

Universidad de Matanzas
sede "Camilo Cienfuegos"
Facultad de Ciencias Técnicas



**PROPUESTA DE DISEÑO DE CATÁLOGO DE ÚTILES DEL HOGAR
EN LA EMPRESA FERRAC JOSÉ VALDÉS REYES".**

Trabajo de Diploma en Ingeniería Mecánica

Autor: Mayke Robaina González

Matanzas, 2022

*Universidad de Matanzas
Sede: "Camilo Cienfuegos"
Facultad de Ciencias Técnicas*



**PROPUESTA DE DISEÑO DE CATÁLOGO DE ÚTILES DEL HOGAR
EN LA EMPRESA FERRAC JOSÉ VALDÉS REYES".**

Trabajo de Diploma en Ingeniería Mecánica

Autor: Mayke Robaina González

Tutor: Radames Ocegüera Morales

Matanzas, 2022

Matanzas, 2022

Declaración de autoridad

Yo, Mayke Robaina González, declaro ser el único autor de este Trabajo de Diploma y lo pongo a disposición de la Universidad de Matanzas, para hacer uso del mismo con el objetivo y finalidad que se estime conveniente.

Mayke Robaina González.

Nota de aceptación

Presidente del tribunal

Secretario del tribunal

Miembro del tribunal

Agradecimientos:

Agradezco a todas aquellas personas que me han apoyado para la realización de este trabajo de diploma, en particular:

- ✓ A mis padres por estar conmigo en cada momento y me alentaron a seguir adelante para cumplir mi objetivo de ser Ingeniero Mecánico.
- ✓ A mi tutor Radames Ocegüera Morales por sus orientaciones y sus preocupaciones constantes en vista a la culminación exitosa de este trabajo de diploma.
- ✓ A mis compañeros y amigos ya que me apoyaron cuando más lo necesitaba.
- ✓ A todas las personas que están cerca de mí, y me dan motivos para agradecerles su apoyo en la realización de mis objetivos.

A todos muchas gracias....

Resumen

Este trabajo de diploma es el resultado del diseño de un catálogo de muebles útiles del hogar propuesto como parte de una búsqueda de incrementar ingresos en la Empresa Industrial Ferroviaria " José Valdés Reyes". Se realiza una búsqueda bibliográfica amplia, donde se abordan temáticas de conocimiento general acerca del tema en cuestión. Se brinda información minuciosa de las metodologías propuestas para la realización del proyecto de diseño, así como los materiales a usar, propiedades y tecnologías para la fabricación de cada una de las piezas. Se determinan en cada caso los costos de producción total de los artículos y la factibilidad de su elaboración en la industria local.

Abstract

This diploma work is the result of the design of a catalog of useful household furniture proposed as part of a search to increase income in the "José Valdés Reyes" Industrial Railway Company. A broad bibliographic search is carried out, where topics of general knowledge about the subject in question are addressed. Detailed information is provided on the proposed methodologies for carrying out the design project, as well as the materials to be used, properties and technologies for the manufacture of each of the pieces. The total production costs of the articles and the feasibility of their elaboration in the local industry are determined in each case.

Tabla de contenido

Introducción.....	1
Capítulo I: Análisis bibliográfico.....	3
1.1 Concepto de Proyecto.....	3
1.1.1 Características básicas de un proyecto	4
1.1.2 Ciclo de vida del proyecto.....	4
1.2 Concepto de diseño	5
1.2.1 Concepto de diseño mecánico.....	5
1.3 Metodologías de diseño	6
1.4 Pasos para el diseño.....	7
1.4.1 Fases	7
1.5 Proyectos de diseño basado en los modelos CAD	8
1.5.1 AutoCad.....	9
1.5.1.1 Ventajas al usar AutoCad	9
1.5.2 SolidWorks.....	10
1.6 Gestión de la calidad en proyectos de diseño.....	10
1.7 Proceso de conformado	11
1.7.1 Curva de Esfuerzo vs Deformación	11
1.7.2 Propiedades metálicas en los procesos de conformado.....	12
1.8 Clasificación de los procesos de conformado	13
1.8.1 Proceso de cizallado.....	14
1.8.2 Proceso de doblado	14
1.9 Proceso de soldadura. Particularidades generales.....	14
1.9.1 Tipos de soldadura	15
1.9.2 Procesos de soldadura por arco con gas protector.....	15
1.10 Perfiles estructurales de acero	18
Capítulo 2: Materiales, métodos y equipos.	20

2.1 Descripción de las piezas analizadas.	20
2.2 Estudio del material de fabricación	21
2.2.1 Principales metales utilizados en la fabricación de mobiliario.....	21
2.2.2 Factores para la selección de aceros.	23
2.2.4 Selección del material.....	24
2.3.1 Selección de tipo de perfil.....	26
2.3.2. Láminas y chapas para la fabricación de perfiles.	27
2.3.3 Proceso de corte de las láminas en cizalladora.....	27
2.3.3.1 Método de cálculo para el proceso de corte de las láminas en la cizalladora.....	27
2.3.4 Proceso de doblado en prensa plegadora	28
2.3.4.1 Método de cálculo para el proceso de doblado de las láminas en la prensa.....	29
2.3.5 Diseño CAD	31
2.3.6 Corte y conformado de las piezas.....	32
2.3.6.1 Tecnología de fabricación para los perfiles.....	32
2.3.7 Diseño tecnología de soldadura y ensamble por arco eléctrico bajo protección de gases MIG-MAG.....	33
2.4 Cálculo de gastos en operaciones de maquinado, corte y conformado. .	34
Precio de materiales para las piezas.	34
2.5 Cálculo de gastos en operaciones de soldadura	35
2.5.1 Profundidad de la fusión.	35
2.5.2 Material depositado.....	35
2.5.3 Tiempo tecnológico.....	35
2.5.4 Consumo de CO2	36
2.5.5 Tiempo operativo.	36
2.5.6 Tiempo Total.....	36
2.5.7 Consumo de energía eléctrica.	36

2.5.8 Cálculo de los consumos.....	37
Capítulo 3: Análisis de los resultados	38
3.1 Resultados del tiempo de operaciones de corte y conformado	38
Tabla 3.1: Tiempo de corte y doblado.	38
3.2 Resultados generales del cálculo del proceso de soldadura por el método semiautomático con gas de protección (CO2) (MIG-MAG).....	39
3.3 Gastos totales y costo de producción	40
Conclusiones.....	43
Recomendaciones.....	44
Referencias Bibliográficas	45

Introducción

Un proyecto es el plan que se establece para transformar una realidad, consumiendo un conjunto de recursos ya existentes, con el fin de crear una fuente de la que se deriva una corriente de bienes y/o servicios. Desde este punto de vista, la idea del proyecto surge ante la dificultad de satisfacer determinadas necesidades sentidas por un grupo de personas en un momento dado y en un lugar físicamente definido; por lo que cabe calificar a dicha realidad existente como problemática dada su incapacidad para producir los bienes y/o servicios que se precisan, debiendo ser superada por medio del proyecto.

El término diseño es el arte de proyectar el aspecto, la función y la producción de un objeto funcional. Es el proceso previo de configuración mental, en la búsqueda de una solución en cualquier campo.

(Figuroa, 2005), plantea que un diseño, son los pasos a seguir con un determinado proyecto en base al tema elegido, y luego las herramientas a usar, las fuentes de información, metodologías, etc. El proyecto es una cuestión más global, que incluye de por sí al diseño.

La Empresa Industrial Ferroviaria " José Valdés Reyes", ubicada en la carretera a Máximo Gómez km 1 ½, en el municipio de Cárdenas, se encarga de la fabricación y reparación de equipos ferroviarios de diferentes modelos y prestaciones con eficiencia y calidad en sus servicios. Se construyen, además, módulos de carpintería de aluminio y galvanizado para programas de la vivienda y se realizan otros trabajos de pailería y soldadura.

Actualmente, la "Valdés reyes", como coloquialmente se le nombra, se enfrasca en la etapa de ejecución de un modelo de ferrobús cubano con carrocería de ómnibus Diana, que permitirá reforzar el transporte de pasajeros en vías secundarias y zonas de difícil acceso en toda Cuba.

Todos los productos están sometidos a un proceso de evolución continuo, generando que las empresas busquen nuevos métodos que se adapten a la dinámica de dichos cambios. Para incrementar la producción en dicha empresa y generar nuevos ingresos, se propone el diseño de un catálogo de útiles del hogar. A partir de los elementos planteados se deriva el siguiente problema científico:

Problema Científico: ¿Cómo generar ingresos en la empresa FERRAC "José Valdés Reyes" mediante el diseño de un catálogo de útiles del hogar?

Para dar respuesta al problema científico se plantea la siguiente hipótesis.

Hipótesis: Si se realiza el diseño de un catálogo de útiles del hogar es posible generar ingresos en la empresa FERRAC "José Valdés Reyes".

Para dar respuesta al problema científico se plantea el siguiente objetivo general.

Objetivo General:

Elaborar un catálogo de útiles del hogar que permita el incremento de los ingresos en la empresa FERRAC "José Valdés Reyes".

Objetivos específicos:

- ✓ Abordar aspectos teóricos conceptuales que permitan actualizar los conocimientos sobre las diferentes temáticas.
- ✓ Elaborar tecnología de corte y conformado de las piezas para su fabricación.
- ✓ Elaborar tecnología de soldadura por el método MIG-MAG para cada una de las piezas.
- ✓ Diseñar cuatro tipos de muebles para el hogar utilizando programas como AutoCad y Solidworks.
- ✓ Determinar los costos de la fabricación de cada uno de los muebles.

Capítulo I: Análisis bibliográfico

En este capítulo se profundiza en contenidos básicos necesarios para el desarrollo del trabajo en cuestión. El desarrollo del mismo se realiza mediante la búsqueda en bibliotecas científico técnicas y en las diferentes bases de datos disponibles en internet, a través del uso de buscadores existentes, como: Google, AltaVista, Scirus, entre otros. Además, se emplean bases de datos remotas (EBSCO, ScienceDirect, entre otros) y bibliotecas virtuales de ingeniería mecánica.

1.1 Concepto de Proyecto

Según (Morales, 2011), el término proyecto engloba una disparidad semántica que se extiende en todos los ámbitos de la actividad profesional y no profesional: proyecto de ley, proyecto de vida, gestión de la empresa por proyectos, proyectos de ingeniería, etc. Por lo general la utilización de la palabra proyecto está asociada a la abstracción mental del plan necesario para ejecutar una acción concreta.

En la actualidad, se consideran esenciales las implicaciones sociales en los proyectos, sin embargo, la tecnología para la integración social en estos no está consolidada. A la hora de gestionar proyectos, lograr que todos los involucrados estén en sintonía, puede ser todo un desafío. Con varias piezas en movimiento y la colaboración entre diferentes departamentos, una reunión inicial del proyecto puede no ser suficiente.

Dentro de la actividad profesional destacan los proyectos que incorporan la ingeniería para la transformación de la realidad. El proyecto en ingeniería surgió como una herramienta para el desarrollo de ideas tecnológicas y se ha ido enriqueciendo con el pensamiento normativo-legal, con las variables económico-financieras, los parámetros de gestión, y más recientemente, con los aspectos medioambientales (Perez V., 2005).

(Carrion R. I., 2010), plantean que la ingeniería mecánica es una de las ramas de la ciencia que se encarga de crear nuevas máquinas o aparatos para satisfacer necesidades concretas. Dentro de ella, existen varias especificaciones que focalizan los proyectos en áreas de aplicación concretas. Las más conocidas son las que diseñan maquinaria para el sector de los transportes, la industria, la

alimentación, los sistemas y la robótica. Un proyecto de ingeniería mecánica no difiere, en esencia, de cualquier otro proyecto. Sin embargo, sí es preciso señalar la especial relevancia que tienen los recursos de tipo técnico y humano, pues se trata, en últimas, de procesos de tecnificación o construcción en los que las materias primas resultan indispensables.

1.1.1 Características básicas de un proyecto

- ✓ Persigue un objetivo. El proyecto como todo plan ordenado, se encamina a la consecución de un objetivo. Sin su existencia el plan y por tanto el proyecto, carecería de sentido.
- ✓ El proyecto absorbe recursos, unos en forma de inmovilización de capital al efectuar la transformación, otros a lo largo de toda la vida útil de proyecto en la explotación del mismo.
- ✓ Precisa un plan para el empleo de los recursos involucrados. Esta es una de las características esenciales del proyecto. El empleo de una gran cantidad de recursos diversos exige una ordenación racional de los mismos, con indicación de su destino e información sobre su uso.
- ✓ Tiene carácter de futuro. Los frutos generados por el proyecto no son inmediatos, se obtienen después de su ejecución y permanecen en tanto la transformación efectuada conserva su funcionalidad.
- ✓ El plan debe ser objeto de juicio: la evaluación del Proyecto. El proyecto pone de manifiesto los inconvenientes, costos en que se incurre y las ventajas y beneficios que se derivan de su ejecución. Ambos costes y beneficios deben ser escrupulosamente sopesados para llegar a la conclusión de que los beneficios superan en grado suficiente a los costes y por tanto puede ser acometida la realización del proyecto.

1.1.2 Ciclo de vida del proyecto

El ciclo de los proyectos es un modelo que explica y permite tomar decisiones de una forma sistemática. Se identifican cuatro fases (Alfredo, 2009).

La primera parte del ciclo está constituida por la identificación y formulación del proyecto. Es decir, lo que los economistas llaman la preinversión. En la identificación y formulación existen un conjunto de documentos (idea, estudio de prefactibilidad, estudio de viabilidad, financiación, proyecto definitivo). El objetivo de esta fase es descartar lo malo cuanto antes a costo mínimo.

La segunda parte se centra en la materialización de las inversiones. Los documentos de la primera parte se convierten en acciones específicas que modifican la realidad. Antes de iniciar esta fase se toma por el promotor o los promotores la decisión crítica de ejecutar con todas sus consecuencias. Se inmovilizan recursos escasos con la intención de progresar y obtener beneficios futuros.

La tercera parte es la gestión del proyecto o también conocido como administración y ejecución del proyecto. En esta fase tienen que aparecer los aspectos positivos del cambio.

La cuarta parte consiste en la evaluación de resultados cuando el proyecto finaliza.

1.2 Concepto de diseño

El diseño de un equipo o producto es un proceso caracterizado por la creatividad y, a la vez, marcado por el cumplimiento de unos requerimientos que impone el cliente, los usuarios, el mercado y/o la competencia. Sin embargo, existen proyectos en los que el producto diseñado no va dirigido a un contexto desarrollado, al contrario, su objetivo principal es ayudar al crecimiento y mejorar la calidad de vida de una comunidad en desarrollo (Riba, 2002).

1.2.1 Concepto de diseño mecánico

La Ingeniería de Diseño: agrupa todas aquellas actividades que tienen por objeto la concepción y definición de un producto o servicio adecuado a las especificaciones y su concreción en todas aquellas determinaciones que permitan su posterior fabricación y utilización

Según (Mieles, 2017), el diseño mecánico es el diseño de objetos y sistemas de naturaleza mecánica; piezas, estructuras, mecanismos, máquinas y dispositivos e instrumentos diversos. En su mayor parte, el diseño mecánico hace uso de las matemáticas, las ciencias del uso de los materiales y las ciencias mecánicas aplicadas a la ingeniería.

El diseño de ingeniería mecánica incluye el diseño mecánico, pero es un estudio de mayor amplitud que abarca todas las disciplinas de la ingeniería mecánica, incluso pudiendo llegar a las ciencias térmicas y de los fluidos.

1.3 Metodologías de diseño

Metodología: hace referencia al estudio del conjunto de métodos utilizados en una determinada rama del pensamiento o de la actividad humana. Un método, como define (Riba, 2002), es una forma específica y ordenada de actividades para conseguir un determinado fin. A raíz del incremento de producción de las empresas y de la complejidad de los productos desarrollados, las tareas de diseño ganan atención y exigen mayores y más específicos conocimientos técnicos. Esto hace que se desarrollen metodologías generales de diseño que definan las tareas concretas del proceso de diseño en cualquier ámbito o disciplina.

Según (Pahl G., 2007), las metodologías de diseño en ingeniería son una secuencia concreta de acciones para el diseño de sistemas técnicos que derivan su conocimiento de la ciencia del diseño, de la psicología cognitiva y de la experiencia práctica en diferentes campos. Según estos autores, una metodología de diseño, entre otras características, debe:

- ✓ ser aplicable a todo tipo de actividad de diseño, no importa de qué especialidad se trate;
- ✓ facilitar la búsqueda de soluciones óptimas;
- ✓ ser compatible con los conceptos, métodos y resultados de otras disciplinas;
- ✓ no confiar en la casualidad en la búsqueda de soluciones;
- ✓ facilitar la aplicación de soluciones conocidas a tareas relacionadas;
- ✓ ser sencilla;
- ✓ reducir la carga de trabajo, ahorrar tiempo y evitar el error humano;
- ✓ facilitar la planificación y la gestión del trabajo en equipo en un proceso de desarrollo de productos integrado e interdisciplinar.

Los diferentes enfoques dados a los métodos empleados en el proceso de diseño han dado lugar a diferentes metodologías. (Blanco, 2018), clasifica las metodologías de diseño según el procedimiento en descriptivo o prescriptivo:

- ✓ Metodologías descriptivas: responden a la pregunta ¿Qué hacer? y describen simplemente la secuencia de actividades que típicamente ocurren en el diseño. Tienen un enfoque heurístico, es decir, se basan en

la experiencia previa. No dan una pauta sistemática y cerrada, sino reglas generales y buenas prácticas que conducen a lo que puede ser la solución correcta.

- ✓ Metodologías prescriptivas: responden a la pregunta ¿Cómo hacerlo? y recomiendan un patrón sistemático de actividades a realizar durante el proceso de diseño. Enfatizan en la necesidad de un trabajo más analítico para llegar a la generación de soluciones conceptuales. Hacen incidencia en la identificación y comprensión total del problema de diseño.

Más allá de si la metodología aplicada pertenece a uno u otro grupo, en la práctica se puede hablar del enfoque dado por el equipo de diseño al proyecto: enfoque descriptivo, más abierto a la espontaneidad y más flexible a la hora de seguir una pauta sistemática; enfoque prescriptivo, más pautado y secuencial en las actividades a seguir durante el diseño (Blanco, 2018).

1.4 Pasos para el diseño

El proceso de diseño es complejo y requiere de múltiples iteraciones para asegurar que se alcanza el objetivo propuesto. Es un proceso de vital importancia, pues, si su cumplimiento de por sí no garantiza que el resultado sea un éxito, en el caso de no seguirlo, se puede asegurar que muy difícilmente el resultado sea satisfactorio para las partes implicadas.

1.4.1 Fases

Fase 1: Identificación de necesidades, que consiste en asegurarse que se ha identificado el problema al que se quiere dar solución y las opciones aceptables por el usuario.

Fase 2: Investigación preliminar, consiste en buscar información, que permita conocer las mejores opciones para resolver la necesidad expuesta en la fase anterior.

Fase 3: Planteamiento de objetivos, está claro que un diseño no puede cubrir todas las posibles necesidades de un usuario, por lo tanto, es importante fijar unos objetivos claros y realistas que debe cumplir el diseño.

Fase 4: Especificaciones de desempeño, que definen lo que el diseño debe ser capaz de hacer, definiendo valores numéricos que son capaces de ser medidas y comprobadas; pueden servir como especificaciones contractuales.

Fase 5: Ideación e invención, es la fase creativa del proceso, en la que el ingeniero mecánico va a inventar la solución, basándose en la investigación preliminar y asegurando que cumple con los objetivos del proyecto, las especificaciones definidas en el contrato y, sobre todo, que resuelve las necesidades del usuario.

Fase 6: Análisis, consistente en analizar el problema y plantear posibles soluciones, utilizando teorías físicas, procesos químicos y cálculos matemáticos, para plantear soluciones preliminares que pueden ser capaces de cumplir con los objetivos planteados.

Fase 7: Selección, consistente en aplicar criterios de decisión que permitan seleccionar la mejor opción para cumplir con las especificaciones de desempeño y con los objetivos de acuerdo con el cliente.

Fase 8: Diseño detallado, se trata de continuar con el análisis de la solución escogida hasta llegar al nivel de detalle necesario que permita su fabricación y utilización.

Fase 9: Creación de prototipos y pruebas, aunque la modelización que se pueda realizar en las fases de análisis y de diseño detallado dé resultados satisfactorios, es importante construir prototipos y realizar las pruebas necesarias para asegurar que el resultado cumple, en las condiciones de trabajo, con las especificaciones de desempeño definidas.

Fase 10: Producción, una vez que se ha comprobado que el diseño resuelve satisfactoriamente la necesidad planteada por el usuario se procede a la producción de las unidades necesarias, ya sean estos productos únicos o grandes fabricaciones en serie (M. Torres, 2021).

1.5 Proyectos de diseño basado en los modelos CAD

El surgimiento de CAD se sitúa en 1982 y aunque en un principio este tipo de programa estuvo limitado por las capacidades inherentes al hardware, con el tiempo, el CAD adquiere su verdadera dimensión, convirtiéndose en instrumento

estratégico a nivel productivo industrial con altos índices de utilización (Zamudio, 2003).

Los sistemas CAD facilitan desde el modelado hasta el ensayo o la asistencia en el proceso de introducción de nuevas herramientas hasta la optimización y el mantenimiento de las herramientas empleadas y la fabricación de la serie piloto.

Desde su aparición, la funcionabilidad y utilidad ha ido en ascenso, gracias a todos los usos que se le pueden dar. El diseño asistido por computadora (CAD) pasó a formar parte de las herramientas usadas desde que se evidenció que se podía optimizar toda la elaboración de proyectos de piezas y estructuras que anteriormente se hacían a mano.

1.5.1 AutoCad

(Alfonso D., 2017), define AutoCad como un programa de dibujo por computadora, donde se pueden crear dibujos y planos genéricos, documentar proyectos de ingeniería, arquitectura, mapas o sistemas de información geográfica, por mencionar algunas industrias y aplicaciones.

Este programa reúne características avanzadas alrededor del concepto de proyecto, es decir, el conjunto de dibujos y planos que hace referencia al mismo trabajo, de manera que resulta sencilla su gestión en forma integrada. Ello minimiza la posibilidad de errores y permite el trabajo en equipo, que es una de las características más deseables en este programa. Todo ello además de las características más conocidas de este programa, que sigue siendo el referente en el mundo del diseño, características que en cada nueva versión son mejoradas siempre con el objetivo de facilitar la personalización y aumentar la productividad en el desarrollo del trabajo (Montaño, 2014).

1.5.1.1 Ventajas al usar AutoCad

(Aguilar, 2020), en su investigación profesional expone cuales con algunas de las ventajas de usar AutoCad, entre ellas:

- ✓ Ahorra tiempo gracias a los flujos de trabajo integrados, miles de piezas normalizadas y otras funciones.

- ✓ La completa biblioteca API, las funciones LISP y los conjuntos de herramientas especializados de AutoCad permiten automatizar las tareas.
- ✓ En comparación con otras soluciones CAD solo permiten intercambiar dibujos o incluir anotaciones. AutoCad es el único programa con el que se puede editar, ver y crear nuevos dibujos CAD desde un navegador o cualquier dispositivo móvil.
- ✓ En comparación con otras soluciones CAD, AutoCAD es el software más eficaz y preciso para ver y editar archivos.
- ✓ AutoCad es el programa con el que suelen aprender los estudiantes. Otros programas CAD utilizan una terminología diferente y requieren mayor tiempo de aprendizaje.

1.5.2 SolidWorks

Es el producto de diseño en 2D y 3D. Ha mostrado desde su lanzamiento una concepción de utilización simple y rápida de aprender. Facilita el desarrollo colaborativo de diseños y la interconexión con los otros programas (Garcia, 2016).

Integra dentro de su ambiente una buena flexibilidad de trabajo y la posibilidad de generar modelos 3D a partir de bosquejos realizados rápidamente en 2D. Además, contiene una herramienta de comunicación vía email que facilita el compartir diseños con colaboradores.

1.6 Gestión de la calidad en proyectos de diseño

(Delgado, 2004), la gestión debe llevarse a todas las fases por las que atraviesa el diseño y desarrollo de productos, por lo que la identificación de las mismas y de sus procesos correspondientes es de suma importancia, así como el control que se debe establecer entre cada una de las fases.

La Dirección Integrada de Proyecto (DIP) es el arte de dirigir y coordinar los recursos humanos y materiales, a lo largo del ciclo de vida del proyecto, mediante el uso de las técnicas actuales del Management, para conseguir los objetivos prefijados de alcance, costo, plazo, calidad y satisfacción de las partes interesadas en el proyecto.

El diseño y la implementación del sistema de gestión de la calidad de una organización están influenciados por diferentes necesidades, objetivos particulares, productos suministrados, procesos empleados y el tamaño y estructura de la organización (ISO 9001:2000).

La familia de normas ISO 9000 creadas en el año 1987, se ha ido adaptando a las necesidades del mercado y de las organizaciones para así satisfacer los requerimientos de todas las partes interesadas, en las que se incluyen los clientes.

A partir de los elementos que se plantean en la norma se puede concluir que como metodología se han de identificar los procesos que caracterizan el diseño y desarrollo en particular de una organización, con sus entradas y salidas, para después poder identificar en qué consisten, cómo, quiénes, en qué momento y con qué frecuencia se realizarán las revisiones, verificaciones y validación del diseño, de forma tal que cada vez que se emitan cambios, éstos sean controlados y registrados.

La implementación de un sistema de gestión de la calidad en una dirección integrada, de acuerdo con los requisitos de la norma ISO 9001, depende del conocimiento de los directivos, especialistas y consultores externos sobre las particularidades de la organización. Según (Delgado, 2004), cada producto y cada empresa debe diseñar y definir su propia forma de trabajar. No es obligatorio en ISO 9001 utilizar un formato para controlar los procesos de diseño.

1.7 Proceso de conformado

Los procesos de conformado de metales comprenden un amplio grupo de procesos de manufactura, en los cuales se usa la deformación plástica para cambiar las formas de las piezas metálicas (Lemas J., 2020). Las herramientas, usualmente dados de conformación, ejercen esfuerzos sobre la pieza de trabajo que las obligan a tomar la forma de la geometría del dado.

1.7.1 Curva de Esfuerzo vs Deformación

Debido a que los metales deben ser conformados en la zona de comportamiento plástico, es necesario superar el límite de fluencia para que la deformación sea

permanente. Por lo cual, el material es sometido a esfuerzos superiores a sus límites elásticos, estos límites se elevan consumiendo así la ductilidad.

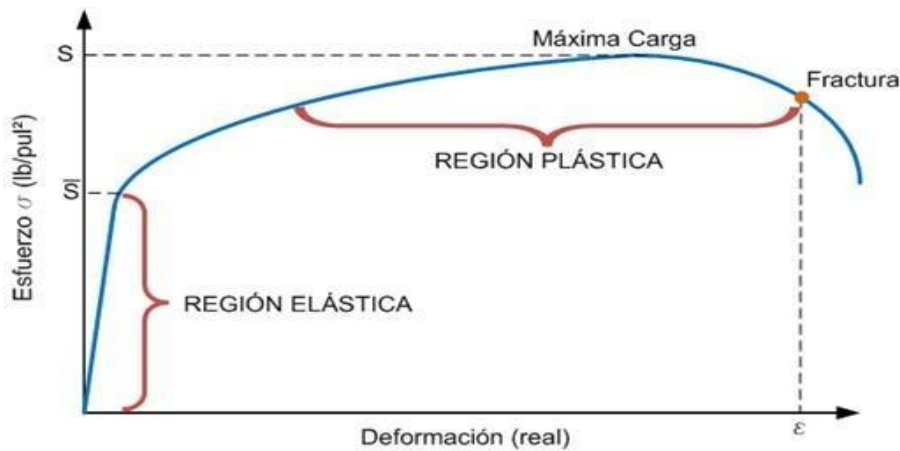


Fig.1.1. Gráfico de **Deformación-Esfuerzo** de los metales.

1.7.2 Propiedades metálicas en los procesos de conformado

Al abordar los procesos de conformado es necesario estudiar una serie de propiedades metálicas influenciadas por la temperatura, dado que estos procesos pueden realizarse mediante un trabajo en frío o mediante un trabajo en caliente (Machado A., 2017).

Trabajo en frío

Se refiere al trabajo a temperatura ambiente o menor. Este trabajo ocurre al aplicar un esfuerzo mayor que la resistencia de cedencia original de metal, produciendo a la vez una deformación.

Características

- ✓ Mejor precisión.
- ✓ Menores tolerancias.
- ✓ Mejores acabados superficiales.
- ✓ Mayor dureza de las partes.
- ✓ Requiere mayor esfuerzo.

Trabajo en caliente

Se define como la deformación plástica del material metálico a una temperatura mayor que la de recristalización. La ventaja principal del trabajo en caliente

consiste en la obtención de una deformación plástica casi ilimitada, que además es adecuada para moldear partes grandes porque el metal tiene una baja resistencia de cedencia y una alta ductilidad.

Características:

- ✓ Mayores modificaciones a la forma de la pieza de trabajo.
- ✓ Menores esfuerzos.
- ✓ Opción de trabajar con metales que se fracturan cuando son trabajados en frío.

1.8 Clasificación de los procesos de conformado

Los procesos de conformado plástico también se caracterizan por utilizar materiales en diferentes condiciones, ya estén o en forma de láminas o en forma de bloques macizos.

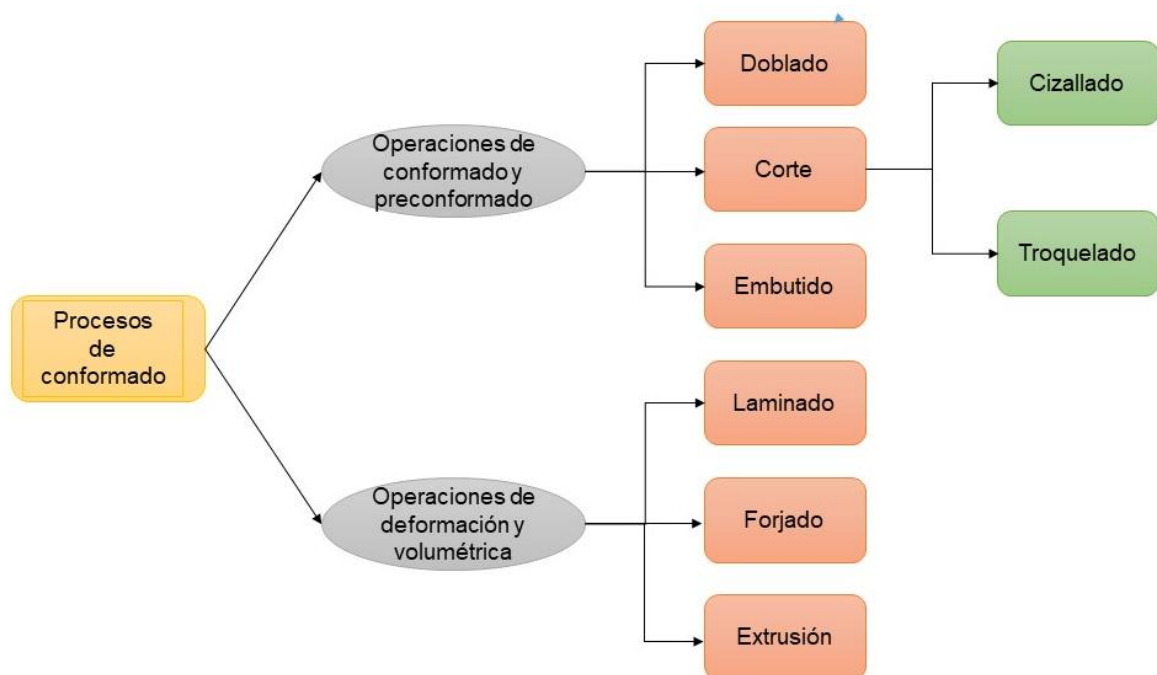


Fig.1.2 Procesos de conformado.

1.8.1 Proceso de cizallado

(Lurman, 2019), plantea que el proceso de cizallado es una operación de corte de láminas que consiste en disminuir la lámina a un menor tamaño. Para hacerlo el metal es sometido a dos bordes cortantes. También llamado guillotinado en ciertas actividades se hacen en frío en la mayoría de los materiales. En general es para cortes rectos a lo ancho o a lo largo del material, perpendicular o en ángulo. La acción básica del corte incluye bajar la cuchilla hasta la mesa de la máquina, para producir la fractura o rotura controladas durante el corte. La mayoría de las cuchillas tienen un pequeño ángulo de salida. Para ciertas operaciones específicas como punzonado o perforado, no hay esos ángulos de alivio.

1.8.2 Proceso de doblado

El proceso doblado de metales es la deformación de láminas alrededor de un determinado ángulo. Los ángulos pueden ser clasificados como abiertos (si son mayores a 90 grados), cerrados (menores a 90°) o rectos. Durante la operación, las fibras externas del material están en tensión, mientras que las interiores están en compresión. El doblado no produce cambios significativos en el espesor de la lámina metálica (Lurman, 2019).

1.9 Proceso de soldadura. Particularidades generales

(Dumitrescu L., 2010) , soldar es un método eficaz y barato por la unión de metales. La soldadura ha tenido un impacto significativo en un gran número de industrias, levantando su eficacia operacional, productividad y vida de servicio. Soldar es una de las técnicas de fabricación más comunes y la tendencia en la producción de las fábricas es la de automatizar este proceso para elevar los índices de productividad y calidad de la misma. Para la automatización se ha establecido una relación entre los parámetros del proceso y geometría de la costura de soldadura para predecir y controlar la calidad de la misma. Estas relaciones pueden desarrollarse usando técnicas del plan experimentales.

La soldadura es un proceso que une de forma permanente a dos componentes separados mediante el calor, la presión o la combinación de ambos para convertirlos en una nueva pieza. El cual tiene un punto de fusión menor al de la pieza a soldar, para conseguir un baño de material fundido que, al enfriarse, se convierte en una unión fija.

A veces la presión es usada conjuntamente con el calor, o por sí misma, para producir la soldadura. Esto está en contraste con la soldadura blanda y la soldadura fuerte, que implican el derretimiento de un material de bajo punto de fusión entre piezas de trabajo para formar un enlace entre ellos, sin fundir las piezas de trabajo. La soldadura es una de las maneras más económicas de unir dos metales de forma permanente.

1.9.1 Tipos de soldadura

En el Manual de soldadura y catálogo de productos EXSA se define la soldadura como uno de los procesos más ampliamente usados para fabricación y reparación de diversos equipos en todo el campo de la ingeniería, por ello es de gran interés incrementar la calidad y prevenir fallas durante la fabricación o en servicio, para lo cual es necesario obtener información acerca de la forma, dimensiones y esfuerzos residuales. Mediante la simulación numérica, en particular el método de los elementos finitos se puede evaluar los diferentes parámetros y condiciones, sin necesidad de hacer un gran número de ensayos, algo que para las aplicaciones industriales es muy importante.

Una soldadura puede ser:

- ✓ Homogénea: La obtenida al realizar el soldeo entre dos piezas de acero de composición similar sin utilizar metal de aporte o utilizando un metal de aporte de la misma naturaleza que el de las piezas a unir.
- ✓ Heterogénea: La obtenida al realizar el soldeo de dos piezas de fundición utilizando como metal de aporte una aleación de níquel o bien realizar el soldeo entre dos piezas de distinto material utilizando como aporte otro material diferente (Nieto, 2012).

1.9.2 Procesos de soldadura por arco con gas protector

El proceso al arco eléctrico se emplea principalmente para la soldadura de láminas, placas o tuberías de metal. Donde se tiene en cuenta la influencia del ancho del cordón en las propiedades de la soldadura y el calor introducido en las tensiones residuales que surgen en el área soldada producto del proceso de soldadura (Niebles E., 2009)

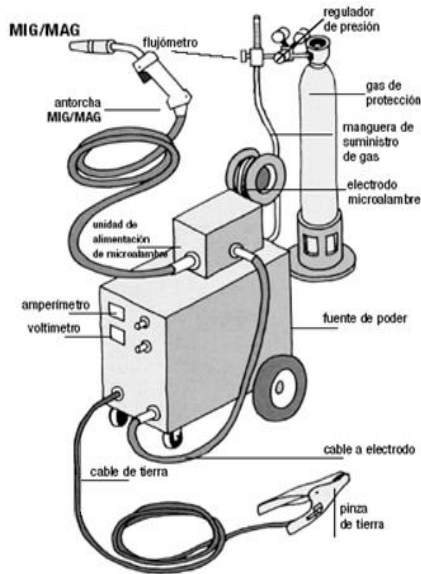


Figura 1.3 Máquina de soldadura MAG.

La soldadura por arco eléctrico con gas de protección es un proceso semiautomático que es válido tanto para la operación manual como automatizada.

- ✓ MIG : Metal Inert Gas
- ✓ MAG: Metal Active Gas
- ✓ GMAW: Gas Metal ArcWelding

Para proporcionar el calor necesario para la operación de soldadura se requiere un arco de bajo voltaje (16-40 V) y alta intensidad (60-600 A) que se establece entre el electrodo y la pieza de trabajo. El electrodo, arco, metal fundido y área de soldadura están protegidos de la contaminación atmosférica mediante una corriente de gas de protección (Rodríguez, 2001).

La unidad de alimentación aporta el alambre dentro del arco eléctrico. Mediante la fuente de potencia se consigue mantener constante la tensión y la longitud de arco, permitiendo al soldador concentrarse en asegurar la fusión completa de la unión. Las fuentes de potencia empleadas en la soldadura MIG/MAG se llaman “fuentes de voltaje constante” ya que tienen una pendiente característica de la fuente de soldadura.

(Niebles E., 2009), plantean que, para la soldadura de placas, tuberías de espesor delgado y piezas en posición plana se recurre al proceso de “transferencia en spray” que opera dentro del rango de intensidades de 180 A-450 A. En este proceso se forman pequeñas gotas de metal fundido del alambre de aporte, que se proyectan al baño de fusión a través del arco. Las soldaduras que están localizadas en posiciones en las

cuales el metal fundido tiende a salir hacia fuera de la unión por acción de la gravedad (vertical, sobre cabeza), se sueldan a menores intensidades (60 A-180 A).

Las técnicas apropiadas para estos tipos de unión son:

- ✓ Transferencia en cortocircuito: se transfiere el metal a la unión cuando el alambre de aporte contacta con el baño de fusión.
- ✓ Transferencia en arco pulsado: se transfiere el metal a la unión en forma de pequeñas gotas (tipo spray) controladas mediante impulsos regularmente espaciados (Lesur, 2007).

Estas dos técnicas se emplean también para la soldadura de láminas delgadas 1.6 mm (1/16") y menores. La soldadura MIG/MAG y la soldadura TIG son dos de los procesos más importantes que emplean un gas de protección para proteger al metal soldado de la contaminación atmosférica.

El MIG-Sinérgico es un sistema MIG/MAG avanzado que incorpora la transferencia en spray y la transferencia en pulsado. Se deben establecer las condiciones óptimas de trabajo para un rango de aplicaciones. El proceso MIG-sinérgico requiere un equipo específico de soldadura.

El proceso GMAW establece un arco eléctrico entre la pieza de trabajo y el alambre (electrodo) que se alimenta continuamente. Utiliza una máquina de potencial constante, antorcha y un mecanismo que alimenta el alambre hacia la unión de los metales. Es requerida la protección de un gas o mezcla de gases. La polaridad recomendada es polaridad invertida, sin embargo deberá consultar la especificación del electrodo a aplicar (Koelhoeffer, 2006).

En el proceso GMAW la transferencia del electrodo se realiza por 3 formas:

- ✓ Transferencia corto circuito
- ✓ Transferencia globular
- ✓ Transferencia spray o rocío.

Se pueden unir aceros al carbón, inoxidable, aluminio, cobre y bronce. Una característica del proceso es que no genera salpicadura y produce cordones de gran calidad.

1.10 Perfiles estructurales de acero

(Chambouleyron M., 2002), asegura que los perfiles de acero son materiales que se crean a partir de la obtención de un laminado en caliente del acero, también llamado rolado. Además, se dividen en dos tipos, por su proceso: fríos y calientes. Y ambos son utilizados para la construcción de obras y estructuras, pero dependen de su tipo y función.

Tipos de perfiles de acero

Los perfiles estructurales de acero se eligen de acuerdo con la magnitud de cargas a resistir. También a la forma de trabajo, como: tensión, compresión, flexión, torsión, entre otras características específicas para unir las estructuras y apariencia en las edificaciones (López R., 2007).

Perfiles IPR

Son vigas que se encargan de soportar cargas pesadas de losas o elementos planos colocados sobre ellas. Al ser un elemento estructural rígido se usan como refuerzo estructural en proyectos de construcción y manufacturas de diversos tipos.

Perfiles de acero IPS

Es una viga ligera. Por sus propiedades ayuda a reducir el peso estructural de las construcciones de un 25% a 50%, dependiendo la configuración estructural.

Canales U

Es un perfil de acero, realizado en caliente mediante láminas y en forma de U. Son hechos para estructuras metálicas como canales, vigas, carrocería, viguetas, etc. Por lo general, son usados en la construcción de puentes, estructuras arquitectónicas, fabricación de vehículos y otras estructuras industriales.

Ángulos Estructurales o tipo L

Es un producto de acero laminado en caliente, donde se forma por una sección transversal de dos alas de igual longitud (en ángulo recto). Se utilizan en plantas industriales, carrocerías, torres de transmisión, para la fabricación de puertas, ventanas, rejas, soportes, entre otros usos.

Solera

Es un perfil de base rectangular en diferentes anchuras y grosores. Son de uso comercial e industrial y son de alta ductilidad. Se usan para la herrería, artesanías, refuerzos de estructuras, remolques y largueros de alma abierta.

Perfil redondo

Barra de acero lisa de forma circular que se fabrica en distintos diámetros, se usan en la construcción como acero comercial. Este perfil cuenta con alta resistencia, ductilidad y cumple con normas internacionales. Puede ser usado en herrería, artesanías, construcción de estructuras, armado de vigas y algunas piezas industriales específicas.

Perfil cuadrado

Es un perfil de acero liso y cuadrado que sirve como componente para diferentes industrias y maquinarias. Sus usos son muy variados, pero por lo general se usa para armado de remolques o racks y herrería. Por su alta ductilidad y uniformidad tiene una gran aplicación en la construcción y como acero comercial.

Conclusiones parciales del capítulo

- ✓ El término proyecto es una herramienta utilizada para el desarrollo de ideas tecnológicas, el cual facilita la exposición de las mismas, con una mayor organización y eficiencia en el resultado final.
- ✓ Diseñar es un proceso complejo y requiere de muchos factores para lograr el objetivo propuesto.
- ✓ Los sistemas CAD facilitan la utilización de herramientas para lograr mayor optimización.
- ✓ Los procesos de conformado de metales comprenden un amplio grupo de procesos de manufactura, en los cuales se usa la deformación plástica para cambiar las formas de las piezas metálicas.
- ✓ La soldadura es uno de los procesos más ampliamente usados para fabricación y reparación de diversos equipos en todo el campo de la ingeniería.

Capítulo 2: Materiales, métodos y equipos.

El capítulo Materiales, métodos y equipos brinda información minuciosa acerca de la utilización de la metodología propuesta para el proyecto de diseño en el caso de estudio, que supone la fabricación de muebles útiles para el hogar. La selección de las tecnologías a aplicar se basa en la definición de las necesidades reales del proyecto, y se justifica con elementos detallados de cada uno de los procesos tecnológicos estudiados para desarrollar el trabajo en cuestión. De igual forma sucede con los materiales a usar, sobre los cuales se estudian los más frecuentes en la manufactura comercial de muebles, para llegar a la elección de los idóneos en cuanto a la relación costes / resistencia.

2.1 Descripción de las piezas analizadas.

Las piezas a desarrollar son cuatro muebles útiles para el hogar. Todos conformados por perfiles de acero de iguales magnitudes, variando el espesor de las láminas y la longitud de los mismos en dependencia de la pieza conformada.

Mesa de centro

La mesa de centro es en la decoración del salón más que un mueble auxiliar. Organiza el espacio, los “acomoda”, marca las zonas de circulación, complementa los asientos, acompaña al sofá. Por su ubicación es punto focal y de referencia. Es fundamental escoger un diseño que acompañe en medidas, forma y materiales. La mesa de centro se utiliza tradicionalmente para apoyar objetos como ceniceros, mandos a distancia. También para servir algo de comer o beber, la merienda, un aperitivo.

Mesa de noche

Una mesita de luz, mesita de noche o velador es una pequeña mesa que se ubica al lado de la cama en la que se colocan objetos personales. Facilita a las personas acostadas en la cama el acceso a las mismas.

Escritorio

El escritorio es un tipo de mesa. Es usado frecuentemente en el entorno de trabajo y de oficina, para leer, escribir sobre él, para usar utensilios sencillos como lápiz y papel o complejos como una computadora.

Armario

Mueble que se utiliza para guardar diversos objetos, sobre todo ropa. Se pueden encontrar empotrados en la habitación o con puertas y gabinetes para la protección de las piezas en su interior.

2.2 Estudio del material de fabricación

La selección de materiales constituye un aspecto importantísimo en el desarrollo del producto y debe estar presente en cada etapa de la toma de decisiones. Es evidente la necesidad de decidir con suficiente anticipación acerca de los materiales que se utilizarán, pues ello puede afectar el diseño de detalle y sobre todo los costos finales del producto.

2.2.1 Principales metales utilizados en la fabricación de mobiliario.

En la actualidad, los diseñadores seleccionan los materiales teniendo en cuenta tres aspectos fundamentales: las propiedades del material, los procesos de fabricación asociados al material y los costos derivados de estos aspectos. La selección en función de las propiedades del material consiste en hacer coincidir, de la forma más cercana posible, los valores numéricos de las propiedades de los materiales con las restricciones y los requisitos del producto.

El aluminio, el acero inoxidable, el acero, el cobre y el latón son algunos de los metales más demandados en la elaboración de muebles, gracias al pragmatismo de sus usos, siendo ideales, tanto para elementos básicos como para otros accesorios, y a ese aspecto desenfadado con un toque de formalidad que otorga a los hogares.

El acero

Uno de los metales que ha ido ganando lugar con el tiempo en la decoración es el acero. En general, en este ámbito, se suele diferenciar dos tipos de aceros: el inoxidable y el que se conoce como acero dulce. El acero inoxidable es una aleación de hierro, níquel y cromo. Es más duro que el hierro y tanto su soldadura como su aplicación tienden a ser más difíciles. Una de sus ventajas tiene que ver con que no requiere protección y puede estar perfectamente bien en espacios como la cocina, donde se expone a diferentes sustancias. Es considerado como una excelente apuesta estética.

Por otro lado, se debe mencionar al que se conoce como acero dulce. Este es una aleación de hierro y carbono, que se usa especialmente bajo la forma de un tubo cuadrado o también de una barra sólida. Este se puede doblar por el codo y se puede soldar. Sí es cierto que necesita una protección adicional para no sufrir oxidación. Esta se puede dar a través del lacado, de la pintura, del barnizado, del niquelado, entre otros tratamientos posibles.

El bronce

Otra de las opciones que ha ido ganando peso en la decoración, pero cuenta de larga data, es el bronce. Este es una aleación de cobre, zinc y estaño. Se disuelve con facilidad y adquiere una gran resistencia, a la vez que es duro. Es fácil de moldear, por lo que se encuentra en muebles y adornos desde los siglos XVII y XVIII. Hoy en día, el uso del bronce se ha reducido considerablemente para aplicaciones ornamentales, debido a su alto costo y la amplia disponibilidad de opciones más innovadoras.

El latón

Otra opción que suele aparecer, especialmente en museos y casas antiguas, es el latón. Es una aleación de cobre y zinc, que es más maleable y más dúctil que el hierro. Además, se puede soldar con facilidad u moler, por lo que se usa para trabajos delicados que requieren de una precisión especial. Pese a ello, es una opción poco frecuente en la decoración más actual.

El aluminio

Finalmente, debemos destacar al aluminio. Este material ligero es altamente brillante cuando ya ha sido pulido. Se destaca por ser fácil de doblar y maleable, por lo que amplía considerablemente sus aplicaciones posibles. Pero, además, adquiere buena dureza y es altamente resistente a la corrosión, por lo que se puede emplear tanto en ambientes interiores como exteriores. Se usa, hoy en día y con cada vez más frecuencia, para elementos ornamentales, para cerramientos, para muebles de metal, para herramientas de cocina, entre un sinnúmero de posibilidades. es un material sólido que puede o no ser pintado o tintado con diferentes opciones de colores. En su estado natural resulta muy atractivo para los estilos de decoración más contemporáneos.

2.2.2 Factores para la selección de aceros.

Son numerosos los factores que hay que considerar o tener en cuenta a la hora de seleccionar los aceros de ingeniería, y casi todos ellos, se relacionan entre sí. Estos factores para su estudio se pueden agrupar de la forma siguiente.

Factores físicos: Los factores que intervienen en este grupo generalmente son las dimensiones, la forma y el peso del material que se necesita. Todos estos factores se relacionan con el tratamiento del material. Las dimensiones y la forma pueden restringir el tratamiento térmico del material. La forma del material determina si se necesita una pieza fundida o forjada. El peso del material tiene implicaciones no sólo en los costos iniciales, sino también durante el proceso de fabricación. Las dimensiones disponibles también juegan un papel importante, pues determina si se consideran otros materiales.

Factores mecánicos: Los factores mecánicos tienen que ver con la capacidad del material para soportar los diferentes tipos de esfuerzos que se les imponen. Las propiedades mecánicas del material que se utilizan como criterios de selección en el diseño son: la resistencia, el módulo de elasticidad, la tenacidad, la resistencia a la fatiga.

Procesamiento y fabricación: Estos factores se relacionan con la capacidad para dar forma al material. Es común la utilización de procesos de fundición y de conformado. Los metales dúctiles y los materiales termoplásticos se les conforman mediante procesos de deformación, porque son rápidos y apropiados para la producción masiva. Los materiales cerámicos frágiles y de alto punto de fusión se les da forma, por lo general, mediante un proceso de sinterizado o de metalurgia de polvos.

Factores de vida útil de los componentes: Estos factores están relacionados con el tiempo de vida útil de los materiales, para desempeñar las funciones establecidas en el producto. Las propiedades pertenecientes a este grupo son la resistencia a la corrosión, a la oxidación y al desgaste, la termofluencia y las propiedades de fatiga bajo cargas dinámicas.

Costos y disponibilidad: Los costos y la disponibilidad de materiales son dos factores inseparables en la actualidad. De la misma forma, la cantidad y estandarización tienen relación con el costo.

La elección de un material debe iniciarse desde la etapa de diseño conceptual, en la cual se identifican los posibles materiales. Las restricciones en cuanto a temperatura, corrosión y demás aspectos, permiten identificar fácilmente una clase de material. Los diseños preliminares se pueden elaborar en función de las propiedades que se publican en materiales y normativas (resistencia a la rotura, límite de fluencia, resistencia al impacto, alargamiento relativo y dureza). En el diseño de detalle, el diseño definitivo se realiza tomando en consideración el material real que se utilizará.

2.2.4 Selección del material

Teniendo en cuenta los parámetros anteriores y después de realizar la investigación necesaria, se decidió tomar como material que más se ajuste al cumplimiento de los requisitos y posibilidades, un acero suave o dulce, específicamente el acero AISI/ISO 1020

AISI 1020

El acero al carbono es un acero con bajo contenido de carbono que tiene al menos 0.17%C y 0.3%Mn. Tiene una buena combinación de resistencia y ductilidad y se puede cementar, pero debido a su bajo contenido de carbono, es difícil de endurecer por inducción o por llama. Debido a la falta de elementos de aleación, no es adecuado para la nitruración. El acero AISI 1020 se puede mecanizar fácilmente y se puede soldar fácilmente utilizando todos los métodos tradicionales.

Tabla 2.1: AISI 1020 Propiedades mecánicas

Propiedades	Métrico
Resistencia a la tracción	420 MPa
Fuerza de producción	350 MPa
Módulo de elasticidad	205 GPa
Módulo de corte (típico del acero)	80 GPa
el coeficiente de Poisson	0.29
Alargamiento a la rotura	0.15
Dureza, Brinell	121
Dureza, Knoop (convertido de dureza Brinell)	140
Dureza, Rockwell B (convertido de dureza Brinell)	68
Dureza, Vickers (convertido de dureza Brinell)	126
Maquinabilidad (basado en acero AISI 1212. Como maquinabilidad 100)	65

Tabla 2.2: AISI 1020 Composición Química

0,18 – 0,23	% C
0,30 – 0,60	% Mn
0,15 – 0,35	% Si
≤ 0,04	% P
≤ 0,05	% S

2.3 Tecnología de fabricación de la pieza.

Para la fabricación de las piezas se tienen en cuenta todas las operaciones y elaboraciones necesarias, así como también las máquinas utilizadas, instrumentos de medición, dispositivos y herramientas auxiliares, así como la descripción tecnológica de los procesos o pasos tecnológicos que se requieren en cada elemento. El material para la fabricación de las piezas a diseñar se presenta en láminas para la elaboración de perfiles de acero tipo cuadrados con los cuales se conformarán finalmente las piezas.

2.3.1 Selección de tipo de perfil

Los perfiles de acero son un tipo de producto que se crean mediante la laminación del acero a altas temperaturas. El laminado, igualmente conocido como rolado, es un proceso industrial mediante el cual el grosor de un metal es reducido mediante el uso de distintos procesos.

Para la fabricación de las piezas se conformarán primeramente los perfiles a partir de las láminas de acero. Específicamente para este proyecto se elaborarán perfiles cuadrados.

Perfil cuadrado

Es un perfil de acero liso y cuadrado que sirve como componente para diferentes industrias y maquinarias. Sus usos son muy variados, pero por lo general se usa para armado de remolques o racks y herrería. Por su alta ductilidad y uniformidad tiene una gran aplicación en la construcción y como acero comercial. Este tipo de presentación del acero, sin importar que tipo de perfil sea (frío o

caliente), suelen ser utilizados para la construcción de obras y estructuras que presenten formas, dimensiones y configuraciones inexactas o distintas entre sí mismas.

2.3.2. Láminas y chapas para la fabricación de perfiles.

Como piezas brutas para la fabricación de los perfiles que componen las piezas se deberán utilizar las siguientes láminas:

- ✓ Espesor 3 mm, dimensiones 1250x1035mm. (Para partes de mesa de centro y mesa de noche).
- ✓ Espesor 4 mm, dimensiones 2500x1250mm. (Para partes de escritorio y armario)

2.3.3 Proceso de corte de las láminas en cizalladora

La cizalla industrial es una máquina grande equipada de una enorme cuchilla que hace cortes verticales al ejercer presión sobre paquetes de láminas de distintos materiales. Posee un motor eléctrico para aumentar la presión de corte. La cizalla presente en la empresa es la NTH16.

2.3.3.1 Método de cálculo para el proceso de corte de las láminas en la cizalladora.

Los parámetros importantes en el corte de láminas metálicas son el claro entre el punzón y el dado, el espesor del material, el tipo de metal y su resistencia, y la longitud del corte.

Cálculo de la distancia entre la cuchilla y el dado.

El claro correcto depende del tipo de lámina y de su espesor. El claro recomendado se puede calcular por la siguiente fórmula:

$$C=Ac*t \quad (2.1)$$

Donde:

c = claro, [mm]

Ac = tolerancia; Se determina de acuerdo al tipo de metal según (Anexo 1)

t = espesor del material, [mm]

Fuerza de Corte.

Es importante estimar la fuerza de corte porque ésta determina el tamaño (tonelaje) de la prensa necesaria. La fuerza de corte F en el trabajo de láminas puede determinarse por:

$$F=S * t * L \quad (2.2)$$

Donde

S = resistencia al corte de la lámina, [MPa].

t = espesor del material, mm.

L = longitud del borde de corte, mm.

Si no conocemos S, entonces se puede utilizar:

$$F=0.7*TS*t*L \quad (2.3)$$

Donde

TS = resistencia última a la tensión, [MPa].

Tiempo de cizallado.

$$T=t/V; [\text{min}] \quad (2.4)$$

v- velocidad de corte de la cizalla, según características de la máquina ver (Anexo 2).

El tiempo de manipulación, posicionamiento y retirado de la lámina se consideran el 90% del tiempo de cizallado.

$$T_{\text{aux}}=0,9*T ; [\text{min}] \quad (2.5)$$

Se recomienda utilizar la tabla de datos de la máquina para comprobar los datos obtenidos con el método de cálculo. (Anexo 3)

2.3.4 Proceso de doblado en prensa plegadora

Las plegadoras son máquinas tipo prensa utilizadas para el trabajo en frío de metales en forma de planchas. El espesor de las chapas a plegar puede variar desde 0,5 a 20 mm y su longitud desde unos centímetros hasta varios metros. En el mercado encontramos plegadoras mecánicas e hidráulicas. Se utilizará

específicamente la prensa plegadora modelo 1330 que es la que se encuentra a disposición en la empresa.

2.3.4.1 Método de cálculo para el proceso de doblado de las láminas en la prensa.

Las operaciones de doblado se realizan usando como herramientas de trabajo diversos tipos de punzones y dados. Los dos métodos de doblado más comunes y sus herramientas asociadas son el doblado en V, ejecutado con un dado en V; y el doblado de bordes, ejecutado con un dado deslizante. Las operaciones de manipulación, posicionamiento y retirado de la pieza se consideran el 90% del tiempo operativo.

-Radio mínimo de doblado para la pieza.

$$r = k * t ; [mm] \tag{2.6}$$

Dónde:

t = espesor del material, [mm].

k = coeficiente según el tipo de material.

Cálculo de la tolerancia al doblado.

La tolerancia de doblado se puede estimar con la siguiente ecuación:

$$A_b = 2\pi * \frac{\alpha}{360} (R + K_{ba} * t) \tag{2.7}$$

Donde

Ab = tolerancia de doblado en (mm)

α = ángulo de doblado en grados,

R = radio de doblado, (mm);

t = espesor del material, (mm);

Kba es un factor para estimar el estirado.

Si $R/t < 2$ Kba = 0,333.

Si $R/t > 2$ Kba = 0,5.

Cálculo de la recuperación elástica.

$$SB = \frac{\alpha' - \alpha'_t}{\alpha'_t}$$

Dónde:

α' = ángulo comprendido por la lámina de metal, en grados;

α'_t = ángulo comprendido por la herramienta de doblado, en grados.

*También se puede ver (Anexo 4) según el material y espesor de la lámina.

Cálculo de la Fuerza de doblado.

La fuerza máxima de doblado se puede estimar por medio de la siguiente ecuación, basada en el doblado de una lámina simple:

$$F = \frac{K_{bf} * TS * w * t^2}{D} \quad (2.8)$$

Dónde:

F = fuerza de doblado, [N];

TS = resistencia a la tensión del metal en lámina, [MPa];

w = ancho de la parte en la dirección del eje de doblado, [mm];

t = espesor del material o la parte, [mm];

D = dimensión del dado abierto en [mm].

K_{bf} es una constante que considera las diferencias para un proceso real de doblado, Su valor depende del tipo de doblado;

para doblado en V, $K_{bf} = 1.33$

para doblado de bordes, $K_{bf} = 0.33$.

Tiempo de fabricación.

$$T_{Fab} = T_{Op} * 1,9 \text{ [s]}$$

T_{Op} : ver características de la máquina en (Anexo 1)

Se recomienda utilizar la tabla de datos de la máquina para comprobar los datos obtenidos con el método de cálculo y obtener la distancia del dado abierto (D). (Anexo 5)

2.3.5 Diseño CAD

Para la digitalización y modelado de las piezas estudiadas es necesario el uso de algún programa de diseño CAD. Existen muchos de ellos, la mayoría muy versátiles, entre los que se destacan Autodesk AutoCAD, CATIA, Dassault SolidWorks, etc. Específicamente fue utilizado AutoCAD y SolidWorks, debido a sus ventajas, como una interfaz de usuario sencilla e intuitiva, con áreas concebidas para muchos campos de la ingeniería, gran capacidad de procesamiento de datos y renderizado, su biblioteca de materiales y normas de dibujo y fabricación, así como sus herramientas de simulación de esfuerzos.

AutoCAD es un software de diseño asistido utilizado para dibujo 2D y modelado 3D, tiene amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital de planos. Es uno de los programas más usados por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros.

SolidWorks es un software de diseño CAD 3D para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D, que ofrece un gran espectro de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo del producto. Sus funciones ofrecen la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño. Su funcionalidad a la hora de construir automáticamente una pieza, simplemente se aportan las medidas generales, por medio de matrices variables para replicar alguna característica, y operaciones de conformado que simulan procesos tecnológicos reales, además de la facilidad para dibujar planos de vistas acotados por la misma aplicación, son aspectos que se utilizan en la realización de la plantilla y justifican la elección de este programa de diseño.

Utilizando este software se diseñan los planos necesarios para la producción de las piezas finales, así como sus diseños en 3D renderizados para tener una mejor perspectiva de las piezas finales.

2.3.6 Corte y conformado de las piezas

El mecanizado de metales es un proceso en el que una pieza de metal se corta con la forma y el tamaño deseados mediante herramientas de corte afiladas. La mayoría de los componentes y piezas metálicas requieren algún tipo de mecanizado durante su proceso de fabricación. El mecanizado generalmente está asociado con la producción de piezas metálicas, pero se usa con una amplia gama de materiales que incluyen plástico, madera, compuestos y más. Por lo tanto, el mecanizado de metales constituye una técnica fundamental en la industria.

2.3.6.1 Tecnología de fabricación para los perfiles.

Tabla 2.3: Perfiles necesarios para cada pieza.

Pieza	Cantidad de perfiles	Longitud(mm)	Espesor de la lámina (mm)
Mesa de centro	4	300	3
	4	500	3
Mesa de noche	8	250	3
	4	450	3
Escritorio	4	200	4
	8	500	4
	6	750	4
	2	1200	4
Armario	6	1900	4
	7	2000	4
	12	450	4

En la tabla 2.3 se muestra la cantidad de perfiles necesarios para la fabricación de una unidad de cada una de estas piezas y las dimensiones de los mismos.

Los perfiles para la fabricación de todas las piezas son iguales solamente con un cambio de 1 mm de espesor de las láminas, que no produce ningún cambio en el proceso de elaboración de los mismos. Los perfiles se conformarán mediante la unión por soldadura de dos angulares rectos de 15x15 mm por cada cara, obteniendo como resultado una barra cuadrada de 15 mm por cara. Las longitudes estos varían en dependencia de la pieza.

2.3.7 Diseño tecnología de soldadura y ensamble por arco eléctrico bajo protección de gases MIG-MAG.

Debido a sus pequeñas dimensiones para el ensamble no se requerirán elementos de transporte, ni dispositivos de ensamble durante la operación, luego de terminada se usará una grúa de 5 toneladas para mover la pieza ya ensamblada.

Equipo para proceso de soldadura de MIG – MAG. ВДY-506C Y3.

- ✓ Voltaje = (440 volt)
- ✓ Frecuencia = (60 Hz)
- ✓ Carga nominal = (500 A)

Según (Torres, 2003) el proceso de soldadura para las piezas de hasta 12 mm de espesor debe ser de tipo MAG debido a que se trabaja con acero al carbono y para las piezas con espesores mayores se utilizará el proceso de tipo MIG. El gas protector a utilizar es el CO₂ debido a que es el existente en la empresa.

Selección de los parámetros de la soldadura.

Los regímenes empleados para la soldadura MIG-MAG semiautomática de aceros estructurales al carbono y de baja y mediana aleación en ángulo, son tomados de la tabla 2.4 que aparecen a continuación para cada una de las operaciones de soldadura general, según recomienda (Burgos, 1987).

Entrando con el espesor del material en la primera columna, se seleccionan el resto de los parámetros como: diámetro del electrodo, cateto, número de pasadas, intensidad de la soldadura, voltaje, velocidad, vuelo del electrodo y consumo del gas. (Anexo 6). Todas las soldaduras son en ángulo, con uniones en T y a solapa.

Tabla 2.4: Regímenes para Soldadura General.

Espesor de las chapas (mm)	Diámetro del electrodo (mm)	Cateto de la costura (mm)	Numero de pasadas	Intensidad (A)	Voltaje (V)	Velocidad de soldadura (m/h)	Vuelo del electrodo (mm)	Consumo de gas (L/min)
4,0 – o más	2,0	5,0-6,0	1	230-260	28-30	29-31	16-18	16-18

2.4 Cálculo de gastos en operaciones de maquinado, corte y conformado.

Precio de materiales para las piezas.

Se determina el gasto de salario, materiales y energía para posteriormente conocer el costo de producción:

Datos

Precio de acero laminado AISI 1020: 0,5 USD el kg.

✓ Gasto de salario:

$$\text{Gasto de salario} = S * \text{Horas trabajadas.} \quad (2.9)$$

$$\text{Horas trabajadas} = \frac{\text{tiempo total de maquinado}}{60}$$

S: salario = 28.12 \$ /h

✓ Gasto de energía en las máquinas de herramienta:

$$\text{Gasto de energía} = \text{Potencia} * \text{Cantidad de Horas.} \quad (2.10)$$

$$\text{Cantidad de Horas} = \frac{\text{Tiempo de maquinado}}{60 \text{ min}}$$

✓ Gasto en materiales para las piezas:

$$\text{Gasto de materiales} = \text{precio de materiales} * \text{Peso.} \quad (2.11)$$

Peso = Peso de la pieza en kg.

✓ Costo de la producción:

$$C_{total} = C_{salario} + C_{energía} + C_{soldadura} + C_{material} \quad (2.12)$$

2.5 Cálculo de gastos en operaciones de soldadura

2.5.1 Profundidad de la fusión.

$$H_f = I_s * K \quad (2.13)$$

Dónde:

H_f Profundidad de fusión (mm).

I_s Intensidad de la soldadura (Anexo 6).

K Coeficiente 0,01 (mm / A).

2.5.2 Material depositado

$$G_{al} = K_p * G \quad (2.14)$$

$$G = F * L * \gamma \quad (2.15)$$

Dónde:

G Peso del metal depositado (kg).

F Área de la costura (mm²).

L Longitud de la costura (mm).

γ Peso específico del metal (g/cm³).

K_p Coeficiente de pérdidas (1.3).

G_{al} Gasto del alambre (kg).

2.5.3 Tiempo tecnológico.

$$T_t = \frac{L}{V_s} \quad (2.16)$$

Dónde:

T_t Tiempo tecnológico (en horas).

V_s Velocidad de soldadura (30 m/ h).

2.5.4 Consumo de CO2

$$C_{CO2} = Tt * C_{gas} \quad (2.17)$$

Dónde:

C_{gas}Consumo de gas (Anexo 6)

2.5.5 Tiempo operativo.

$$Top = Tt + Ta \quad (2.18)$$

$$Ta = 1,2min * \phi \quad (2.19)$$

Dónde:

Top.....Tiempo operativo (en horas).

Tt.....Tiempo tecnológico (en horas).

Ta.....Tiempo auxiliar (min).

ϕCada metro de costura (m).

2.5.6 Tiempo Total.

$$Ttot = Top + Tser + Tdes \quad (2.20)$$

$$Tser = 0,06 * Top \quad (2.21)$$

$$Tdes = 0,04 * Top \quad (2.22)$$

Dónde:

Ttot.....Norma de tiempo o tiempo de la pieza (en horas).

Top.....Tiempo operativo (en horas).

Tser.....Tiempo preparativo conclusivo o tiempo de servicio al puesto de trabajo (en horas).

Tdes.....Tiempo de descanso (en horas).

2.5.7 Consumo de energía eléctrica.

$$A = \frac{Wa * Lo}{N * Vs} \quad (2.23)$$

$$Wa = Is * Va * 0,001 \quad (2.24)$$

Dónde:

A..... Consumo de electricidad (kW/ h).

Wa.....Potencia del arco eléctrico.

η Eficiencia de la máquina (máquina de corriente continua 0.6)

Va.....Voltaje de la soldadura.

Is.....Intensidad de la soldadura.

Vs.....Velocidad de soldadura.

2.5.8 Cálculo de los consumos.

$$C_{\text{electrodo}} = P_{\text{electrodo}} * G_{\text{electrodo}} \quad (2.25)$$

$$C_{\text{salario}} = S * T_{\text{tot}} \quad (2.26)$$

$$C_{\text{energía}} = A * P_{\text{energía}} \quad (2.27)$$

$$C_{\text{alambre}} = Gal * \$ 1,59 \text{ CUP/kg} \quad (2.28)$$

Dónde:

C salario..... Costo en salario.

C energía..... Costo de la energía eléctrica consumida.

C electrodo..... Costo de los electrodos empleados en el proceso de soldadura (\$ / kg).

P electrodo..... Precio del kilogramo de electrodos (\$ / kg).

S..... Salario del soldador, para Soldadura General (21.4428 \$ x h).

P energía..... Precio de la energía eléctrica (0.33 \$ x kW/ h).

Determinación del costo total.

$$C_{\text{total}} = C_{\text{electrodo}} + C_{\text{salario}} + C_{\text{energía}} + C_{\text{gas}} \quad (2.29)$$

Capítulo 3: Análisis de los resultados

3.1 Resultados del tiempo de operaciones de corte y conformado

Tabla 3.1: Tiempo de corte y doblado.

Pieza	Tiempo de corte en cizalladora(min)	Tiempo de doblado en prensa plegadora(min)
Mesa de centro	Top=0.177 Tax=1.75 Tfab=1.95	Top=1.33 Tfab=2.5
Mesa de noche	Top=0.211 Tax=2.08 Tfab=2.32	Top=2.31 Tfab=4.43
Escritorio	Top=0.377 Tax=3.73 Tfab=4.15	Top=3.33 Tfab=6.33
Armario	Top=0.777 Tax=7.69 Tfab=8.55	Top=4.16 Tfab=7.91
Tcorte y conformado total = 38.14min		

Los tiempos obtenidos de las operaciones de corte y doblado son totalmente razonables según la cantidad de piezas y las dimensiones de las mismas, los valores de las fuerzas y las velocidades coinciden con las máquinas presentes en el taller de maquinado de Valdez Reyes, por lo que se puede llevar a cabo la fabricación.

3.2 Resultados generales del cálculo del proceso de soldadura por el método semiautomático con gas de protección (CO₂) (MIG-MAG)

Tabla 3.2: Datos totales del proceso de soldadura de cada pieza.

Procesos	Mesa de centro	Mesa de noche	Escritorio	Armario
Profundidad de fusión (mm)	Hf = 2.6	Hf = 2.6	Hf = 2.6	Hf = 2.6
Tiempo tecnológico (h)	Tt =0.107	Tt =0.127	Tt =0.227	Tt =0.467
Tiempo auxiliar (h)	Ta =0.064	Ta =0.076	Ta =0.136	Ta =0.281
Tiempo operativo (h)	Top =0.171	Top =0.183	Top =0.363	Top =0.747
Tiempo de servicio (h)	Tser =0.012	Tser =0.109	Tser =0.021	Tser =0.044
Tiempo de descanso (h)	Tdes =0.006	Tdes =0.007	Tdes =0.014	Tdes =0.029
Tiempo Total (h)	Ttot =0.189	Ttot =0.229	Ttot =0.398	Ttot =0.82
Consumo del alambre (kg)	Gal =0.258	Gal =0.307	Gal =0.552	Gal =1.131
Costo del alambre (\$)	Calambre =0.41	Calambre =0.488	Calambre =0.877	Calambre =1.798
Gastos de salario (\$)	Csalario =4.052	Csalario =4.911	Csalario =8.534	Csalario =17.583
Consumo del CO ₂ (L)	Cco2 =102.72	Cco2 =121.92	Cco2 =217.92	Cco2 =224.592
Consumo del CO ₂ (\$)	Cco2 = 5.136	Cco2 = 6.142	Cco2 = 11.134	Cco2 = 21.312
Consumo de electricidad (kW/h)	Cenergía =1.144	Cenergía =1.294	Cenergía =2.443	Cenergía =5.02
Costo total (\$)	Ctotal =9.585	Ctotal =11.541	Ctotal =20.545	Ctotal =40.684

En la tabla 3.2 se muestran los totales de gastos y consumos que se requieren para el proceso de soldadura general de las piezas. De los resultados obtenidos se puede mencionar que la profundidad de fusión es similar en todas las piezas debido a que utilizamos la misma intensidad de soldadura, diferenciándose el tiempo total, los consumos y los costos totales, producto a la diferencia de longitudes presentes en cada una.

3.3 Gastos totales y costo de producción

Para la valoración económica del proceso se tomaron en cuenta los siguientes datos:

Gastos de salario:

Procesos de corte y conformado: 17.874 \$.

Procesos de ensamble y soldadura: 35.08 \$.

Gasto total de salario: 52.954 \$

Gastos en maquinaria:

Cizalla NTH16:

Gasto de energía = 1.413 kW.

Cantidad de horas = 0,0257 h.

Prensa plegadora Modelo 1330:

Gasto de energía = 1.892 kW.

Cantidad de horas = 0,1855 h.

Equipo de soldadura MIG – MAG. BДY-506C Y3.

Gasto de energía = 9.901 kW

Cantidad de horas = 1.464 h

Gasto de energía total: 14.87 kW

Costo de kW/h 0.33\$

Costo Total de energía: 5.168 \$.

Gastos en materiales y piezas:

Tabla 3.3: Datos totales del gasto de acero en perfiles para las piezas.

Los perfiles se identifican por las longitudes de los mismos en mm.

Perfiles	Cantidad	Peso (kg)	Precio (CUP)
300x15	4	2.114	26.42
500x15	4	3.523	44.03
250x15	8	3.523	44.03
450x15	18	3.171	39.63
200x15	4	1.409	17.61
500x15	8	7.047	88.08
750x15	6	7.927	99.08
1200x15	2	4.228	52.85
1900x15	6	21.141	264.23
2000x15	7	24.664	308.3
400x15	12	8.456	105.7
Precio total:1089.96			

Costo total de la producción:

$G_{\text{ensamble y soldadura}} = 85.355 \$$
 $C_{\text{total}} = C_{\text{salario}} + C_{\text{energía}} + C_{\text{soldadura}} + C_{\text{material}}$

$C_{\text{total}} = 1233.43 \text{ CUP} = 49.33 \text{ USD}$

Después de calcular el costo de producción de las cuatro piezas en conjunto se puede plantear que el diseño de las tecnologías de fabricación ha sido factible

pues permite al país ahorrar una suma considerable de dinero ya que el costo de estos muebles terminados en el mercado internacional oscila entre los 25 hasta los 250 dólares por pieza dependiendo del tipo. Destacar que el mayor gasto está en la compra del material porque tanto el consumo de energía, el gasto en materiales, como el gasto en salarios es muy bajo, debido al corto tiempo de las operaciones y la sencillez del proceso en general. Tener en cuenta que las piezas requieren de finalización con trabajo de carpintería y pintado, procesos que no se realizaran en la empresa si no en terceros, por lo que se presentan precios tan bajos en comparación con los de muebles del mismo tipo en el mercado internacional.

Conclusiones parciales del capítulo

- ✓ Con los tiempos obtenidos en las operaciones de corte y conformado se demuestra la factibilidad de la fabricación de las piezas.
- ✓ El proceso de soldadura es similar en todas las piezas, variando los resultados obtenidos en los tiempos, en dependencia de las longitudes.
- ✓ El diseño de las cuatro piezas es factible pues el costo es bajo en comparación a otras en el mercado internacional.

Conclusiones

- ✓ Se profundizó en temas generales de importancia que permiten una mayor comprensión del trabajo en cuestión.
- ✓ Se elaboraron las tecnologías de corte y conformado de las piezas a través de métodos existentes en la empresa, seleccionándose los parámetros para la realización de dichas operaciones.
- ✓ Se calcularon y seleccionaron los parámetros para el diseño de la tecnología para el proceso de soldadura general a través del método MIG-MAG.
- ✓ Se diseñaron cuatro muebles útiles para el hogar: una mesa de centro, una mesa de noche, un escritorio y un armario.
- ✓ Se obtuvieron buenos resultados en el análisis de los costos totales de la producción en comparación de su valor en el mercado internacional.
- ✓ Se cumple con el objetivo general propuesto en el proyecto.

Recomendaciones

- ✓ Utilizar la documentación elaborada en este proyecto para la fabricación de las piezas en la empresa industrial ferroviaria José Valdés Reyes.
- ✓ Agregar al catálogo nuevos muebles útiles del hogar de diseño minimalistas y sencillos para su posible fabricación en la empresa José Valdés Reyes.
- ✓ Emplear como materia prima para la elaboración de las piezas, materiales reciclados, como las estructuras de transporte de las motos eléctricas de venta nacional, que normalmente son desechadas e inutilizadas.
- ✓ Aplicar capa base de pintura anticorrosiva como método de protección contra la corrosión.
- ✓ Aplicar pintura final tipo esmalte sintético por su gran durabilidad en piezas metálicas, además de su bajo costo y fácil adquisición.

Referencias Bibliográficas

- Aguilar, O. G. (2020). Diseño Asistido por Computadora, AutoCAD.
- Alfonso D., C. J. L., Marin A., Leon A. (2017). Curso Básico de dibujo con AutoCad.
- Alfredo, P. y. (2009). Modelo Conceptual para la gestión de proyectos.
- Blanco, M. (2018). Metodología de diseño de maquinas apropiadas para contextos de comunidades en producción. (Tesis Doctoral), Universidad Politecnica de Cataluña.
- Burgos, S. J. (1987). *Tecnología de la Soldadura* (E. P. y. Educación. Ed.).
- Carrion R. I., V. B. (2010). Guía para la elaboración de proyectos.
- Chambouleyron M., P. A. (2002). Consideraciones sobre Ecodiseño Para Fábricas de Muebles Locales.
- Delgado, F. (2004). Gestión de Calidad y de Proyecto en el Diseño y Desarrollo de productos en Cuba.
- Dumitrescu L., A. Q., Perez R. (2010). Una herramienta para la selección automatizada de aceros en el contexto de la Ingeniería Mecánica.
- Figuroa, G. (2005). La metodología de elaboración de proyectos como una herramienta para el desarrollo cultural.
- Garcia, J. (2016). SolidWorks para Dibujo y Diseño Mecánico.
- Koelhofer, L. (2006). Manual de soldadura.
- Lemas J., M. P., LLanes E.A. (2020). Características del proceso de conformado en láminas de aluminio de la serie.
- Lesur, L. (2007). *Manual de soldadura con arco eléctrico*.
- López R., C. A., Parra H. (2007). Soldabilidad en aceros inoxidable y aceros disimiles.
- Lurman, L. (2019). Mecánica del continuo aplicada al conformado de chapas.
- M. Torres, M. C., O. García. (2021). Ciclo de vida de proyectos : Guía para diseñar e implementar proyectos de de desarrollo local.
- Machado A., S. E., Silverino E., Gacia R., Chagoyen A. (2017). Sintetización, un proceso de conformación de metales como alternativa económica con un bajo impacto ambiental.
- Mieles, R. (2017). El diseño de proyectos, estudio teórico conceptual de sus etapas y componentes.
- Montaño, F. (2014). Guías Prácticas de AutoCad.

- Morales, M. (2011). Concepto de proyecto: Lecciones de experiencia.
- Niebles E., A. W. (2009). Procedimientos de soldadura y Clasificación de Soldadores: una propuesta de enseñanza y Guía de Aplicación para la industria.
- Nieto, A. (2012). Soldadura.
- Pahl G., B. W., Feldhusen J., Grote K. (2007). Engineering design: a systematic approach.
- Perez V., S. R. J. (2005). Los proyectos de diseño mecánico como herramienta para el desarrollo de competencias transversales en los ingenieros.
- Riba, C. (2002). Diseño concurrente.
- Rodríguez, P. (2001). Manual de Soldadura. Soldadura eléctrica, MIG y TIG.
- Torres, A. E. (2003). Determinación de los regímenes de soldadura por arco eléctrico.
- Zamudio. (2003). Herramientas de Diseño en Ingeniería.