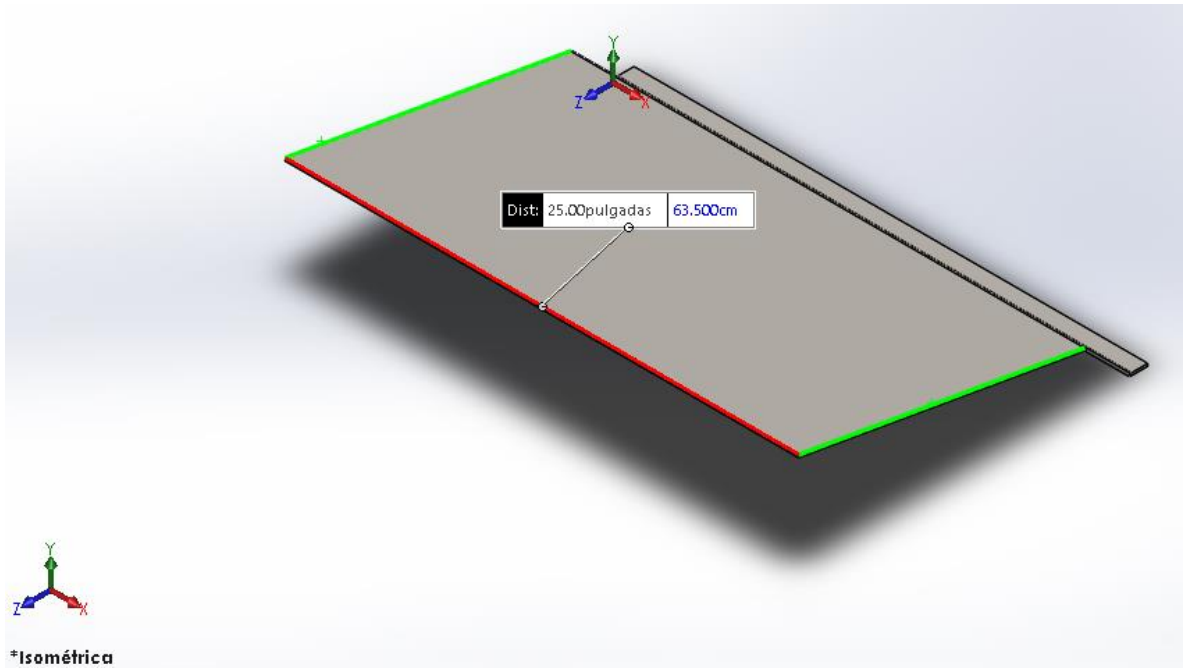


Figura 61 Estructura 4

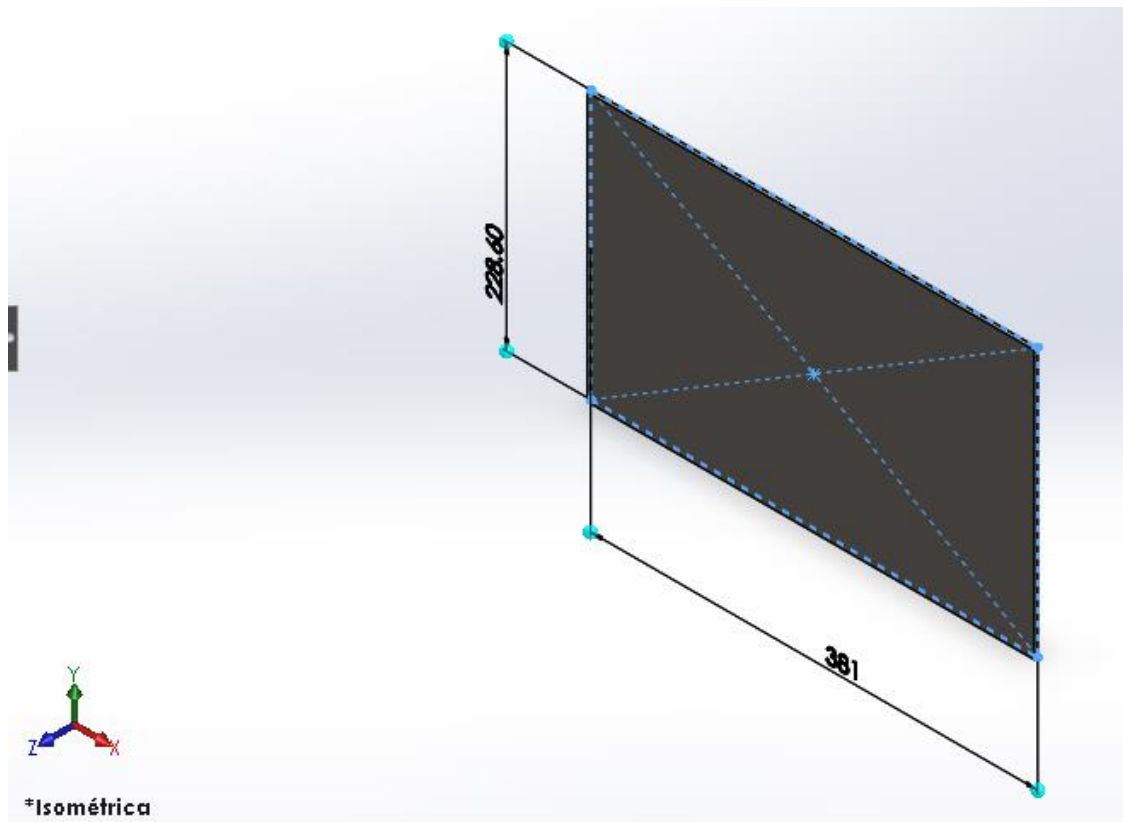


Figura 62 Estructura 5 croquis

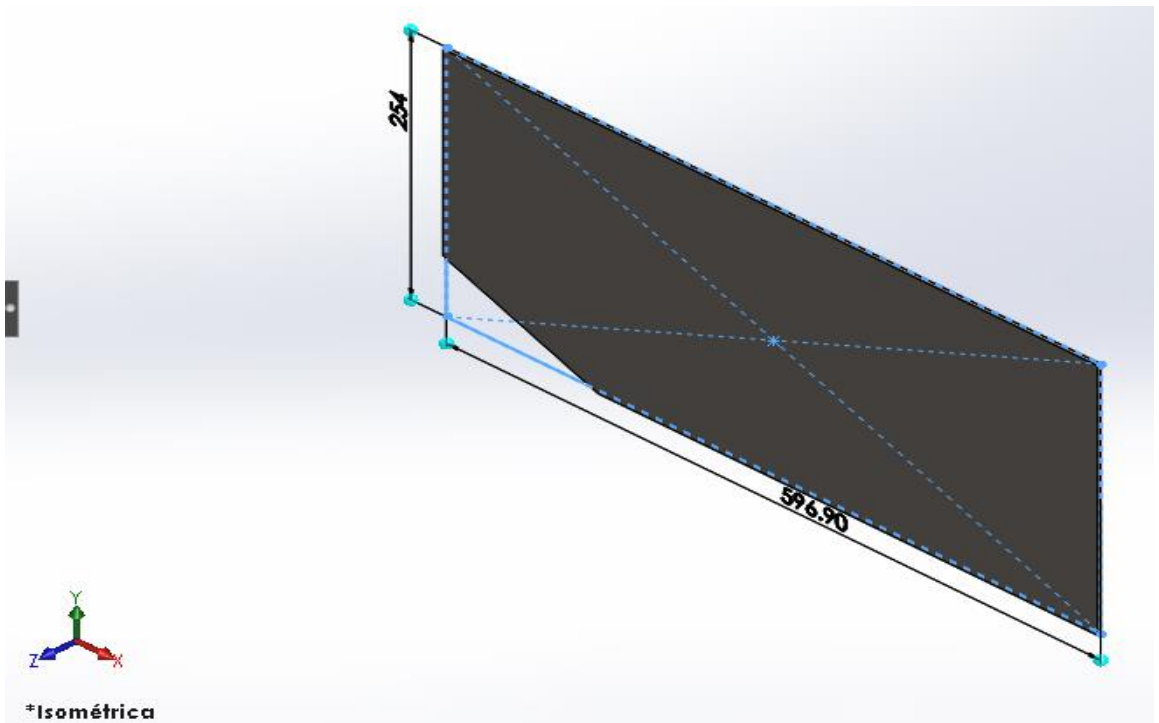


Figura 63 Estructura 6 croquis 1

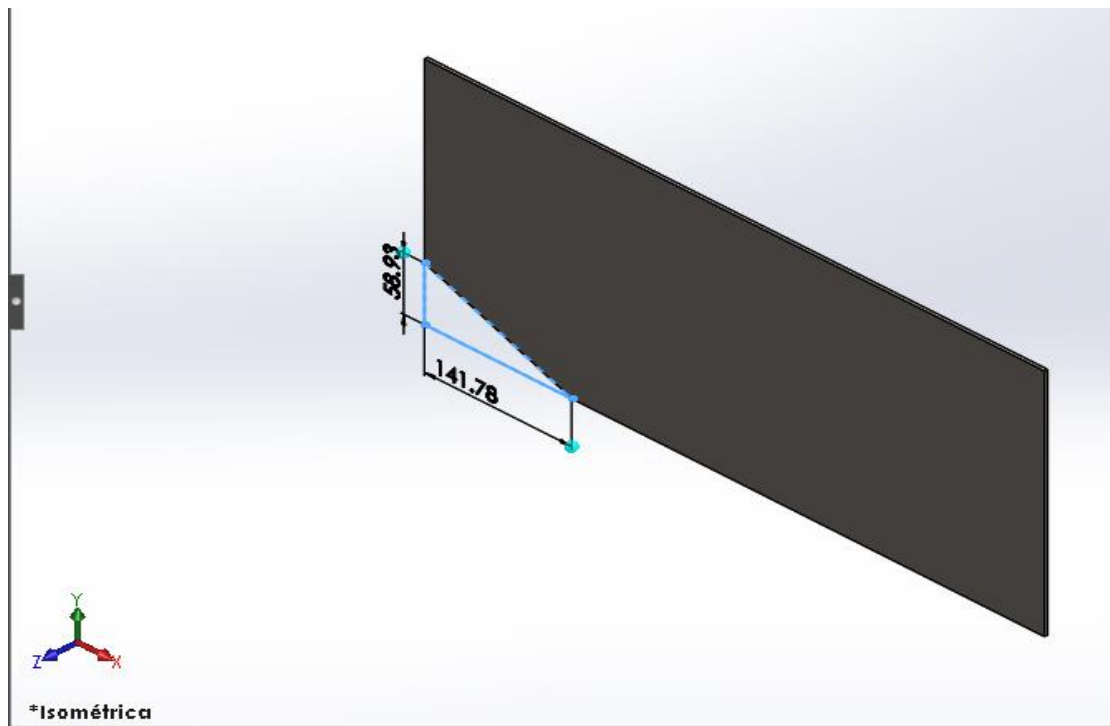


Figura 64 Estructura 6 croquis 2

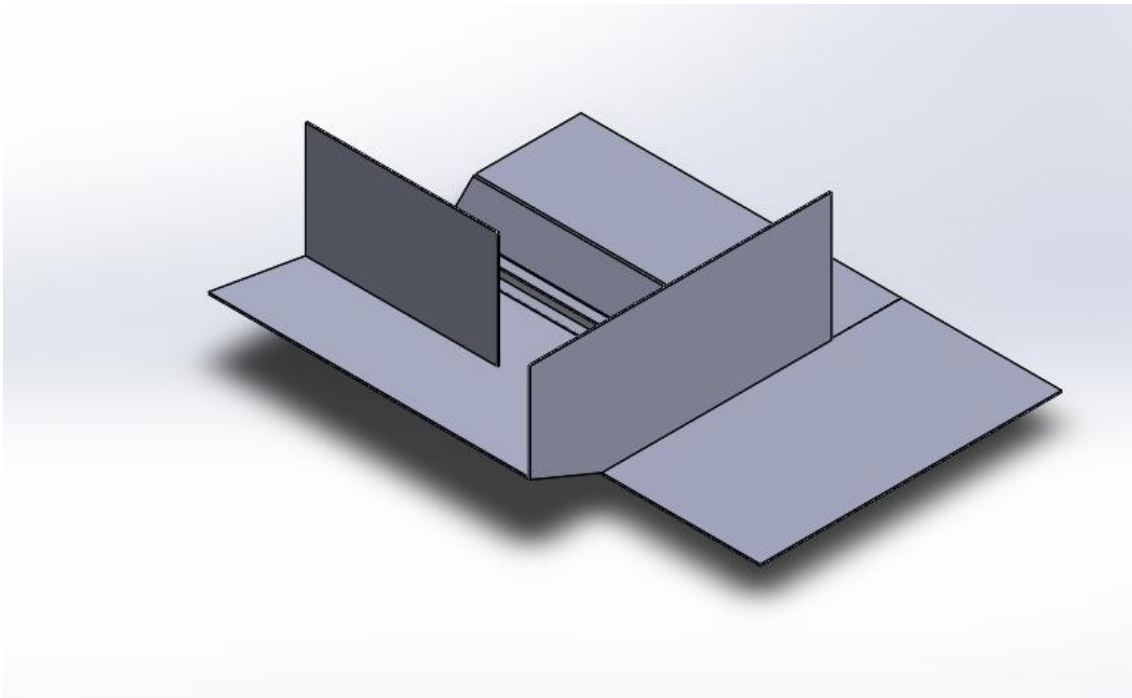


Figura 65 Piza final - Contenedor de tochos

3.4. PROCESO DE DISEÑO DEL MECANISMO PRINCIPAL

Para el siguiente diseño de este mecanismo proporcionaremos los siguientes croquis.

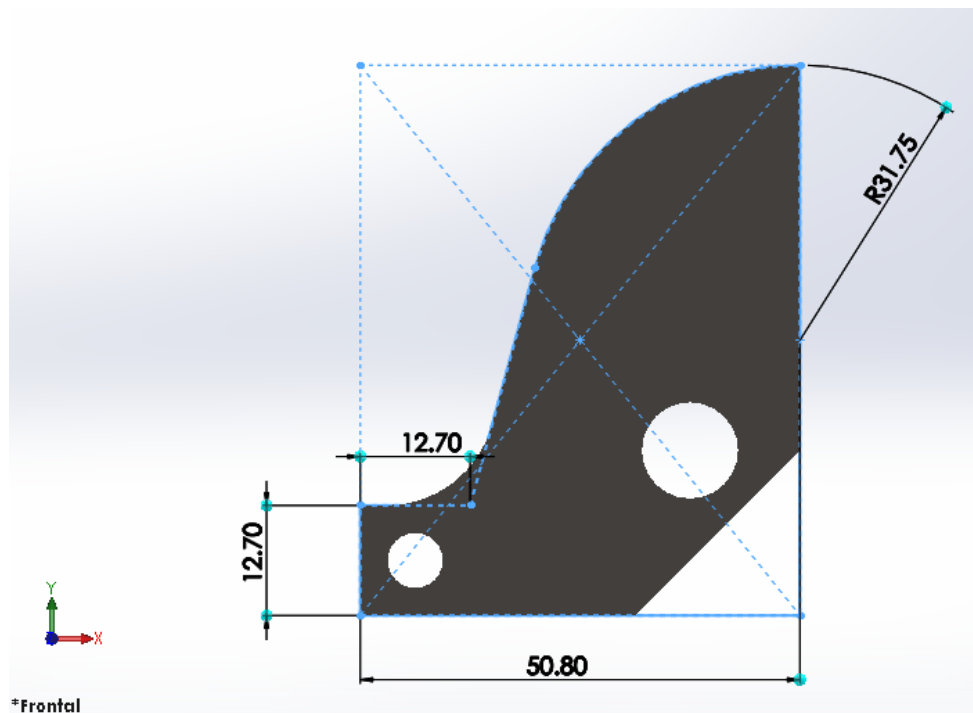
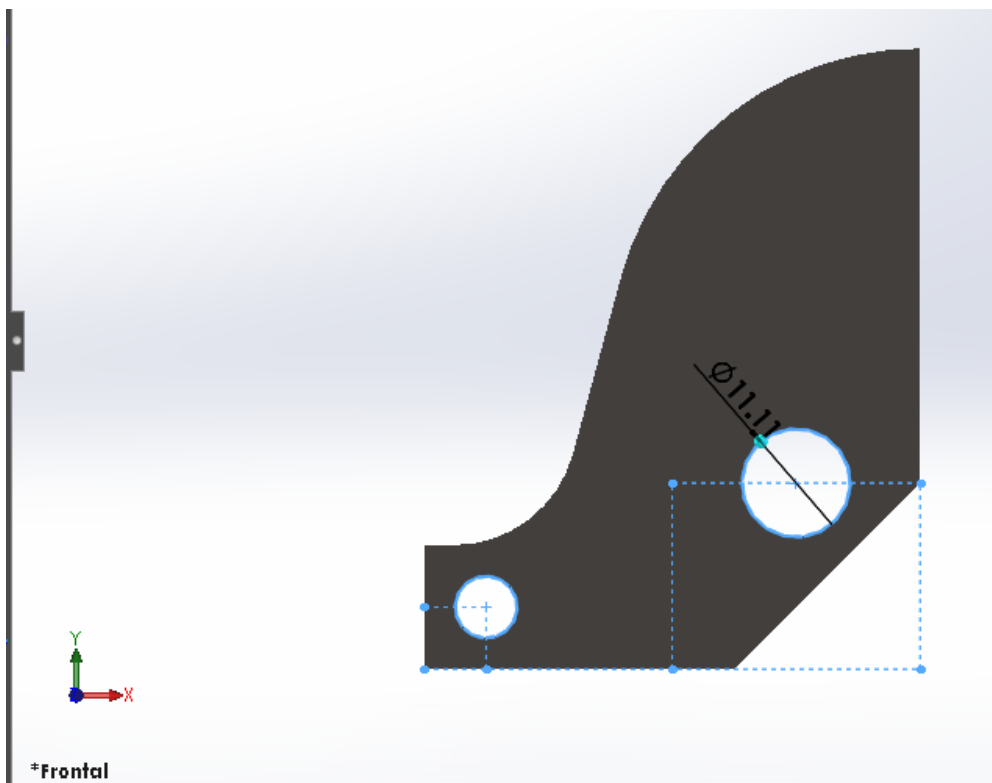
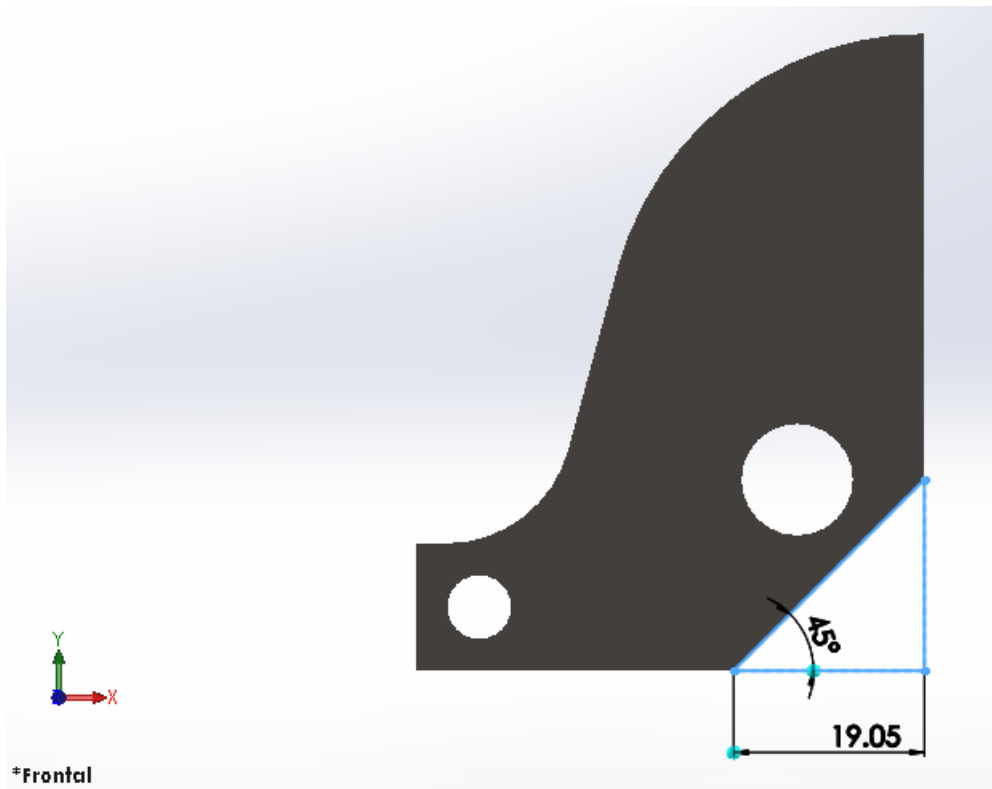


Figura 66 Mecanismo principal croquis 1



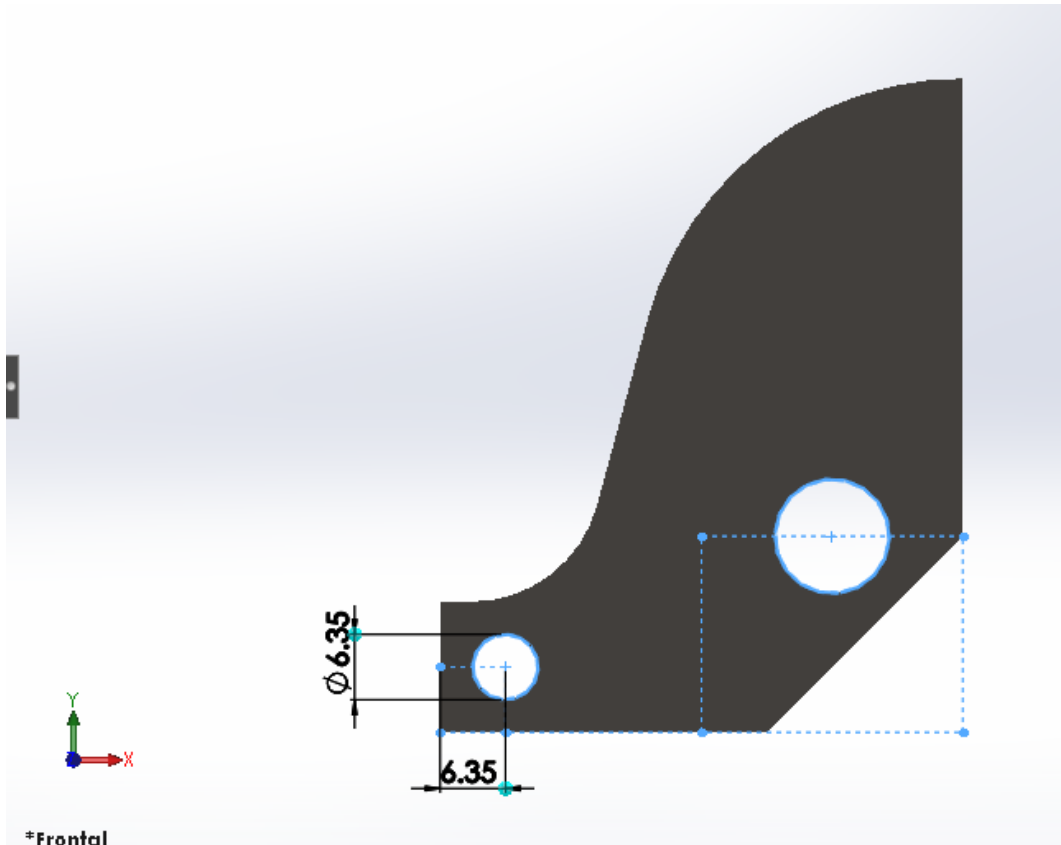


Figura 69 Mecanismo principal croquis 4

3.4.1. ANÁLISIS ESTÁTICO DEL MECANISMO PRINCIPAL

Para el análisis estático del mecanismo, se consideró un acero A36.

Nos apoyamos de un software CAD y se realizaron dos análisis estáticos en el mismo mecanismo. Un análisis estático en la acción del golpe inicial, y el segundo análisis en el golpe de retroceso.

Para llevar acabo dicho análisis, se consideró un peso de 20 kg. Esto con el fin de tener una tolerancia en el trabajo que el mecanismo realizara, y por seguridad a la variación que podemos tener en los pesos de los tochos, pues se manejan una gran variedad de aceros.

Para conocer el cálculo de la fuerza aplicada, convertimos las unidades de masa a unidades de fuerza con la siguiente ecuación.

$$F = m \cdot g$$

Con ello, nos dio el resultado de una fuerza aplica de 196.2 N

Para el análisis mecánico del mecanismo lo consideramos como una viga en voladizo con las siguientes características y para ello realizamos un análisis mecánico.

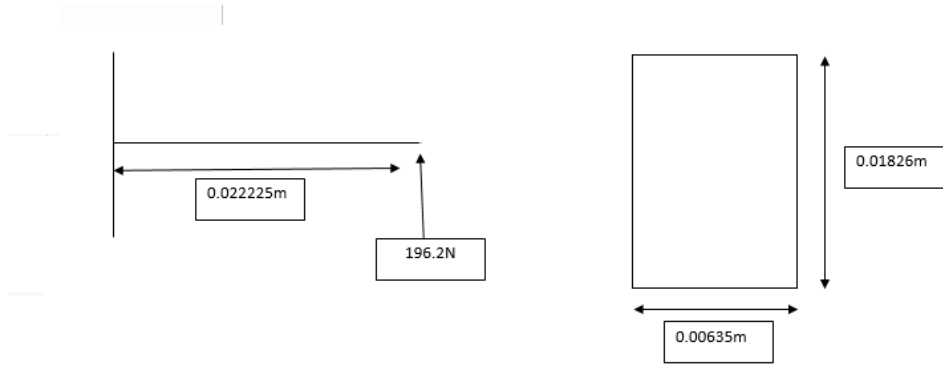


Figura 70 Apoyo en 2d del análisis mecánico

$$\Sigma F = 0$$

$$-V + 196.2N = 0 \rightarrow V = 196.2 N$$

$$\Sigma M = 0$$

$$-M + 196.2N * 0.022225m = 0 \rightarrow M = 4.63055 N.m$$

$$\sigma = \frac{MC}{I} \quad \tau = \frac{VQ}{It}$$

$$\sigma_x = \frac{MC}{I} \rightarrow \sigma_x = \frac{(4.63055 N.m)(0.00913m)}{\left(\frac{1}{12} * 0.00635m * 0.01826m^3\right)} \rightarrow \sigma_x = 12.3571 MPa$$

$$\tau_x = \frac{VQ}{It} \rightarrow \tau_x = \frac{(196.2 N)(0.00913m * 0.00635m * 0.01826m)}{\left(\frac{1}{12} * 0.00635m * 0.01826m^3\right)(0.00635m)} \rightarrow \tau_x = 1.1525 MPa$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \therefore \sigma_1 \text{ y } \sigma_2 \text{ son}$$

$$\sigma_1 = 5.70625 MPa$$

$$\sigma_2 = -18.0634 MPa$$

$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$ para σ sería σ_1 que acabamos de encontrar y E sería el modulo elastico del mat.

$$\varepsilon = \frac{5.70625MPa}{200GPa} \rightarrow \varepsilon = 28.53125 \times 10^{-3} \text{ o } 28.53125 \mu \text{ adimensionalmente}$$

Para calcular el factor de seguridad necesitamos el esfuerzo de fluencia del material que estamos usando S_y .

S_y Del acero A36 es igual a 250 MPa

$$n = \frac{S_y}{\sigma_1} \rightarrow n = \frac{250 \text{ MPa}}{5.70625 \text{ MPa}} \rightarrow \therefore n = 43.81$$

3.4.2. ANÁLISIS ESTÁTICO POR MEDIO DE SOLIDWORKS

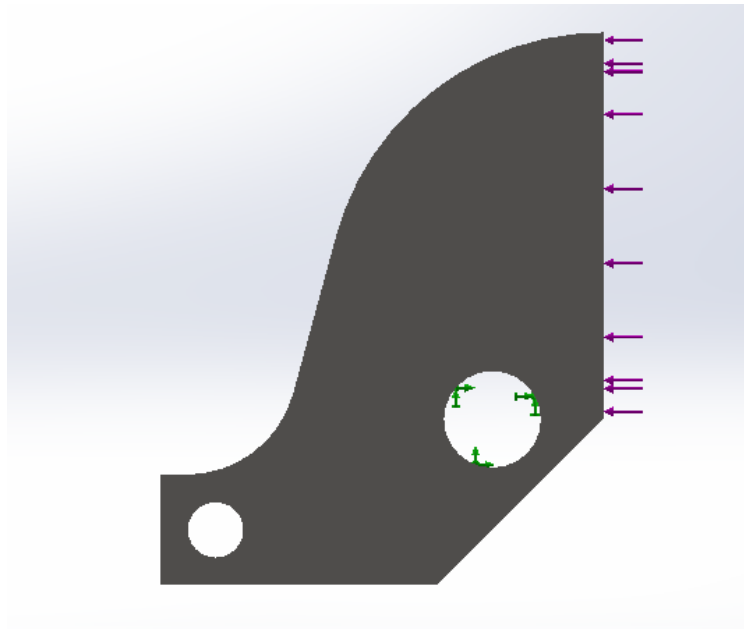


Figura 71 Mecanismo principal, sujeciones y fuerza aplicada

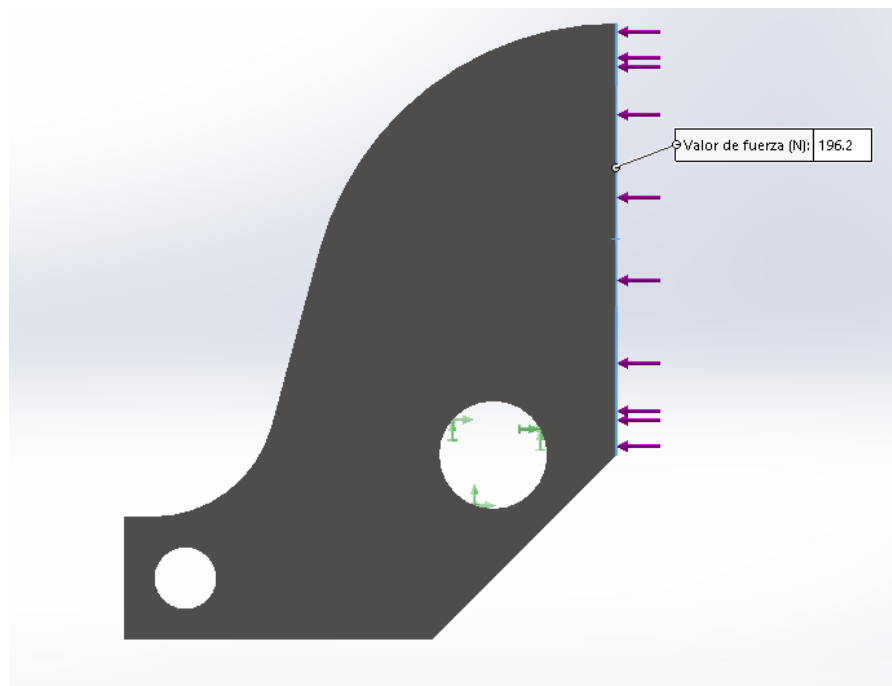


Figura 72 Fuerza aplicada al mecanismo

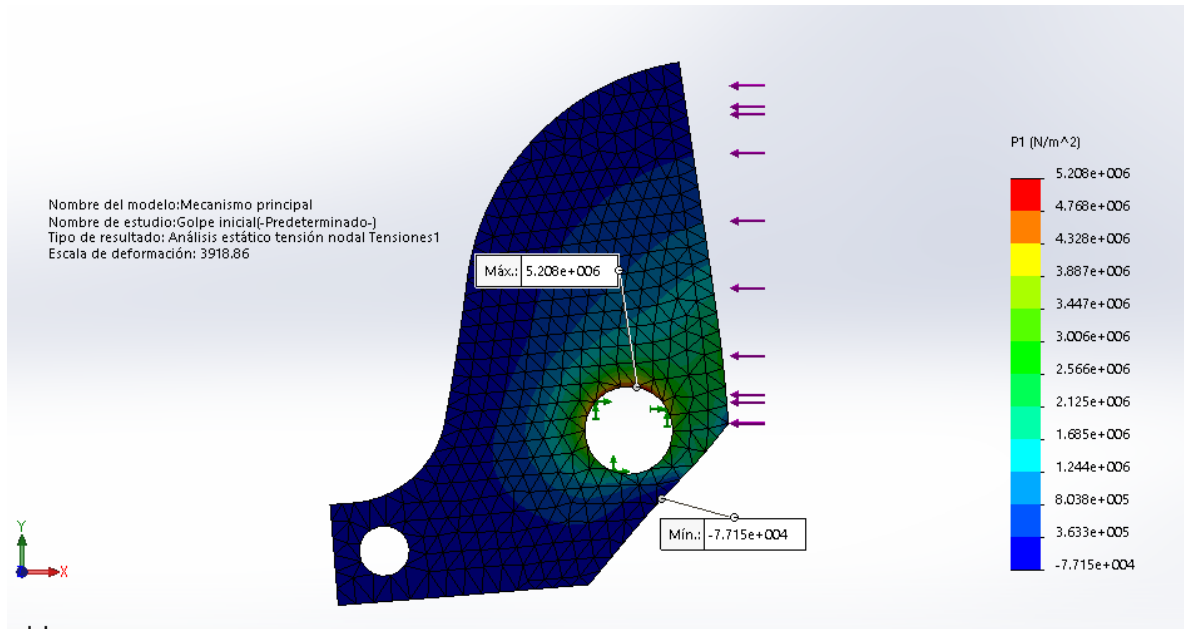


Figura 73 Análisis estático de tensiones – Golpe Inicial

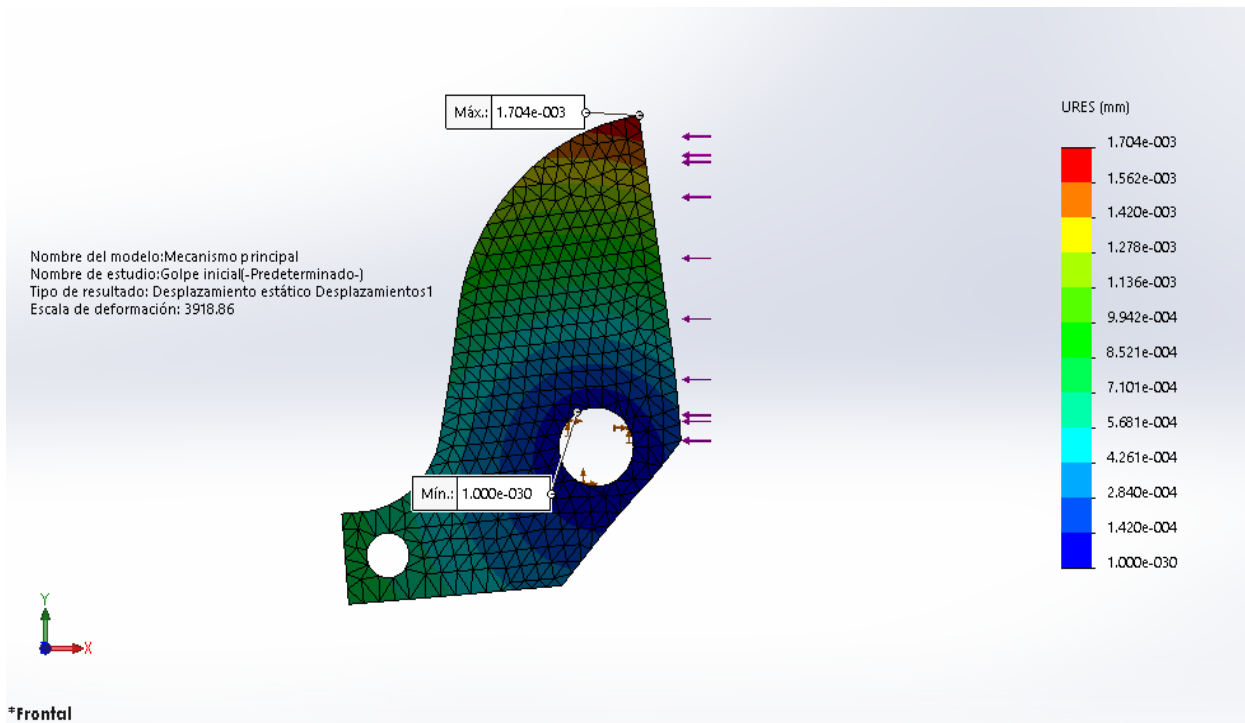


Figura 74 Análisis estático de Desplazamiento - Golpe inicial

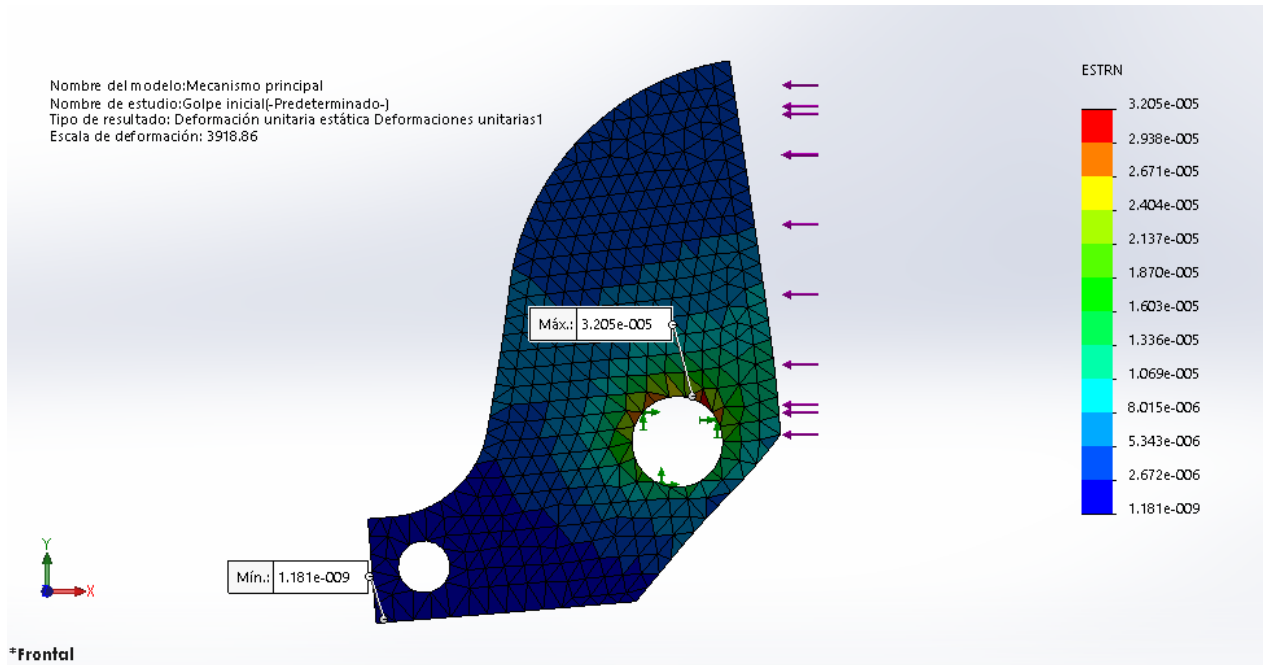


Figura 75 Análisis estático de Deformación Unitaria - Golpe inicial

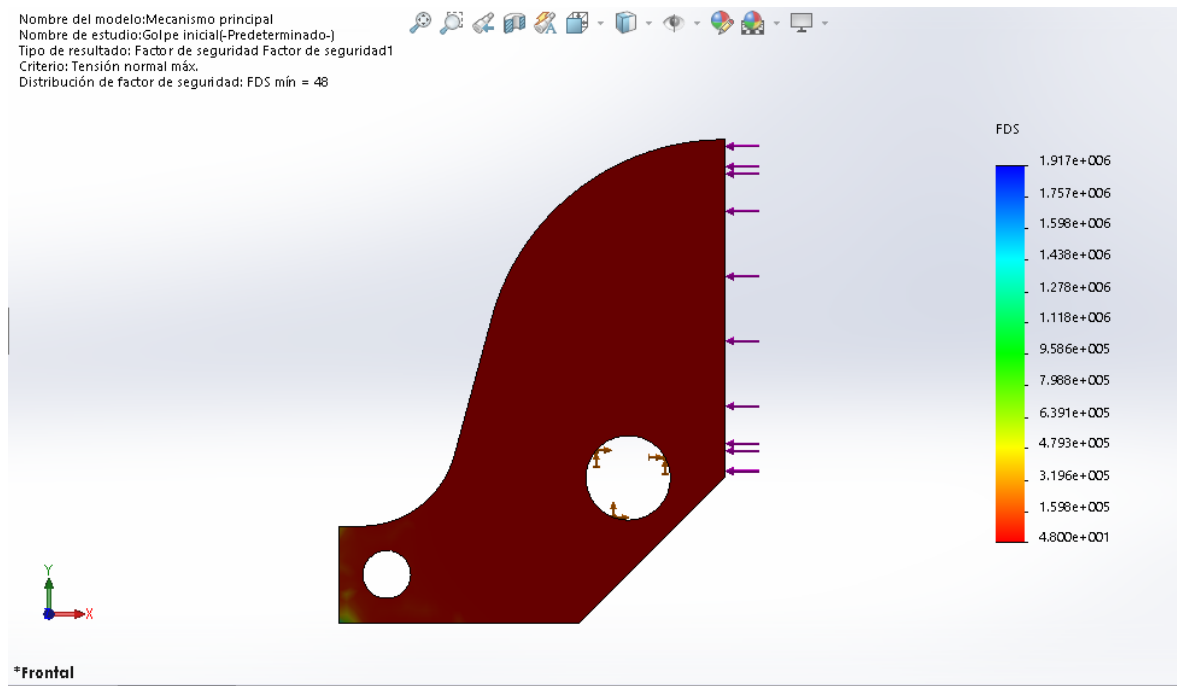


Figura 76 Factor de seguridad - Golpe inicial

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

4.1. ENSAMBLE DEL ALIMENTADOR DEL HORNO DE INDUCCIÓN

A continuación mostraremos el resultado de la unión de las piezas, y en conjunto llegan a conformar el alimentador de horno de inducción.

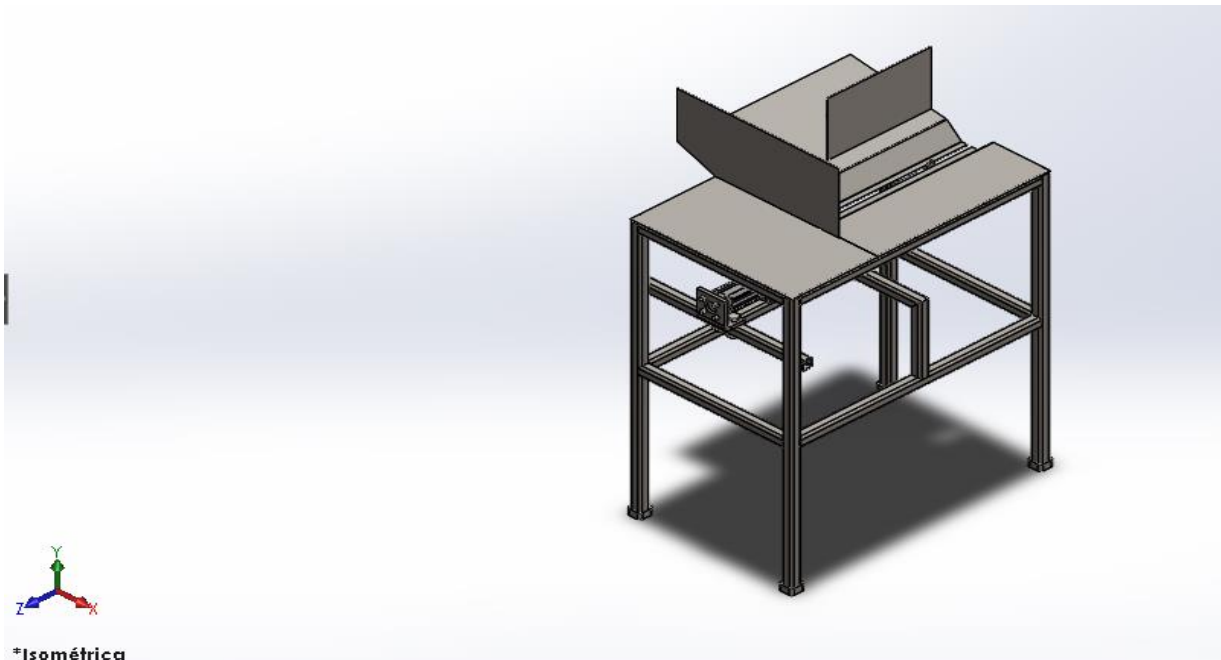


Figura 77 Alimentador de horno de inducción - Vista isométrica

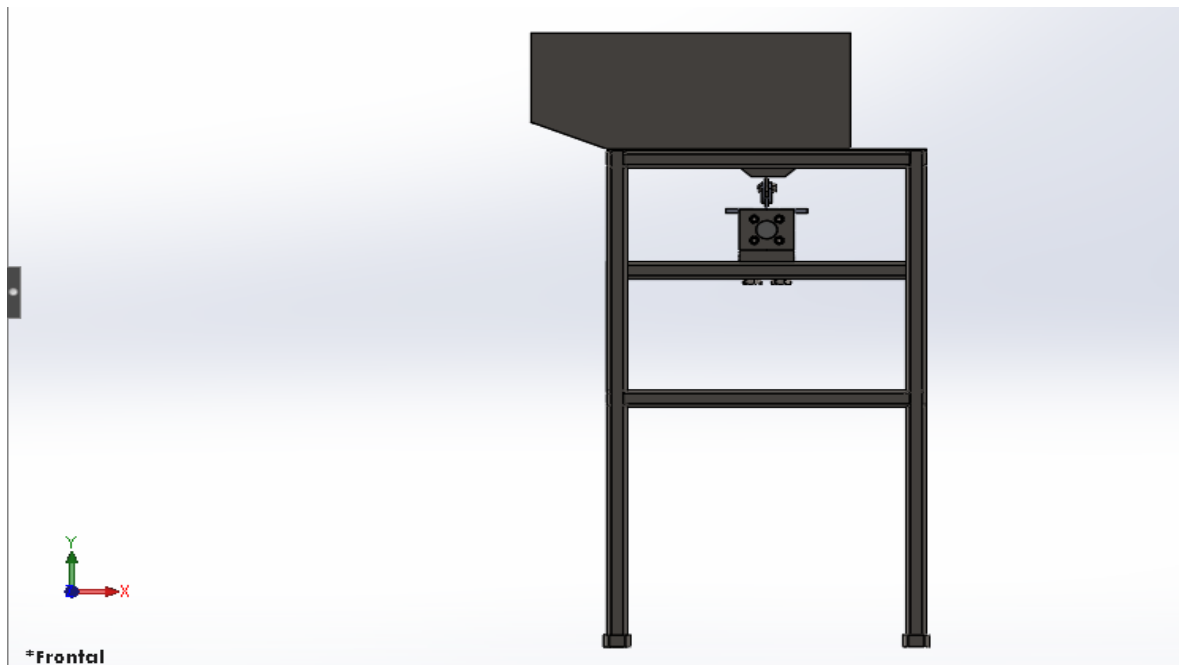


Figura 78 Alimentador de horno de inducción - Vista frontal

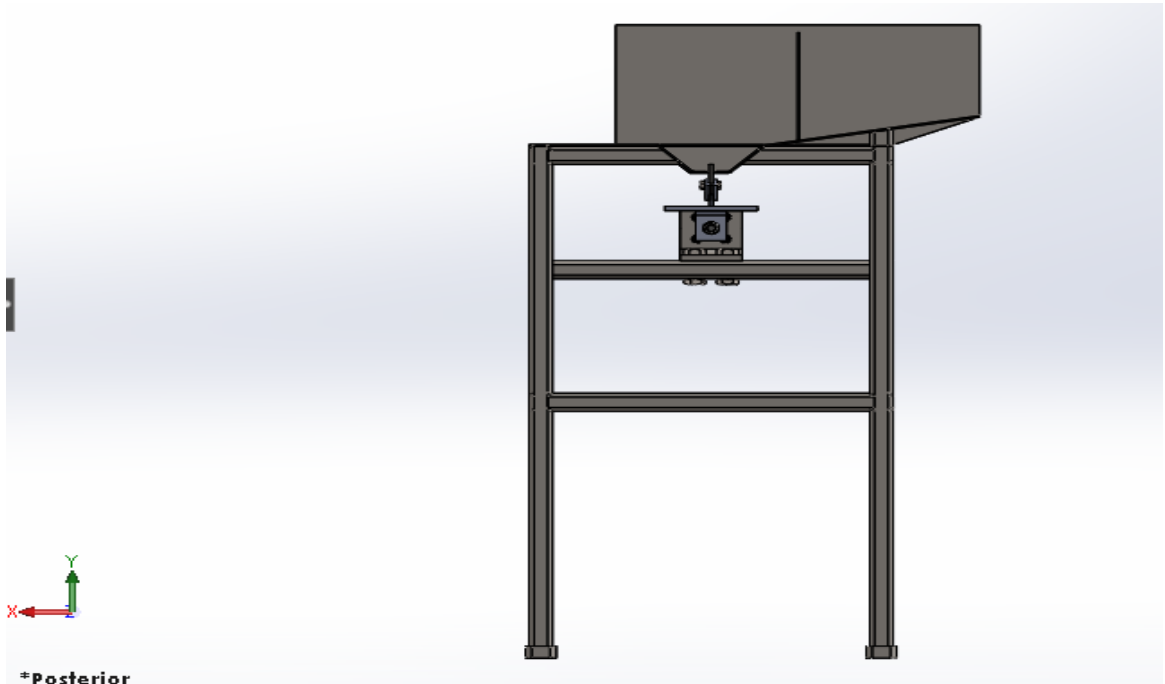


Figura 79 Alimentador de horno de inducción - Vista posterior

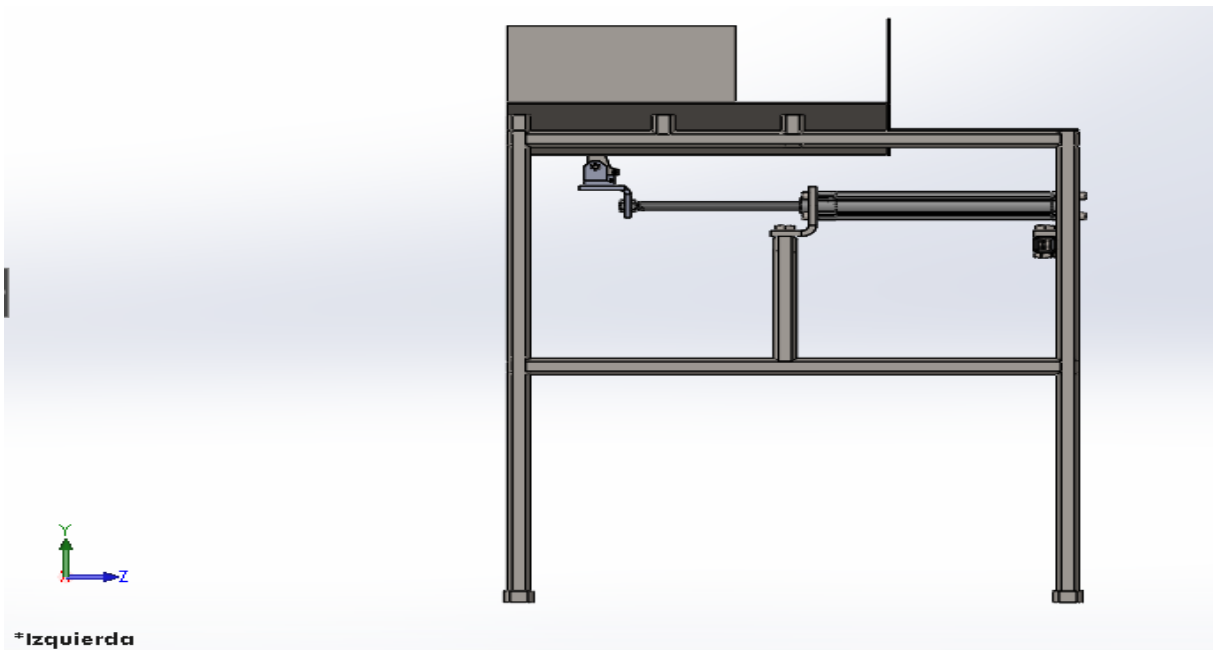


Figura 80 Alimentador de horno de inducción – Vista lateral izquierda

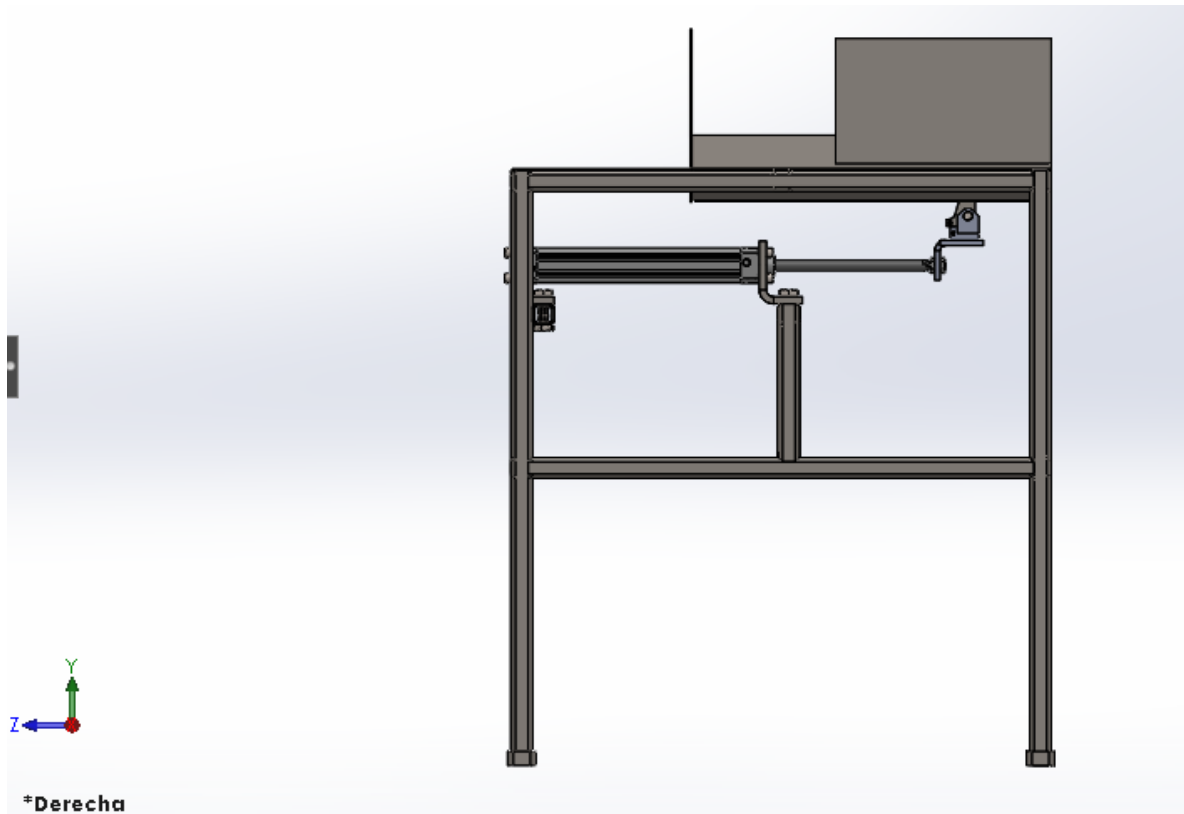


Figura 81 Alimentador de horno de inducción – Vista lateral derecha



Figura 82 Alimentador de horno de inducción Renderizado

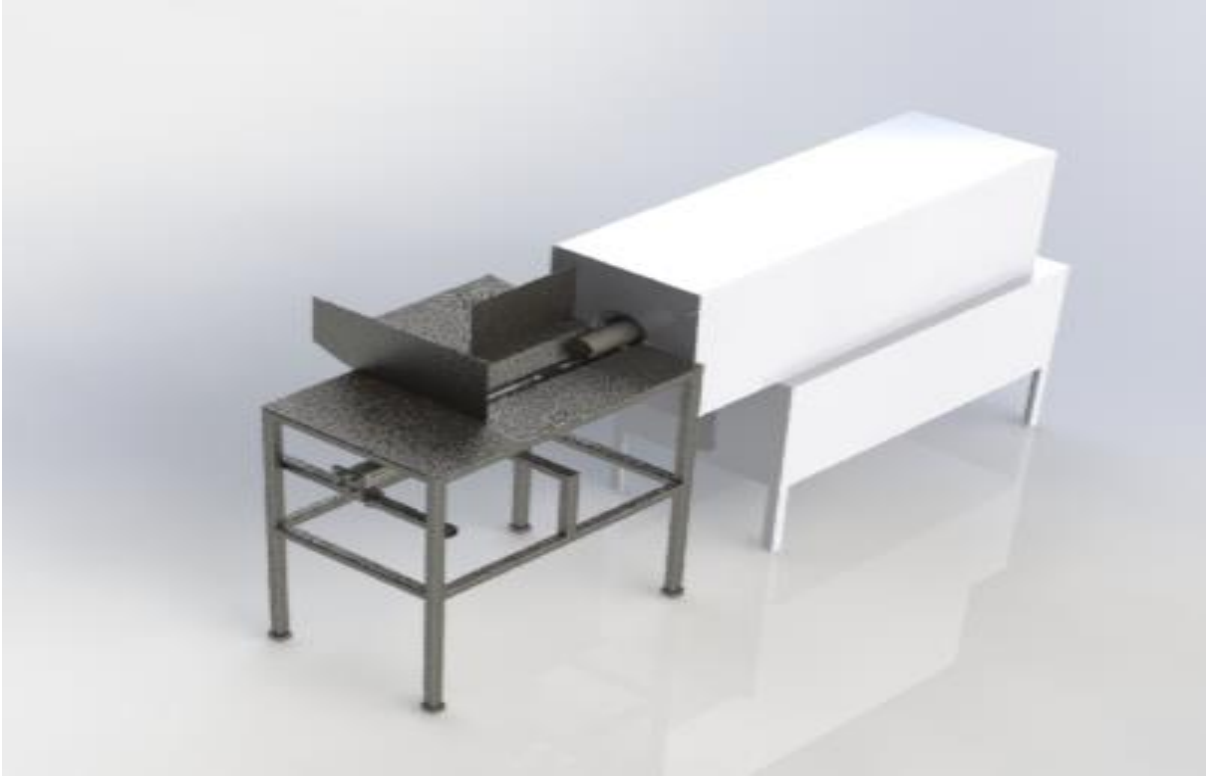


Figura 83 Renderizado del alimentador de horno de inducción

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIÓN

Se necesitan aplicar conocimientos de estática, mecánica de materiales, diseño mecánico y el diseño asistido por computadora, para poder analizar las diferentes piezas y así mismas poder modelarla en un software CAD.

Cada modelado tiene que pasar por pruebas de funcionamiento en el software CAD así mismo como una serie de análisis estáticos que este programa puede ofrecer, todo ello con la finalidad de poder ofrecer un óptimo funcionamiento.

Este proyecto se realizó con la finalidad de innovar la forma convencional de como cargar los tochos a los hornos de inducción. Y en pocas palabras realizamos un proyecto de mejora continua.

No nos queda duda que este proyecto será la pauta para que en un futuro se siga innovando la carga del horno de inducción y con ello se puedan reducir riesgos y tiempo al realizar dicho trabajo.

Durante el proceso en el área, pudimos observar que la empresa va en crecimiento, y al inicio del proyecto el diámetro del tocho más grande era de 4 in, y en la actualidad la empresa cuenta ya con piezas con un diámetro más grande que llegas hasta de 6 ½ in. Actualmente estas piezas de mayor tamaño se están calentando en los hornos de gas. Pero no nos queda duda que si se contara con el horno de inducción del diámetro adecuado, nuestra propuesta de alimentación podría ser de gran ayuda, ya que con un diámetro mayor tendríamos una mayor masa o peso, por lo que el operario tendría más dificultad de cargar los tochos y esto se reflejaría en el tiempo de forjado.

Se llega a la conclusión que hoy en día los programas de diseño CAD son de una gran ayuda, pues facilitan muchos cálculos y nos aportan una gran variedad de simulaciones que nosotros podemos realizar como pruebas, antes de llegar a la fabricación final de alguna pieza o proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

3D CAD PORTAL. (s.f.). *SolidWokrs*. Obtenido de SolidWorks.

globalsources. (s.f.). *Dongguan Lihua Machinery Equipment Co. Ltd*. Obtenido de Productos de Dongguan Lihua Machinery Equipment Co. Ltd: <https://spanish.globalsources.com/si/AS/Dongguan-Lihua/6008831453785/pdtl/Rod-induction-forging-furnace-1/1118516528.htm>

Hibbeler, R. C. (2011). *Mecánica de materiales 8va edicion*. Naucalpan de Juárez, Estado de México: Pearson.

made-in-china.com. (s.f.). *Inducción de automática industrial la creación de horno con alimentador de vibración (JLZ-70)*. Obtenido de https://es.made-in-china.com/co_jinlaiem/product_industrial-Automatic-Induction-Forging-Furnace-with-Vibrating-Feeder-JLZ-70-_erosehehg.html

Richard G. Budynas, J. K. (2008). *DISEÑO EN INGENIERÍA MECÁNICA DE SHIGLEY 8va EDICION*. México, D. F.: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.