



UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA FABRICAR LADRILLOS ECOLÓGICOS

Trabajo de Titulación para optar al Título
De Técnico Universitario en
PROYECTO Y DISEÑO MECÁNICO

Alumno: Cristopher Zambrano S.

Profesor Guía: Álvaro Cespedes

2024

RESUMEN EJECUTIVO

Keywords: MÁQUINA PRENSADORA DE LADRILLO, MÁQUINA, PROYECTO, DISEÑO.

En el primer capítulo se darán a conocer los antecedentes necesarios para el estudio y elaboración del diseño de una máquina hidráulica, para fabricar ladrillos prensados hechos con una mezcla de suelo cemento. Se comenzará por los objetivos del proyecto: objetivo general y objetivos específicos, luego se analizará la metodología de diseño a utilizar, seguido de las especificaciones técnicas a considerar como las partes de la máquina, antecedentes y algunos tipos de máquinas prensadoras de ladrillos que existen, los cuales implicarán en la elección de la solución al proyecto.

En el segundo capítulo se definirá y analizará la ingeniería del proyecto, partiendo por todas las indicaciones técnicas seleccionadas desde la metodología de diseño aplicada. De esta solución se iniciará la etapa de bosquejos y croquis, incluyendo dibujos preliminares de la máquina y su respectivo análisis sistémico y funcional, mostrando sus subsistemas y componentes, de manera de aclarar todas las inquietudes que nazcan de parte del lector. Se dará un énfasis en este tema, para que cualquier persona sin muchos conocimientos mecánicos o técnicos pueda comprender de buena forma la idea principal del proyecto.

Posteriormente se desplegará la ingeniería de detalle del proyecto, partiendo por el diseño seleccionado, seguido de las memorias de cálculo de los principales componentes. Luego se expondrán los análisis de esfuerzos de cada componente para corroborar la selección adecuada de cada uno de estos en la máquina prensadora de ladrillos. Finalmente, se enseñarán los costos y presupuestos del proyecto, tales como los costos directos e indirectos, costos generales y los tiempos de fabricación de los elementos de la maquina fabricadora de ladrillo prensado.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	2
ÍNDICE DE FIGURAS.....	6
INDICE DE TABLAS.....	8
SIGLAS Y SIMBOLOGÍA	9
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN	11
1. ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN	12
1.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO	12
1.1.1. Objetivo principal	12
1.1.2 Objetivos específicos	12
1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO	13
1.2.1 Clarificación de la tarea	14
1.2.2. Diseño conceptual	14
1.2.3. Diseño de materialización	15
1.2.4. Diseño de detalle.....	15
1.3 ASPECTOS LEGALES Y NORMATIVA	16
1.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	17
1.4.1 Funcionamiento y partes de la máquina prensadora de ladrillos	17
.....	18
1.4.2 Tipos de máquinas prensadoras de ladrillos.....	19
1.4.3 Especificaciones para el proyecto	22
CAPÍTULO 2: INGENIERÍA DEL PROYECTO	23
2. INGENIERÍA BÁSICA DEL PROYECTO	24
2.1. SOLUCIÓN DEL PROYECTO	25
2.1.1 Idea principal del proyecto y funcionamiento de la máquina compactadora.	25

2.1.2. Elementos por utilizar	26
2.2. ANÁLISIS SISTÉMICO DEL PROYECTO	35
2.2.1. Funcionalidad de la máquina compactadora de ladrillo y caja negra.	35
2.2.2. Subsistemas de la máquina compactadora y selección de materiales	36
2.3. ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PROYECTO	37
2.3.1. Subsistema estructural.....	37
2.3.2. Subsistema motriz:	38
2.3.3 Subsistema hidráulico:	39
INGENIERÍA DE DETALLE DEL PROYECTO.....	40
2.5. MAQUETA VIRTUAL DEL PROYECTO	41
2.6. MEMORIA DE CÁLCULO DEL PROYECTO.....	42
2.6.1 Cálculo del sistema hidráulico	42
2.6.1.1 Materiales del cilindro hidráulico	42
2.6.1.2. Fuerza de compactación.....	44
2.6.1.3. Longitud de la carrera	46
2.6.1.4. Cálculo del vástago;	48
2.6.1.5 Cálculo del diámetro del embolo.	52
2.6.2. Cálculo de la unidad hidráulica.....	53
2.6.2.1. Cálculo de volumen del cilindro	53
2.6.2.2. Cálculo del caudal del aceite.....	54
2.6.2.3 Selección de mangueras	56
2.6.2.4. Cálculo de velocidad del fluido en la tubería.....	58
2.6.2.5. Selección del aceite	58
2.6.2.6 Selección de la bomba.....	59
.....	62
2.6.2.8 Calculo del depósito de aceite.....	63

2.6.2.9. Sistema de control hidráulico.....	64
2.7 CALCULOS ESTRUCTURALES	64
2.7.1. Cálculo de la viga (A):.....	67
2.7.2 Cálculo de columnas (B):.....	71
2.7.3 Cálculo de las barras de la placa móvil (C):	73
2.7.4 Cálculo de placa móvil y placa base (D):.....	76
2.7.5 Soldadura	83
2.8. ANÁLISIS DE ESFUERZOS	87
2.8. COSTOS Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	90
2.8.1. Costos del proyecto.....	90
CONCLUSIÓN	95
BIBLIOGRAFÍA.....	96
ANEXOS.....	98
Plano de conjunto y despiece de la máquina	99
.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1-1: Metodología de diseño de Michael French
- Figura 1-2: Contaminación por cocción de ladrillos.
- Figura 1-3: Partes de una máquina prensadora de ladrillos manual
- Figura 1-4: Máquina compactadora accionada manualmente
- Figura 1-5: Máquina compactadora de ladrillo hidráulica
- Figura 1-6: Máquina compactadora de ladrillo hidráulica
- Figura 1-7: Modelo de ladrillo tipo lego
- Figura 2-1: Modelado en Autodesk Inventor ilustración técnica
- Figura 2-2: Modelado en Autodesk Inventor
- Figura 2-3: Modelado Placa base
- Figura 2-4: Modelado estructura base
- Figura 2-5: Modelado Tapa
- Figura 2-6: Modelado Estructura en U
- Figura 2-7: Modelado cajón de almacenamiento
- Figura 2-8: Modelado tolva
- Figura 2-9: Modelado Placa móvil
- Figura 2-10: Modelado moldes
- Figura 2-11: Modelado orificios del molde
- Figura 2-12: Esquema de control hidráulico
- Figura 2-13: Caja negra
- Figura 2-14: Subsistema estructural
- Figura 2-15: Subsistema motriz
- Figura 2-16: Subsistema hidráulico
- Figura 2-17: Ingeniería de detalle máquina compactadora
- Figura 2-18: Maqueta virtual del proyecto
- Figura 2-19: Cilindros de gran tonelaje Enerpac
- Figura 2-20: Partes de un cilindro hidráulico
- Figura 2-21: Dimensión del ladrillo a fabricar

- Figura 2-22: Catalogo Enerpac
- Figura 2-23: Tabla normalizada para cálculo del vástago
- Figura 2-24: Catalogo Enerpac
- Figura 2-25: Modulo de elasticidad del acero
- Figura 2-26: Coeficiente K según Euler
- Figura 2-27: Catalogo Enerpac
- Figura 2-28: Tabla para cálculo de mangueras
- Figura 2-29: Catalogo de mangueras Parker
- Figura 2-30: Aceite hidráulico YPF
- Figura 2-31: Catalogo motores siemens
- Figura 2-32: Sistema de control hidráulico
- Figura 2-33: Puntos críticos en la estructura
- Figura 2-34: Diagrama cuerpo libre de la viga
- Figura 2-35: Cálculo fuerzas en las reacciones
- Figura 2-36: Diagramas fuerza cortante y momento flector
- Figura 2-37: Catalogo instituto chileno del acero (ICHA)
- Figura 2-38: Dimensiones barra de acero estructural
- Figura 2-39: Factor de seguridad en estructuras de acero
- Figura 2-40: Área de placa móvil
- Figura 2-41: Lamina ASTM A-572 gr. 50
- Figura 2-42: Catalogo pernos de acero
- Figura 2-43: Catalogo Varillas roscadas Hilti
- Figura 2-44: Tipos de soldadura
- Figura 2-45: Diseño de elementos de máquinas, soldadura
- Figura 2-46: Esfuerzo de Von Mises
- Figura 2-47: Análisis de esfuerzos por elementos finitos
- Figura 2-48: Análisis de esfuerzos por elementos finitos
- Figura 2-49: Análisis de esfuerzos por elementos finitos
- Figura 2-50: Análisis de esfuerzos por elementos finitos

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Piezas de una máquina compactadora de ladrillos manual

Tabla 2-1: Componentes del sistema hidráulico

Tabla 2-2: Subsistemas de la máquina compactadora

Tabla 2-3: Determinación de eficacia de la bomba

Tabla 2-4: Catalogo de bombas

Tabla 2-5: Catalogo depósito de líquido hidráulico

Tabla 2-6: Cubicación y costos de material

Tabla 2-7: Cubicación de materiales

Tabla 2-8: Cubicación y costos de material

Tabla 2-9: Cálculo HH, mano de obra, fabricación.

Tabla 2-10: Cálculos de costos del sistema hidráulico

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLAS

Ø: Diámetro

\$: pesos chilenos

ASTM: “American Society for Testing Materials” (Sociedad americana para Pruebas de materiales)

SAE: “Society of Automotive Engineers” (Sociedad de Ingenieros Automotrices)

SEC: Superintendencia de electricidad y combustibles

US\$: dólares norteamericanos

AISI: American Institute Steel international

B. SIMBOLOGÍA

%: Porcentaje

Kg/m²: Kilogramos por metro cuadrado

M/s: Metros por segundo

mm: Milímetros

Q: Caudal

Mt: Metros

Psi: Pound squarch inch (libra fuerza por pulgada cuadrada)

Mpa: Mega pascales

e: espesor

INTRODUCCIÓN

Los ladrillos refractarios son un tipo de ladrillo especial destinados al revestimiento de hornos, barbacoas y estufas, entre otros. Este tipo de ladrillos tienen una característica distintiva, y es que soportan estupendamente las elevadas temperaturas.

Se trata de un ladrillo que soporta estupendamente el calor, por lo que puede ser sometido a temperaturas extremas. Además, destaca por sus propiedades refractarias, gracias a las cuales pueden cambiar la dirección de los rayos de luz y de otras radiaciones electromagnéticas.

Este proceso de fabricación de ladrillo refractario es amigable con el medio ambiente, ya que, al no ser un ladrillo cocido en horno industrial, no genera emanaciones de gases tóxicos para el medio ambiente.

Por si fuera poco, el ladrillo refractario diseñado en este proyecto es un nuevo diseño tipo lego, lo que lleva a ahorrar mucha mezcla de cemento en las uniones y puede ser trabajado por cualquier persona sin mucho conocimiento.

En este proyecto se realizará el diseño de una máquina hidráulica que fabricará ladrillos prensados con una mezcla de suelo cemento.

Para el diseño se efectuaron diferentes análisis de los cuales se estudió la solución más factible

También se realizó un estudio ambiental con el fin de hacer un compromiso con el medio ambiente en el desarrollo del proyecto, el cual tiende a reducir las emisiones y contaminantes.

Se realizaron cálculos estructurales y del sistema hidráulico que compone la máquina compactadora de ladrillos prensados.

Luego de obtener la información deseada respecto a las dimensiones y selecciones de materiales de la estructura respecto a la fuerza a la cual estará sometida dicha máquina, se generaron los planos de conjunto y los planos de fabricación.

Finalmente se enseñaron los costos directos y los costos indirectos para así concluir.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES Y
DOCUMENTACIÓN

1. ANTECEDENTES GENERALES Y DOCUMENTACIÓN

En el primer capítulo se entregarán las referencias básicas del proyecto, iniciando con los objetivos del proyecto, luego se mostrará la metodología de diseño a utilizar, el funcionamiento básico de la máquina prensadora de ladrillos y algunos tipos que existen en la actualidad.

1.1 OBJETIVOS DEL PROYECTO

A continuación, se expondrán los objetivos del proyecto. Estos son el conjunto de etapas que se busca llevar a cabo para cumplir con la solución al proyecto en general. Los objetivos se dividirán en el objetivo principal, que será la meta principal, y los pasos para cumplir esa meta serán los objetivos específicos.

1.1.1. Objetivo principal

Este proyecto tendrá como objetivo general diseñar una máquina hidráulica prensadora de ladrillos ecológicos.

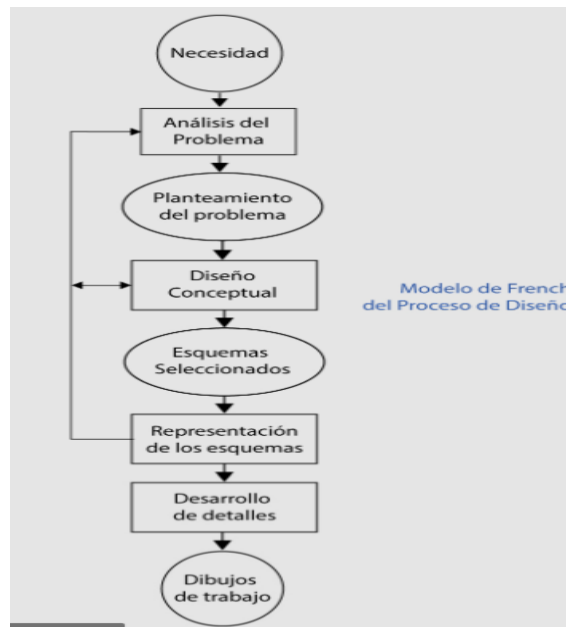
1.1.2 Objetivos específicos

Para lograr completar los objetivos específicos se seguirán una serie de etapas las cuales consistirán en:

- Estudiar y analizar posibles soluciones según la metodología de diseño utilizada.
- Evaluar y seleccionar la solución de diseño más factible, pero a la vez innovadora.
- Realizar la ingeniería básica y de detalle del proyecto.

1.2 METODOLOGÍA DE DISEÑO

La metodología de diseño a utilizar será la denominada “Modelo de fases”, de Michael French. Este autor postula que la solución a los problemas de diseño puede expresarse en cuatro niveles generales de definición para su solución, y que determinan los resultados de las etapas sucesivas. La metodología nace con la necesidad, es decir, el problema que requiere la solución. Teniendo clara la necesidad viene el primer ítem: el análisis del problema, que básicamente es la clarificación de la tarea, en donde se debe plantear el problema, reduciendo las especificaciones. Como segundo paso entra el diseño conceptual. Éste se basa elementalmente en seleccionar los esquemas o ideas más adecuadas para el proyecto, seleccionando las ideas más innovadoras que se acercarán al resultado esperado. En la tercera etapa de la metodología de diseño, se desarrollará el diseño de materialización, es decir, todos los ítems que incluyen la ingeniería básica del proyecto tales como la solución final, bosquejos y croquis. Finalmente, el desarrollo de la ingeniería de detalle conformará la cuarta etapa de la metodología de diseño: el desarrollo de detalles. Esta etapa será la que más información contenga debido a la gran cantidad de especificaciones y cálculos que requerirá el proyecto. En la imagen 1-1 se mostrarán las etapas de la metodología según Michael French, con sus respectivas etapas y conceptos generales.



Fuente: <http://es.slideshare.net/ricardocuberos/métodos-de-diseño>

Figura 1-1

1.2.1 Clarificación de la tarea

Esta primera etapa hace referencia a una idea o a determinados aspectos sobre el producto o proceso, pero no tiene el nivel de concreción suficiente para permitir iniciar el trabajo de diseño con una garantía de acierto. Las especificaciones orientan el trabajo en todas las demás fases del proceso de diseño. Sin embargo, es posible que las actividades que se realicen en etapas posteriores del proceso modifiquen la percepción sobre el problema y como consecuencia de ello se hagan revisiones sobre la especificación inicial. Para este proyecto la clarificación de la tarea es básicamente el diseño de una maquina prensadora de ladrillos ecológicos. Para esto se decidirán las siguientes especificaciones básicas:

- Diseño mecánico innovador y seguro
- Dimensiones y geometría adecuadas para fabricación, montaje y transporte.

1.2.2. Diseño conceptual

Parte de la especificación del producto originará diversas alternativas de solución, las cuales después de ser evaluadas, conducirán a la selección de la más útil para el proyecto. A menudo, requiere renegociar algún requerimiento debido a que las soluciones resultan demasiado complejas o costosas. Esta etapa será a nivel general la más innovadora y sus soluciones suelen llevar el origen de todo desarrollo posterior, por lo que es necesario promover el ambiente propicio a la creatividad en la etapa de diseño y, al mismo tiempo, deberá fomentarse un sentido crítico y riguroso en la evaluación de las soluciones, ya que, en caso de cualquier omisión, ocasionará más adelante grandes dificultades. Para este proyecto se analizarán distintas soluciones, partiendo con el tipo de máquina prensadora de ladrillos y sus detalles. En conclusión, el diseño conceptual evaluará las condiciones de factibilidad del proyecto, para dar paso a la siguiente etapa de la metodología.

En los parámetros del diseño de la máquina, es de vital importancia identificar la necesidad prioritaria en el desarrollo del proceso de compactación, con el fin de obtener

un proceso con propiedades constantes que genere un producto homogéneo en sus características finales.

Actualmente, en la industria de producción de ladrillo prensado existen máquinas especializadas en esta operación que tienen un elevado costo por su envergadura y su amplia funcionalidad respectivamente. Debido a esto se busca el diseño de una máquina capaz de realizar las operaciones básicas de compactación a un costo más asequible al público garantizando condiciones finales del producto según la normatividad para su comercialización.

1.2.3. Diseño de materialización

Una vez seleccionado el principio de solución debe materializarse el producto por medio de un conjunto organizado de componentes, enlaces y otros elementos con sus materiales, formas, dimensiones y acabados. Como resultado se obtendrán los conceptos definidos del diseño que muestran cómo se articulan las diferentes partes. A esta parte de la metodología de diseño podría compararse con la ingeniería básica de un proyecto, ya que incluye la solución definitiva al proyecto, los bosquejos y croquis preliminares, y los análisis de cada subsistema y componentes que incluirá el proyecto. Se desarrollará en dos fases. La primera etapa de diseños preliminares que son clarificados en su forma, materiales y ensamble hasta encontrar la combinación óptima. Esta primera fase podría denominarse lluvia de ideas. La segunda fase será la selección del mejor diseño preliminar tras pruebas de funcionalidad, uso, apariencia, percepción del usuario potencial, durabilidad y facilidad de elaboración, manufactura o construcción.

1.2.4. Diseño de detalle

Esta será la última etapa del proceso de diseño que, partiendo de una definición proporcionada por los planos de conjunto y la memoria anexa, tiene como objeto el despliegue de todos los documentos necesarios para la fabricación del producto. En esta etapa de la metodología se introducirán los planos de fabricación del proyecto, así como los análisis de cargas a los que serán sometidos los elementos. Debido a esto es que esta

última etapa será la más extensa debido a la extensa información que contendrá. En conclusión, la etapa de diseño de detalle de la metodología de diseño será la ingeniería de detalle, etapa final donde se mostrarán todas las resultantes de la ingeniería básica del proyecto.

1.3 ASPECTOS LEGALES Y NORMATIVA

A continuación, se enseñarán los aspectos más relevantes en cuanto a normativa y marco legal que involucrará al proyecto.

1.3.1 Norma NCh 169

Los requisitos normativos del ladrillo industrial en Chile deben cumplir con lo establecido en la norma NCh 167, 168 y 169. En la norma NCh 169, los ladrillos son clasificados de acuerdo con la clase; si son Mqm (macizo), MqH (hueco) o Mqp (perforado)

Si bien nuestro ladrillo perforado es artesanal, éste puede competir perfectamente con cualquier otro que cumpla la norma, por ser un producto de alta calidad y amigable con el medio ambiente ya que no requiere cocción en hornos.



Fuente: <https://elregio.com/Noticia/54d19fb6-badd-47ac-a00e-a0c77f1f8e26>

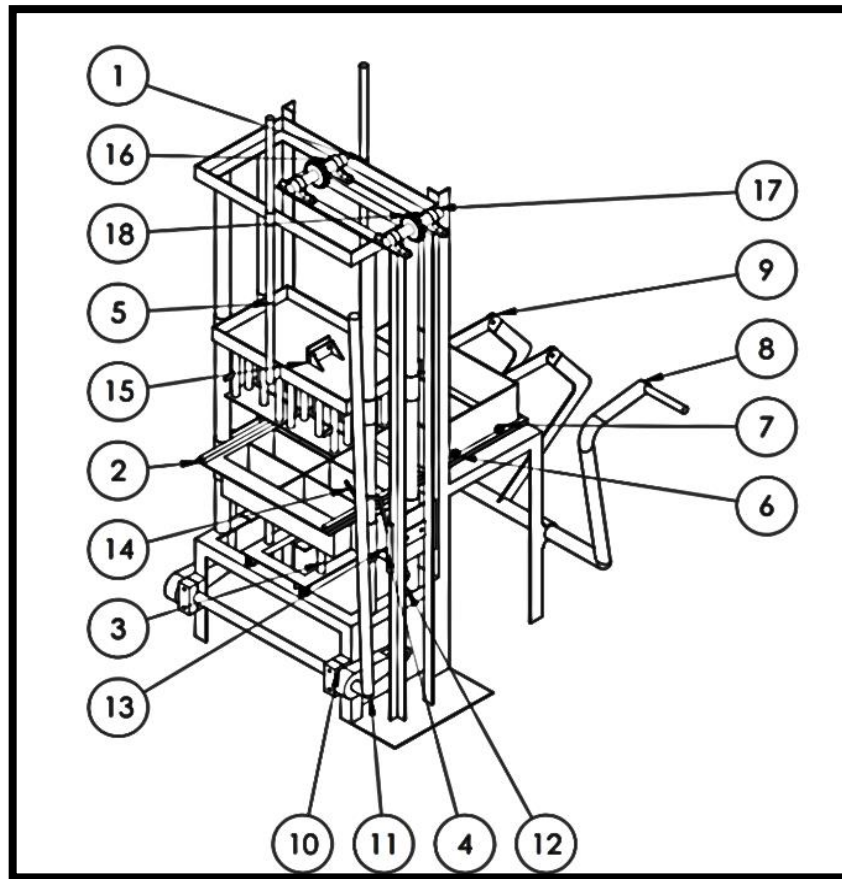
Figura 1-2

1.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En esta sección se investigarán especificaciones técnicas tales como el funcionamiento y las partes principales de la máquina prensadora de ladrillos, tipos y distintos mecanismos que utilizan. Estos antecedentes serán los necesarios para tener en cuenta a la hora del diseño y los detalles del proyecto. Se finalizará el capítulo con las especificaciones finales, tales como tipos de máquinas prensadoras de ladrillos, algunas medidas y geometría básica.

1.4.1 Funcionamiento y partes de la máquina prensadora de ladrillos

En el diseño de la máquina encargada de la fabricación de ladrillo prensado como primer parámetro del proceso, se inicia con la adición de materia prima a cargo del operario en la tolva de la máquina, posteriormente, esta llega a un cajón de almacenamiento donde distribuye la materia prima en las unidades del molde respectivamente, es aquí donde el sistema realiza operaciones de compactación a una presión constante durante todo el proceso de fabricación del ladrillo prensado, seguidamente, se expulsa el producto de las unidades del molde y se retira con características homogéneas para ser llevado a la siguiente etapa del proceso. A continuación, se presentan las partes de una maquina prensadora de ladrillo activada manualmente.



Fuente: <https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/>

Figura 1-3

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD
1	Superior	1
2	Molde	1
3	Base Molde	1
4	Guias Laterales	4
5	Guias Superiores	1
6	Carro	1
7	Rodamientos	8
8	Mango	1
9	Barra	2
10	Mordaza	4
11	Eje Levas	1
12	Eje	2
13	Corredera	1
14	Gancho	1
15	Platina	2
16	Chumaceras	4
17	Eje	2
18	Engranés	4

Tabla 1-1

1.4.2 Tipos de máquinas prensadoras de ladrillos

Una máquina prensadora de ladrillos se puede clasificar, según su tamaño, accionamiento, cantidad de ladrillos que pueda generar por unidad de tiempo, también por la forma de energía, ya sea, manual, eléctrica, hidráulica, etc. A continuación, presentaremos tres tipos de máquinas prensadoras que existen en la actualidad.

1.4.2.1 Máquina prensadora de ladrillos accionada manualmente

En este tipo de máquina, como desventaja, se generan una cantidad muy inferior de ladrillos prensados que en una máquina hidráulica, pero como ventaja, el costo de fabricación de dicha máquina es muy inferior. Además, en este tipo de máquinas prensadoras de ladrillos, se requiere de un operador constantemente que este cargando la tolva y usando su fuerza para prensar el ladrillo manualmente durante una jornada, lo que genera mucho cansancio y desgaste en el operador. A continuación, se presenta una imagen.



Fuente: <https://importofacil.com.uy/tienda/producto/maquina-para-fabricar-ladrillos-1#3>

Figura 1-4

1.4.2.2 Máquina prensadora de ladrillos hidráulica

Esta máquina prensadora de ladrillos hidráulica para suelo puede generar muchos más ladrillos que la máquina manual, ya que evita que el operador se desgaste aplicándole fuerza manual y por ende funciona constantemente durante una jornada sin ocupar mucho esfuerzo. A continuación, se presenta una imagen de una máquina de elevado costo y complejidad.



Fuente: https://www.gracomaq.net/index_archivos/gracoramhidraulicasemiaautomatica.htm

Figura 1-5

1.4.2.3 Máquina prensadora de ladrillos hidráulica

Esta máquina prensadora de ladrillos es similar a la anterior, ya que, funciona con un cilindro hidráulico y su forma de accionamiento es mediante una señal de un operador, ya sea, con un botón o un pedal, por ejemplo.



Fuente: <https://jzonne.com.ar/prensa-hidraulica/>

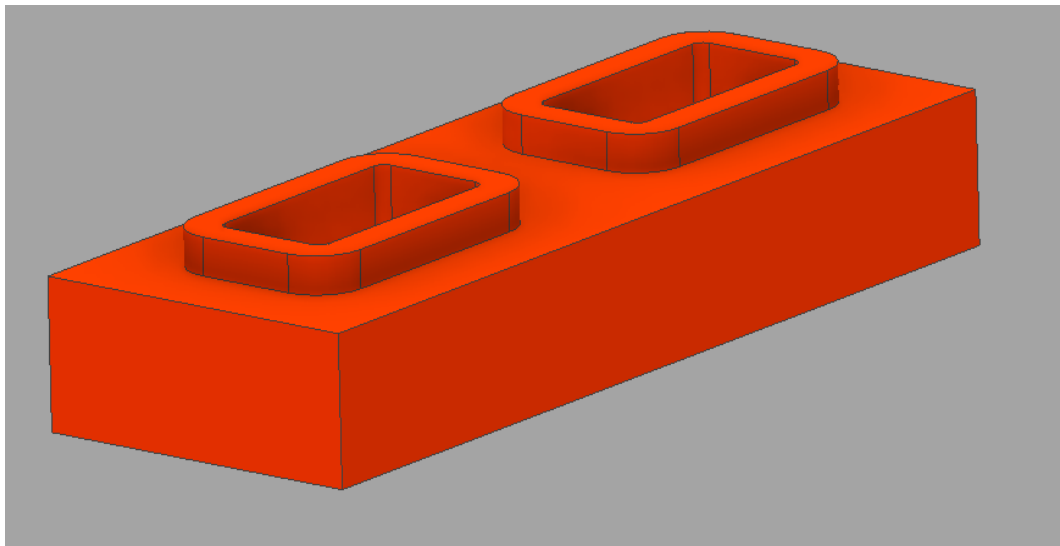
Figura 1-6

1.4.3 Especificaciones para el proyecto

La forma y dimensión de la máquina será esencial al momento de la elección de los perfiles de éstas, ya que influirán en la capacidad de soportar las cargas. Por lo tanto, se realizarán los respectivos cálculos de esfuerzo a los que estarán sometidos nuestros perfiles, ya sean estructurales o motrices.

Concluyendo este capítulo se finalizará con las especificaciones que se aplicarán al proyecto de diseño, que serán aquellas que, en conjunto, le darán una factibilidad base al proyecto. Las especificaciones serán las siguientes:

- Se requiere una cantidad de cuatro ladrillos por ciclo
- El cilindro de dos tiempos debe ser capaz de compactar treinta y cinco toneladas mínimo ya que se requiere de ocho a nueve toneladas por ladrillo para asegurar su calidad.



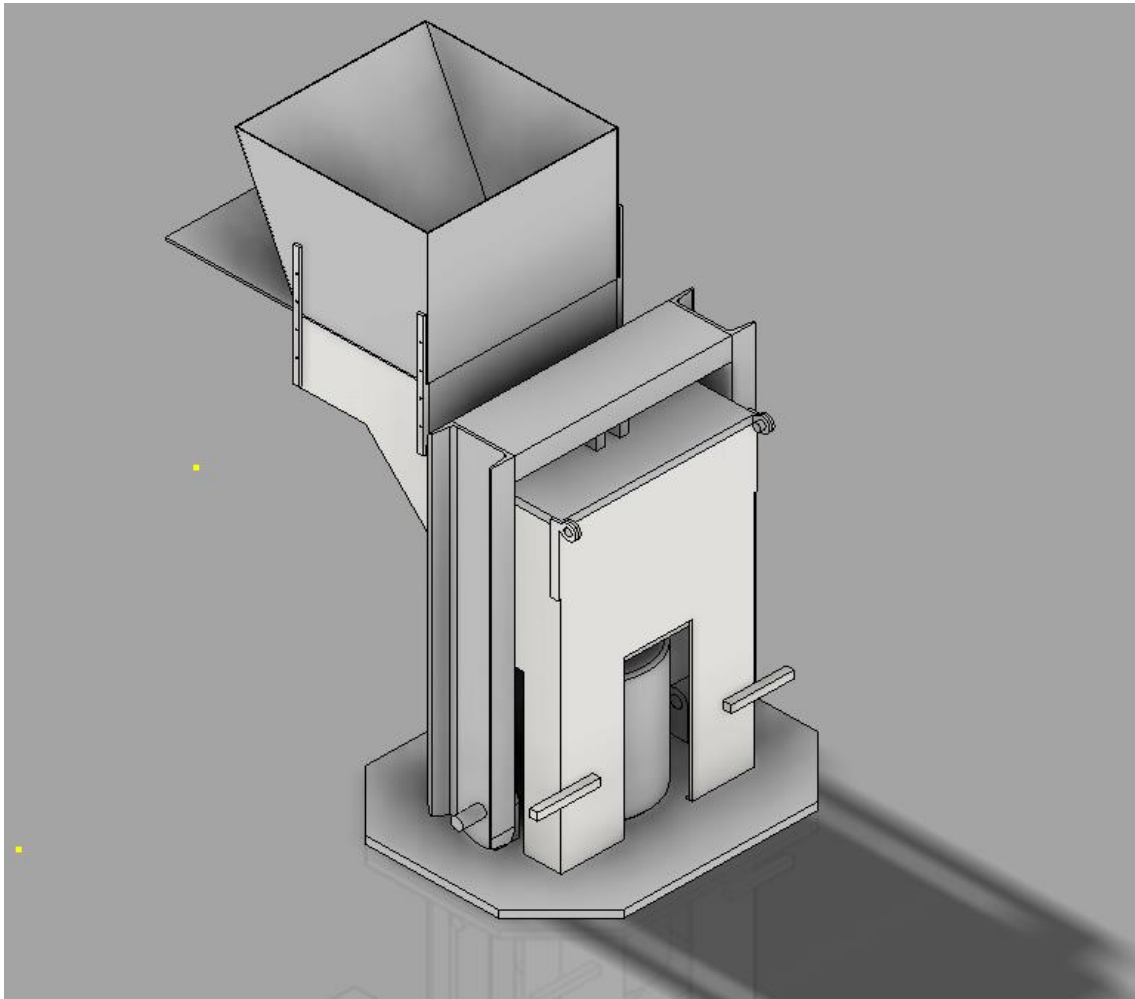
Fuente: Elaboración propia Autodesk Inventor

Figura 1-7

CAPÍTULO 2: INGENIERÍA DEL PROYECTO

2. INGENIERÍA BÁSICA DEL PROYECTO

En el segundo capítulo se interiorizará hacia la solución a la problemática del proyecto, diseñar una máquina prensadora de ladrillos, hidráulica, con un mecanismo innovador, con materiales y geometría acordes a las especificaciones. Se expondrá la solución acompañada de bosquejos explicativos, además de una análisis sistémico y funcional del proyecto, de manera de que el lector pueda imaginarse con mayor facilidad la solución que se propone, ya que proyectos como este, necesitan de una clara ejemplificación debido a que el diseño propuesto como solución es poco conocido e investigado.



Fuente: Elaboración propia Autodesk Inventor. Modelado 3D. Ilustración técnica

Figura 2-1

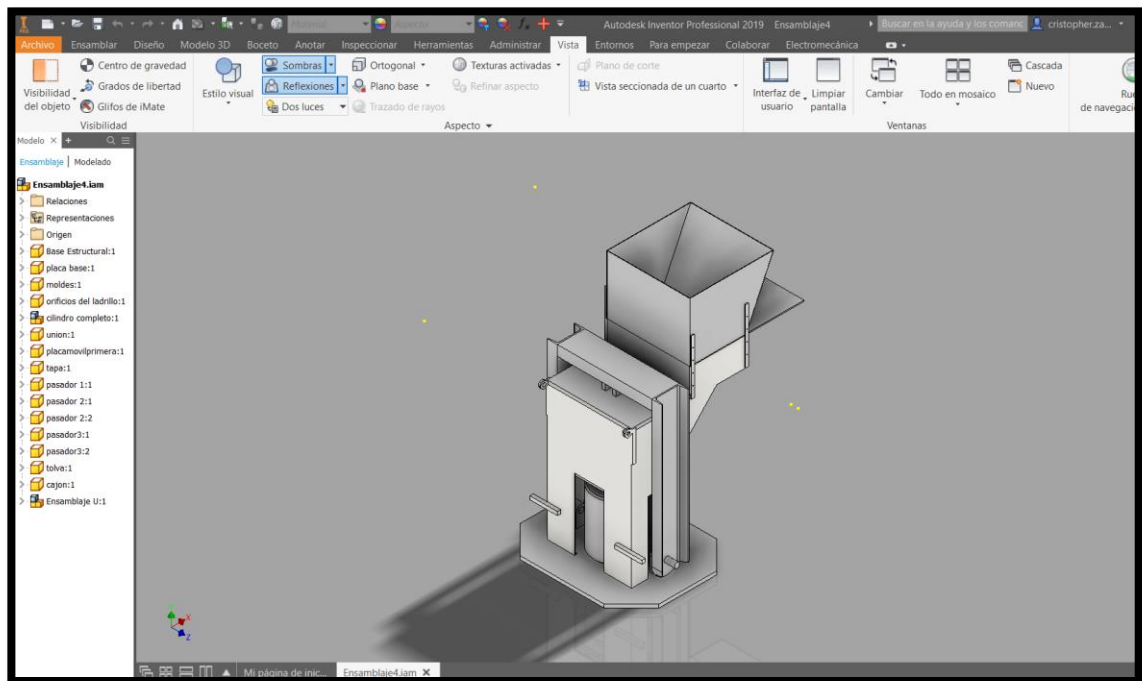
2.1. SOLUCIÓN DEL PROYECTO

A continuación, se expondrán las partes en que se dividirá la solución del proyecto, las cuales consistirán en la exposición de la idea final para el diseño y la forma, geometría y elementos a utilizar en el diseño propuesto.

2.1.1 Idea principal del proyecto y funcionamiento de la máquina compactadora.

La solución escogida a la problemática de diseño, luego de una detallada investigación y análisis es la siguiente:

La alternativa seleccionada, al funcionar con un sistema hidráulico permite una velocidad y presión constantes durante el ciclo de producción de ladrillos prensados, además, el costo de fabricación de esta máquina se compensa con el número de unidades producidas al día respecto a las alternativas de solución restantes. La instalación y manipulación de esta opción permite al operario una fácil interacción con la máquina.



Fuente: Elaboración propia Autodesk Inventor. Modelado 3D

Figura 2-2

2.1.2. Elementos por utilizar

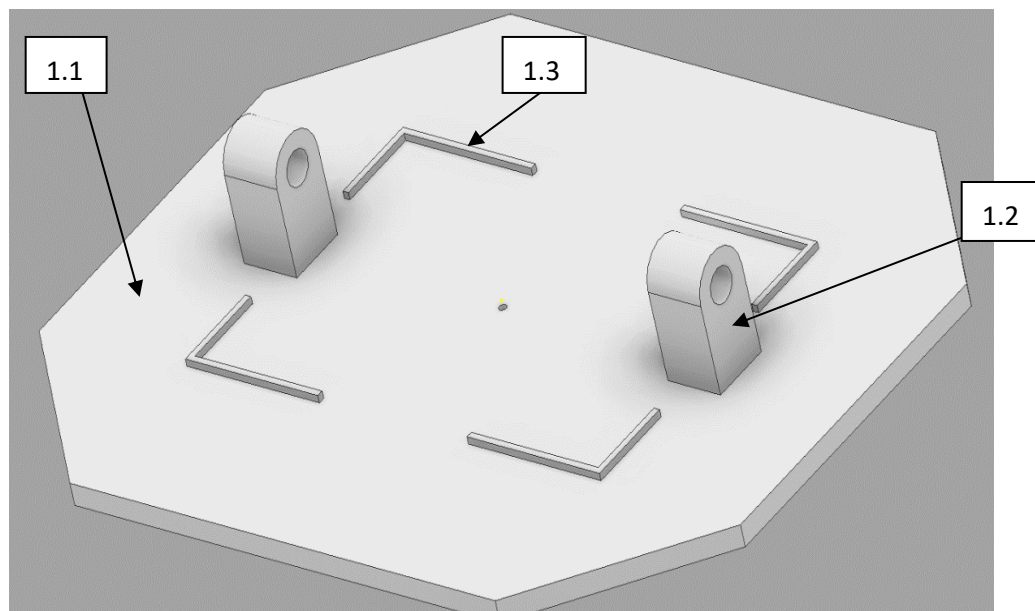
La máquina compactadora está compuesta por un sistema hidráulico, un sistema estructural y un sistema motriz. Cada uno de estos sistemas posee varios elementos que lo conforman. A continuación, se hará una descripción de cada elemento del sistema estructural y del sistema motriz. Posteriormente se realizará la descripción del sistema hidráulico.

1. Plataforma Base:

Es la encargada de soportar la estructura completa sobre ella y además unir la estructura base y la estructura en U.

La plataforma base está compuesta por:

- **1.1** La plataforma echa de una plancha de acero.
- **1.2** Dos especies de bases rodamientos donde irán insertados unos pasadores para unir la estructura en U con la estructura base.
- **1.3** Cuatro bases que van soldadas a la plataforma para unir la estructura base.



Fuente: Elaboración propia Autodesk Inventor. Modelado 3D

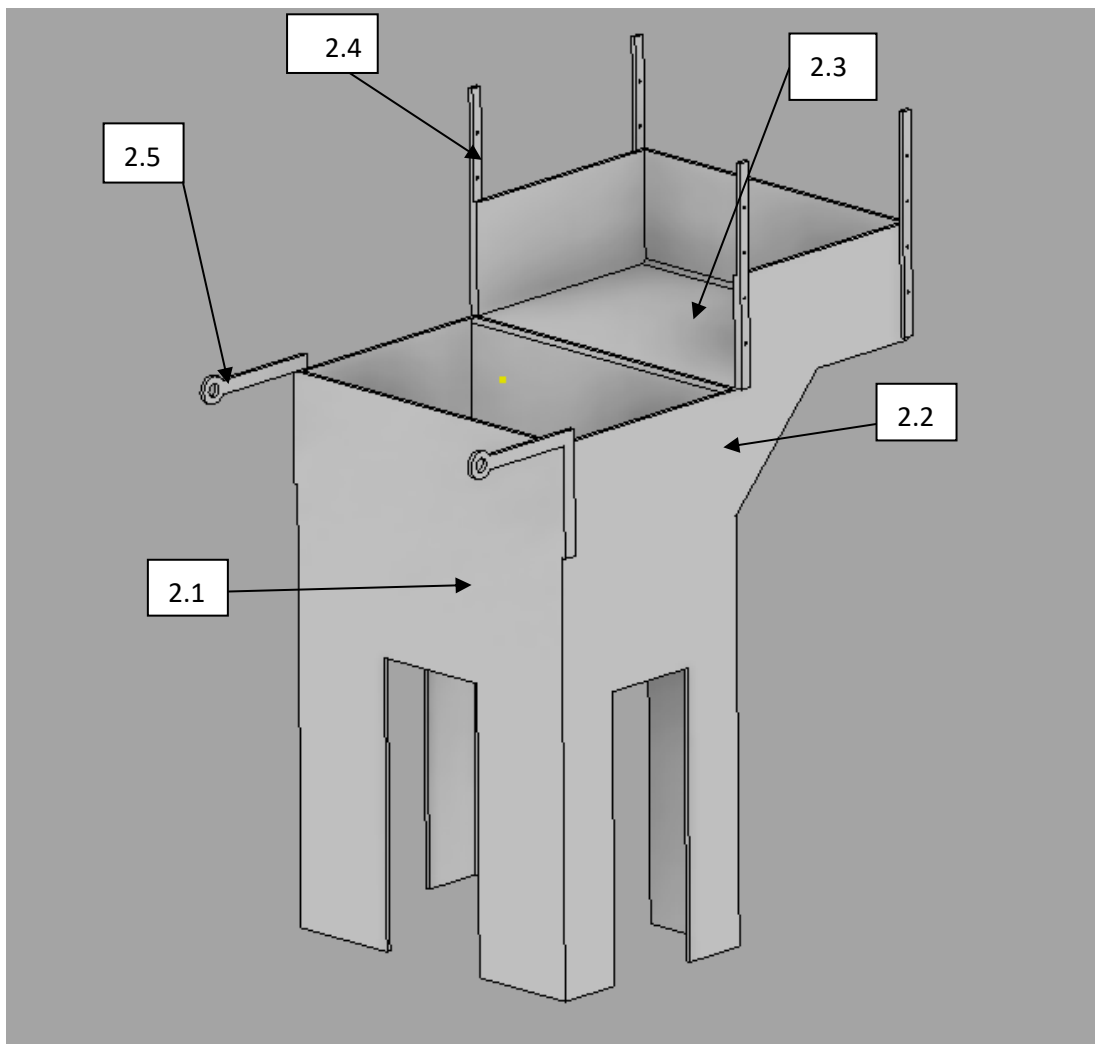
Figura 2-3

2. Estructura base:

La estructura base es donde estarán la mayor parte de componentes de la maquina unidos entre sí, por eso su nombre.

La estructura base está compuesta por:

- La estructura formada por **cuatro** piezas con **dos** de ellas iguales. (2.1) (2.2) (2.3)
- **Cuatro** platinas para unir la estructura base con la tolva (2.4)
- Dos platinas en forma de L para unir la estructura base con la tapa (2.5)



Fuente: Elaboración propia Autodesk Inventor. Modelado 3D

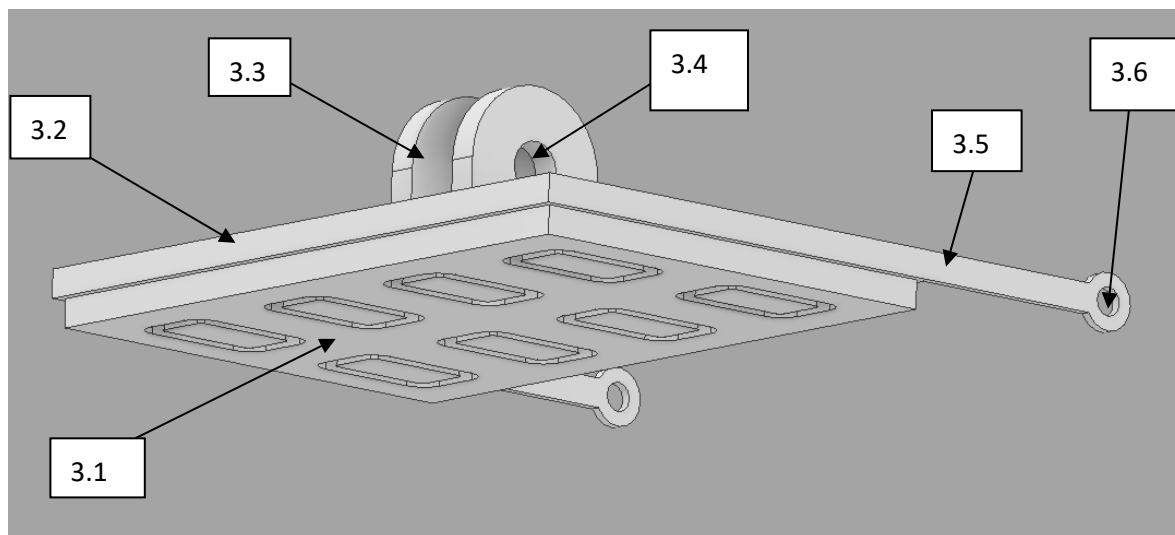
Figura 2-4

3. **Tapa:**

La tapa va unida mediante las dos platinas a la estructura base y por medio de un grueso pasador también está unida a la estructura en U. Esta debe ser fuerte, ya que soportará la potencia del cilindro hidráulico.

La **tapa** está formada por los siguientes componentes:

- Plancha del molde (3.1)
- Plancha del pasador (3.2)
- **Dos** platinas soldadas para unir tapa con estructura en U mediante pasador (3.3)
- Pasador grande para unir tapa con estructura en U (3.4)
- **Dos** platinas soldadas a los extremos de la tapa para unir mediante pasadores la tapa con la estructura base (3.5)
- Dos pasadores chicos para unir platinas de tapa con estructura base (3.6)



Fuente: Elaboración propia Autodesk Inventor. Modelado 3D

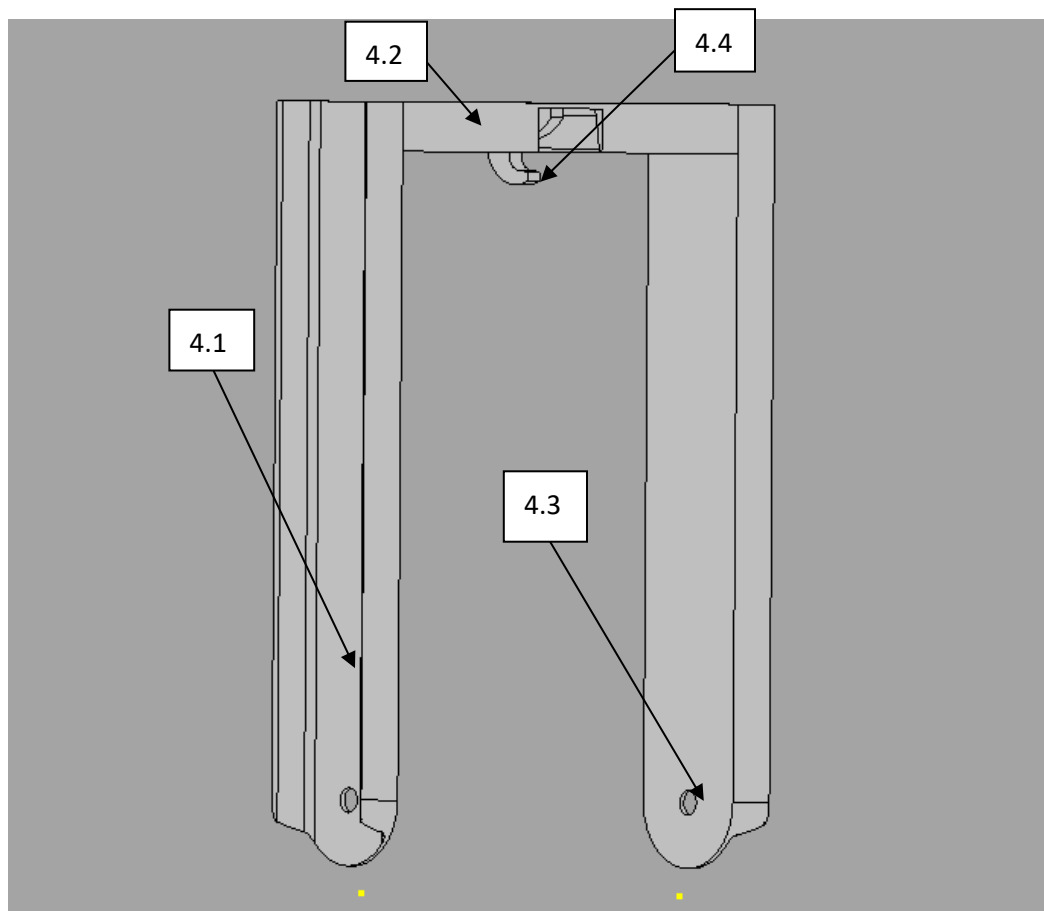
Figura 2-5

4. Estructura en U:

La **estructura en U** es una unión de **tres** perfiles en forma de arco, **dos** de ellos son **iguales** y son los pilares, y **uno** de ellos vendría a ser la viga. Ésta estructura está unida a la placa base mediante dos pasadores medianos y a la tapa de la estructura base está unida mediante un pasador.

La **estructura en U** está formada por:

- **Dos** Pilares (4.1)
- Viga (4.2)
- **Dos** pasadores medianos (4.3)
- Gancho soldado a la viga (4.4)



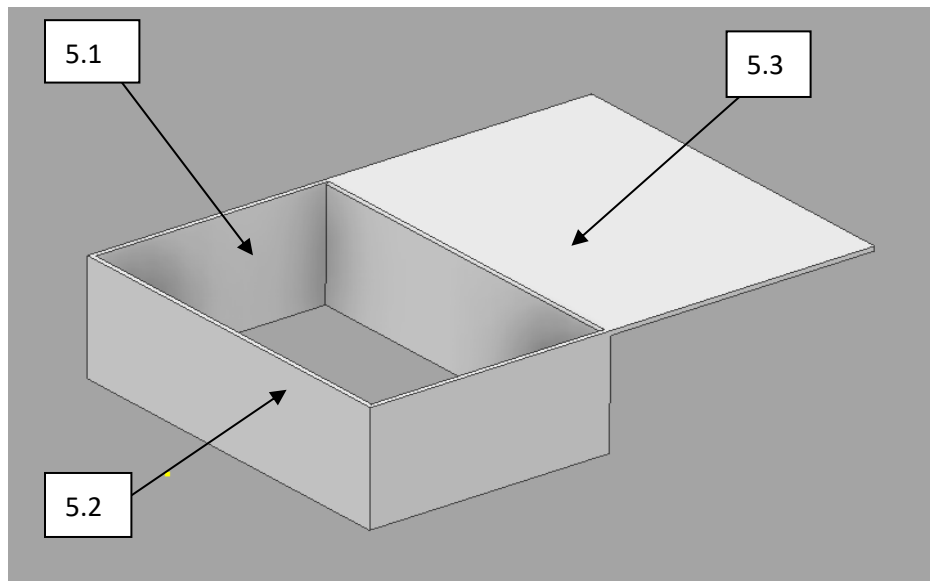
Fuente: Elaboración propia Autodesk Inventor. Modelado 3D

Figura 2-6

5. Cajón de almacenamiento:

El cajón de almacenamiento distribuye la mezcla de suelo-cemento desde la tolva hasta la maquina prensadora. Éste está formado por las siguientes partes:

- **Dos** planchas laterales (5.1)
- Plancha frontal (5.2)
- Plancha posterior formada por una plancha plegada (5.3)



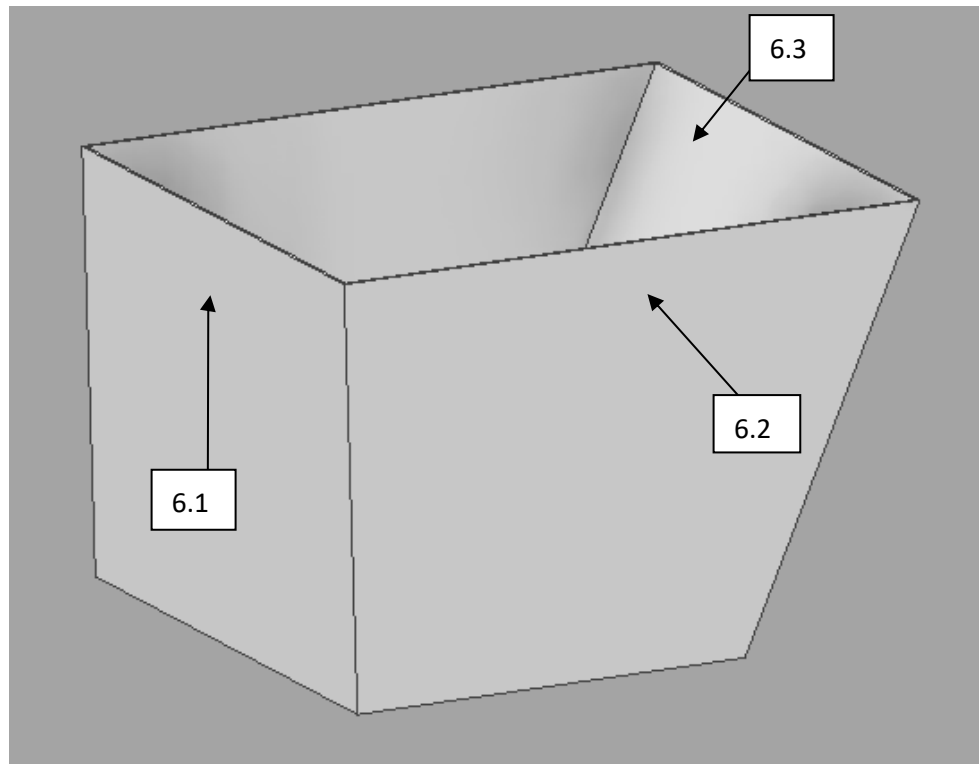
Fuente: Elaboración propia Autodesk Inventor. Modelado 3D

Figura 2-7

6. Tolva:

La **tolva** es la parte donde comienza el proceso de compactación, es decir, la zona donde se deposita la mezcla de suelo cemento por medio de un operario. Está formada por las siguientes partes:

- Plancha frontal (6.1)
- **Dos** planchas laterales iguales (6.2)
- Plancha posterior (6.3)



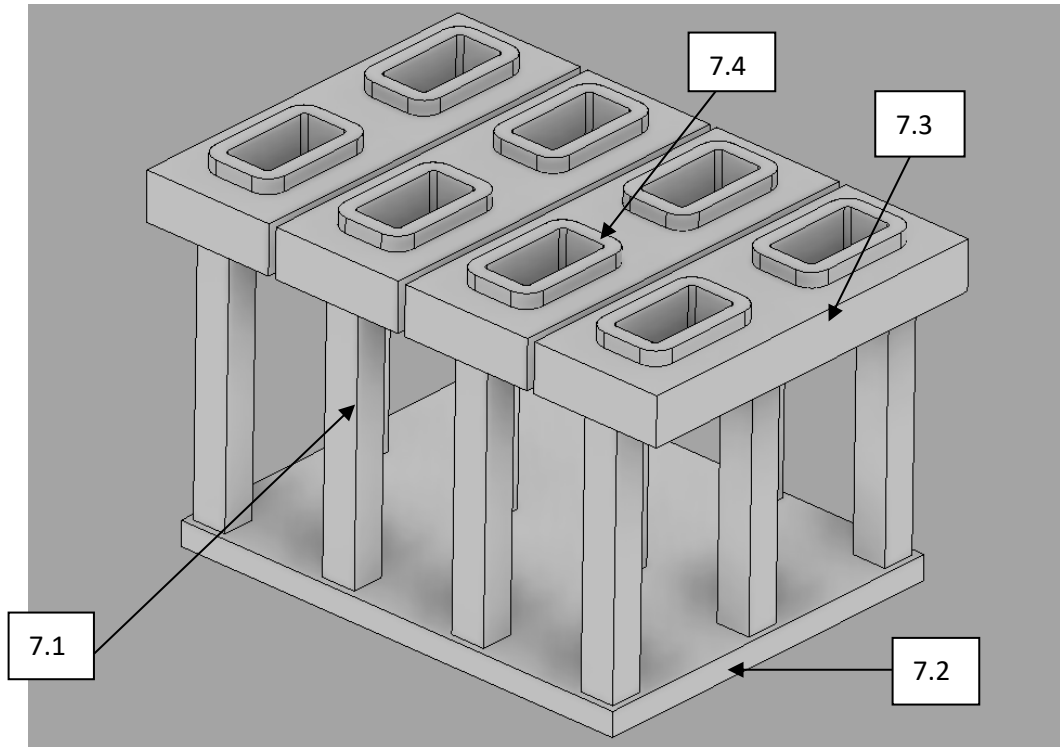
Fuente: Elaboración propia Autodesk Inventor. Modelado 3D

Figura 2-8

7. Placa móvil:

La placa móvil es la que se encarga de recibir la potencia del cilindro hidráulico y compactar la mezcla de suelo-cemento a través de los moldes. Ésta se compone de las siguientes partes

- **Doce** Barras verticales (7.1)
- Plancha inferior (7.2)
- Molde (7.3)
- Molde Lego inferior (7.4)



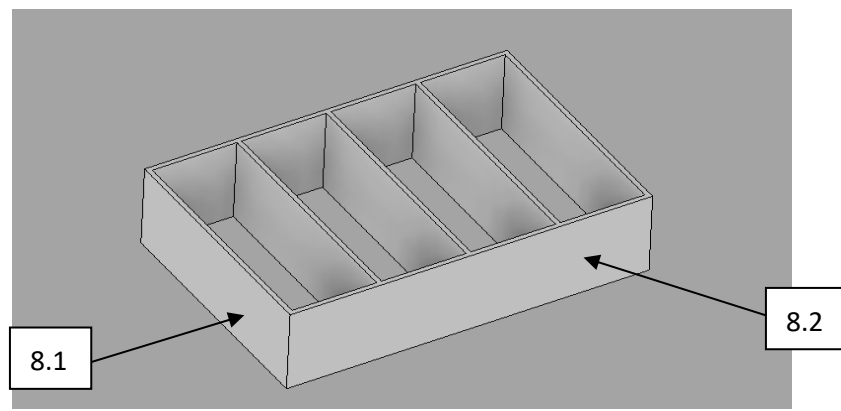
Fuente: Elaboración propia Autodesk Inventor. Modelado 3D

Figura 2-9

8. Cajón de moldes:

El cajón de moldes es por donde avanza la placa móvil accionada por el cilindro hidráulico, es la encargada de darle la forma rectangular a los ladrillos y además es la que guía de la placa móvil. Está formada por:

- **Cinco** planchas laterales (8.1)
- **Dos** planchas frontales (8.2)



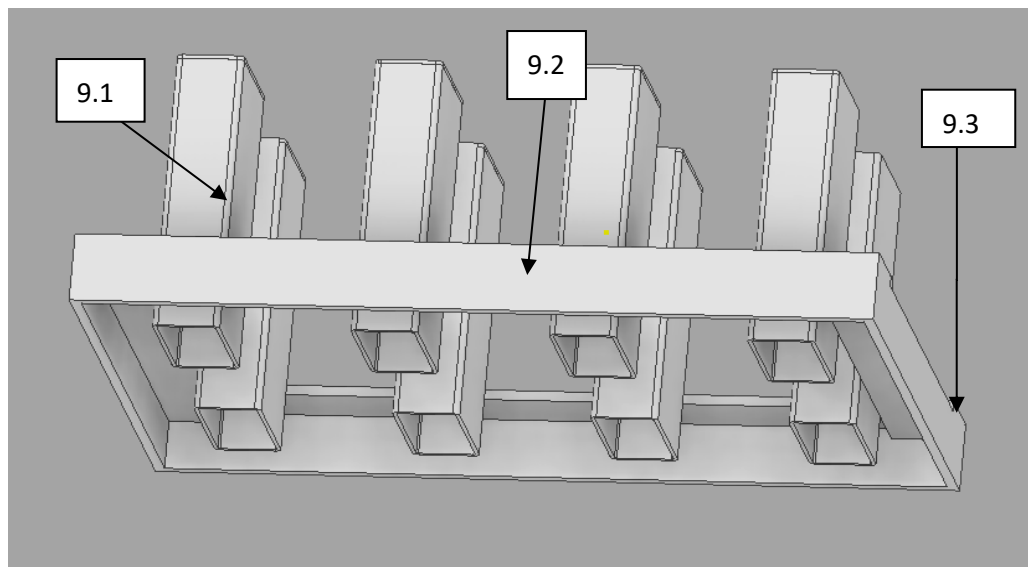
Fuente: Elaboración propia Autodesk Inventor. Modelado 3D

Figura 2-10

9. Moldes del orificio

Esta parte de la estructura es la que le hace que el ladrillo sea perforado. Esta es una guía para la placa móvil y a la vez una estructura. Esta pieza está formada de varias partes las que se detallan a continuación:

- Ocho perfiles tubulares tapados en la parte superior (9.1)
- Dos planchas frontales plegadas tipo U (9.2)
- Dos planchas laterales plegadas tipo U (9.3)



Fuente: Elaboración propia Autodesk Inventor. Modelado 3D

Figura 2-11

10. Sistema hidráulico

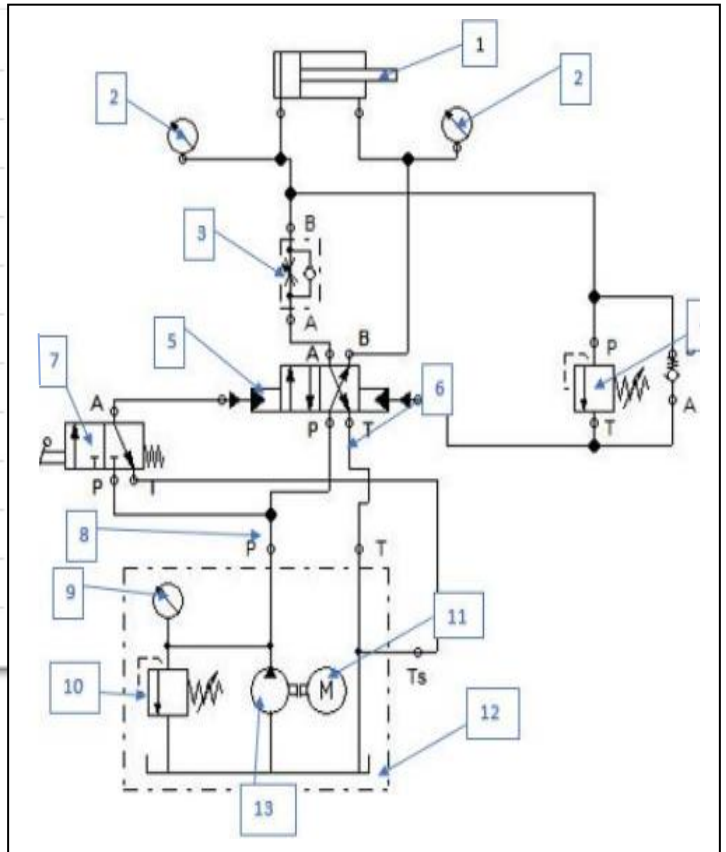
Como último elemento a nombrar nos referimos al **cilindro hidráulico** que para funcionar requiere de una serie de elementos, los que juntos conforman el sistema hidráulico. Mediante la confirmación de los cálculos determinaremos cuáles serán las dimensiones y carrera del cilindro. Ahora recurriremos a Automation Studio, que es un software de diseño de circuitos, simulación y documentación de proyectos para sistemas de energía de fluidos y proyectos eléctricos para hacer un esquema que permita entender de mejor manera todos los componentes de este sistema

Componentes del sistema hidráulico

1	Cilindro Hidráulico Doble efecto
2	Manometro
3	Valvula reguladora
4	Valvula de secuencia
5	Valvula 4/2
6	Linea de retorno
7	Valvula pilotada
8	Linea de presion
9	Manometro
10	Limitadora de presion regulable
11	Motor electrico
12	Tanque
13	Bomba

Tabla 2-1

Esquema de control hidráulico



Fuente: Elaboración en Automation studio

Figura 2-12

2.2. ANÁLISIS SISTÉMICO DEL PROYECTO

A continuación, se mostrarán los distintos estudios en los que se divide un análisis sistémico. Un análisis sistémico es una serie de estudios que determinarán la primera parte de la ingeniería básica de un proyecto, que consiste en una mirada externa al proyecto, es decir, ámbitos generales en los que implicará el diseño de la maquina compactadora de ladrillos: como sus ventajas y posibles usos según su ubicación, así como también los subsistemas en los que se divide el conjunto, y elementos que forman la maquina compactadora de ladrillos ecológicos.

2.2.1. Funcionalidad de la máquina compactadora de ladrillo y caja negra.

El proceso de producción de ladrillo prensado inicia cuando la tapa de la máquina está abierta, la adición de materia prima es proporcionada por el operario en la tolva de la estructura, posteriormente ésta cae por efecto de la gravedad hasta el cajón de almacenamiento donde permite la distribución de la mezcla en las unidades del molde, una vez éstas estén llenas se cierra la tapa y se fija en la estructura en U y finalmente se acciona el cilindro hidráulico para que ejecute la función de compactación al transmitir su fuerza por medio de los moldes de ladrillo o placa móvil, cuando el proceso llega a este punto, la extracción del producto final consiste en liberar el sistema de cierre compuesto por la tapa y la estructura en U para que el cilindro hidráulico al ser activado nuevamente pueda expulsar los ladrillos prensados y así los operarios puedan llevarlos a la siguiente etapa.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2-13

2.2.2. Subsistemas de la máquina compactadora y selección de materiales

Esta subsección del análisis sistémico tendrá como objetivo analizar los subsistemas del equipo a diseñar, es decir, las partes de la máquina compactadora de manera general, las cuales serán analizadas profundamente en un análisis funcional. La máquina compactadora de ladrillo prensado debe ser capaz de compactar una carga mínima de 35 toneladas fuerza. Los elementos estructurales del sistema se desarrollan en acero A-572 Gr 50 y AISI 1045.

Subsistema Estructural	Subsistema motriz	Subsistema hidráulico
Plataforma base	Placa Base	Cilindro hidráulico
Estructura base	Union de placa base con Cilindro H.	Válvula
Tolva	Cilindro doble efecto	Motor eléctrico
Cajón de almacenamiento		Unidad hidraulica
Molde		Marguera y accesorios
Molde del orificio		
Estructura en U		
Tapa		
Pasadores		

Tabla 2-2

-Subsistema estructural:

Será el conjunto de elementos fijos que permitirán la sustentación del equipo en el espacio donde se montará. Es la estructura de toda la máquina.

-Subsistema motriz:

Serán los elementos que estarán en movimiento cuando el equipo este en pleno funcionamiento.

-Subsistema hidráulico:

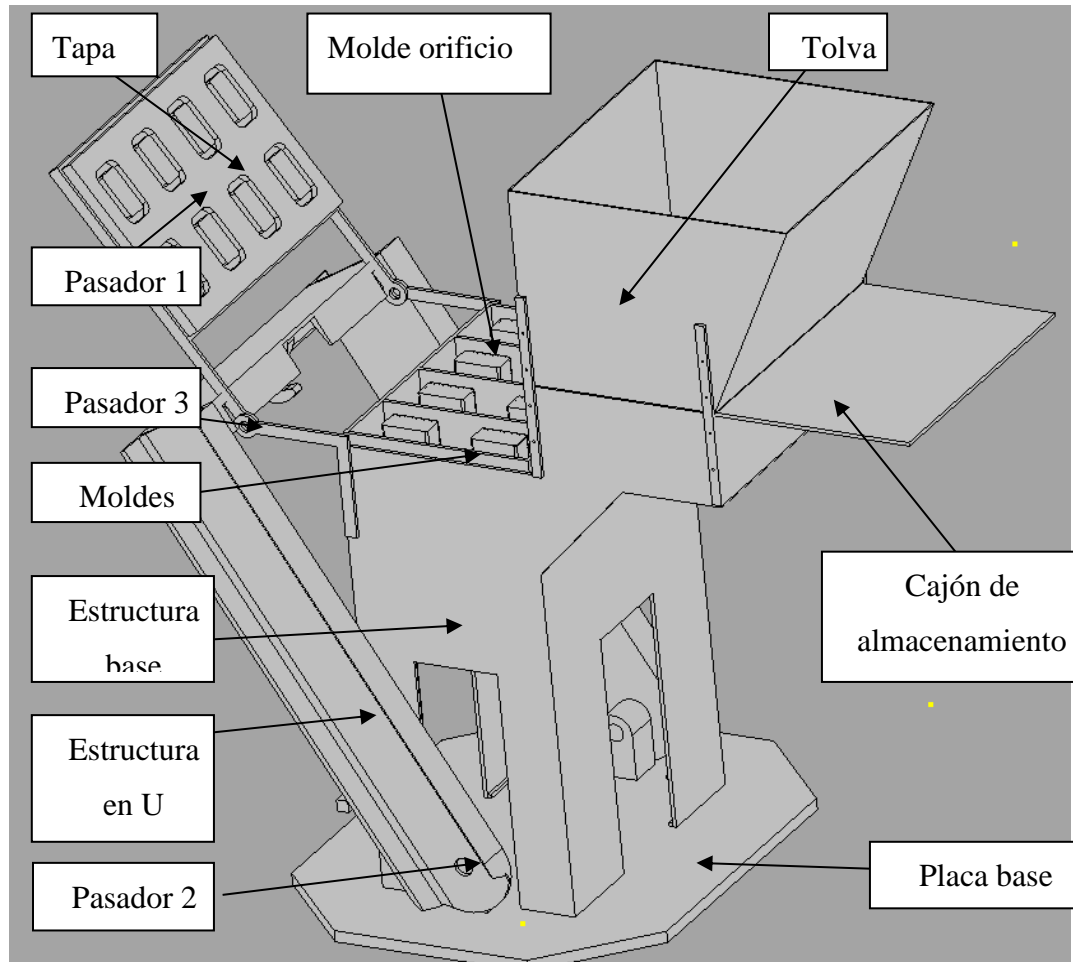
Serán los componentes que transmitirán la energía a la placa móvil. Esta a su vez será accionada mediante un interruptor el cual funcionará solo si la tapa está bien asegurada con su respectivo pasador.

2.3. ANÁLISIS FUNCIONAL DEL PROYECTO

A continuación, se expondrán las distintas secciones en las que se divide un análisis funcional. Un análisis funcional es una división de los subsistemas que conforman el equipo, y tendrá como objetivo definir desde el mayor elemento del subconjunto hasta el mínimo componente, con el propósito de informar la función de cada parte que conformará al subsistema.

2.3.1. Subsistema estructural

Los componentes que estarán dentro de este subconjunto serán aquellos que protegerán y estarán estáticos cuando la máquina esté en pleno funcionamiento, dentro de los cuales se encontrarán:



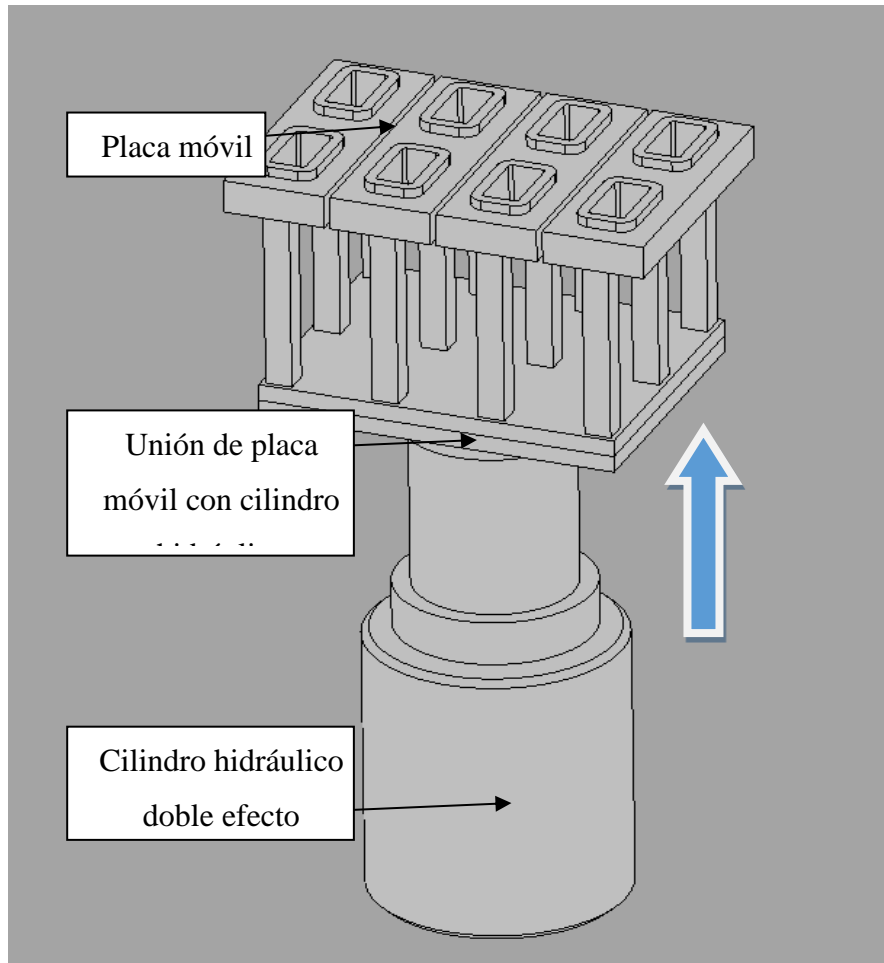
Fuente: Elaboración propia Autodesk Inventor. Modelado 3D

Figura 2-14

2.3.2. Subsistema motriz:

Los aparatos que estarán dentro de este subconjunto serán aquellos elementos mecánicos que estarán en movimiento cuando el equipo este en pleno funcionamiento. En este caso serán: La placa móvil, la unión y el cilindro hidráulico doble efecto

La placa móvil se compone de cuatro partes, las que estarán unidas mediante soldadura. La soldadura y todo lo relacionado con ello será detallada más adelante en la memoria de cálculo. A continuación, se muestran las partes de sistema motriz.

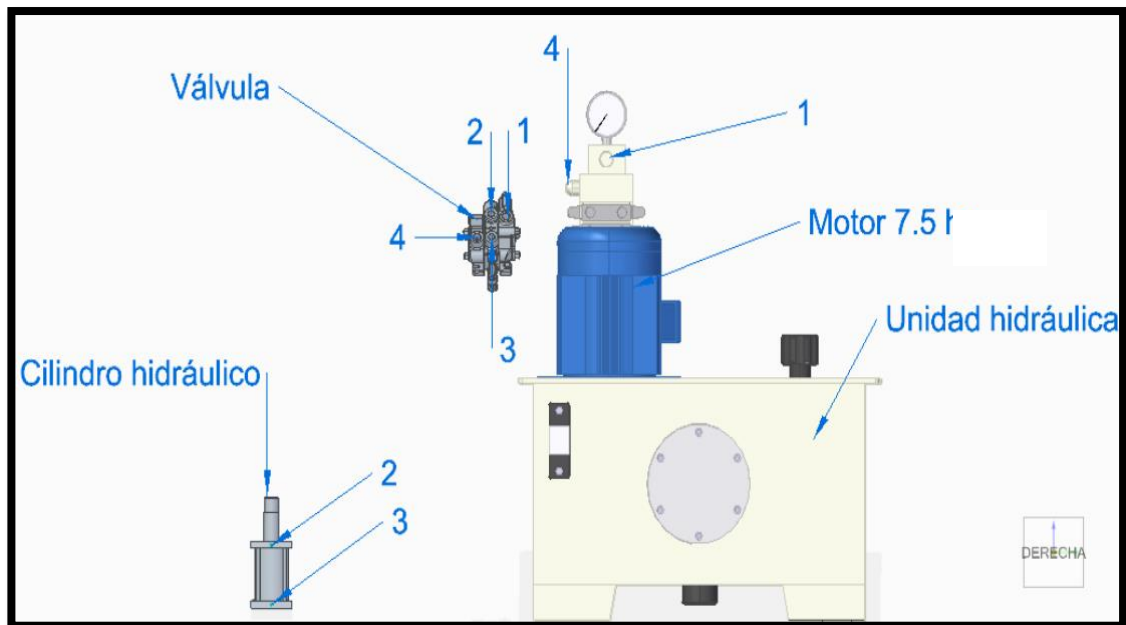


Fuente: Elaboración propia Autodesk Inventor. Modelado 3D

Figura 2-15

2.3.3 Subsistema hidráulico:

Serán los componentes que transmitirán la energía a la placa móvil. Esta a su vez será accionada mediante un interruptor el cual funcionará solo si la tapa está bien asegurada con su respectivo pasador. A continuación, se presenta una imagen que muestra el conjunto completo de la unidad hidráulica escogida para este proyecto.



Fuente: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/>

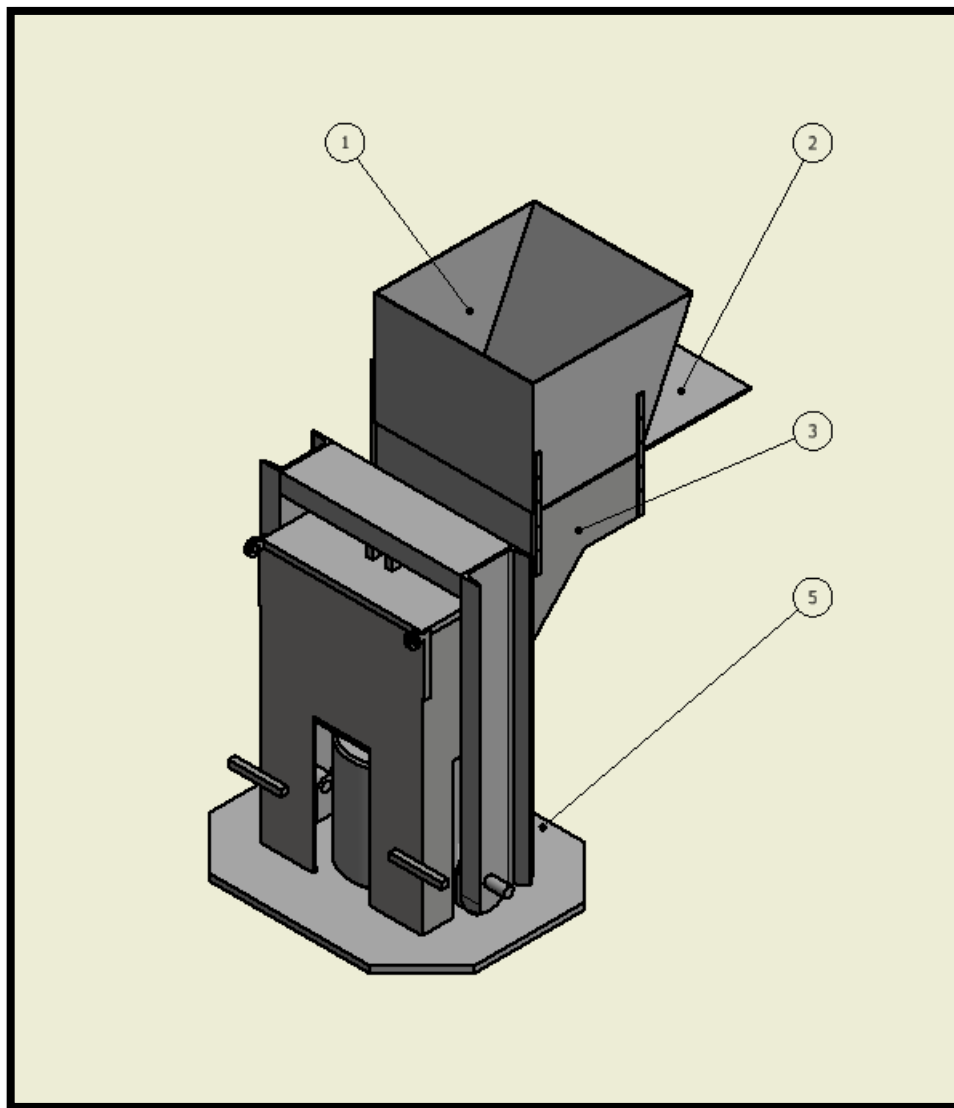
Figura 2-16

El sistema hidráulico se encarga de transmitir fuerza, potencia y movimiento a la placa móvil encargada de la compactación a consecuencia del accionamiento del cilindro hidráulico. La conexión del sistema se desarrolla con mangueras hidráulicas de la siguiente forma:

- (1-1) Manómetro conectado a la unidad hidráulica a entrada de presión en la válvula
- (1-2) Salida frontal de la válvula a entrada del cilindro hidráulico
- (1-3) Segunda salida frontal de la válvula a entrada del cilindro hidráulico
- (1-4) Descarga de la válvula a la unidad hidráulica

INGENIERÍA DE DETALLE DEL PROYECTO

Luego de comprobar las dimensiones de cada elemento de la máquina a través de la memoria de cálculo, se mostrará la planimetría del proyecto, o sea, los planos de conjunto y los planos fabricación. A continuación, se presentarán dos imágenes (2-17 y 2-18) de la maqueta virtual del proyecto, mostrando los modelamientos del proyecto en general.

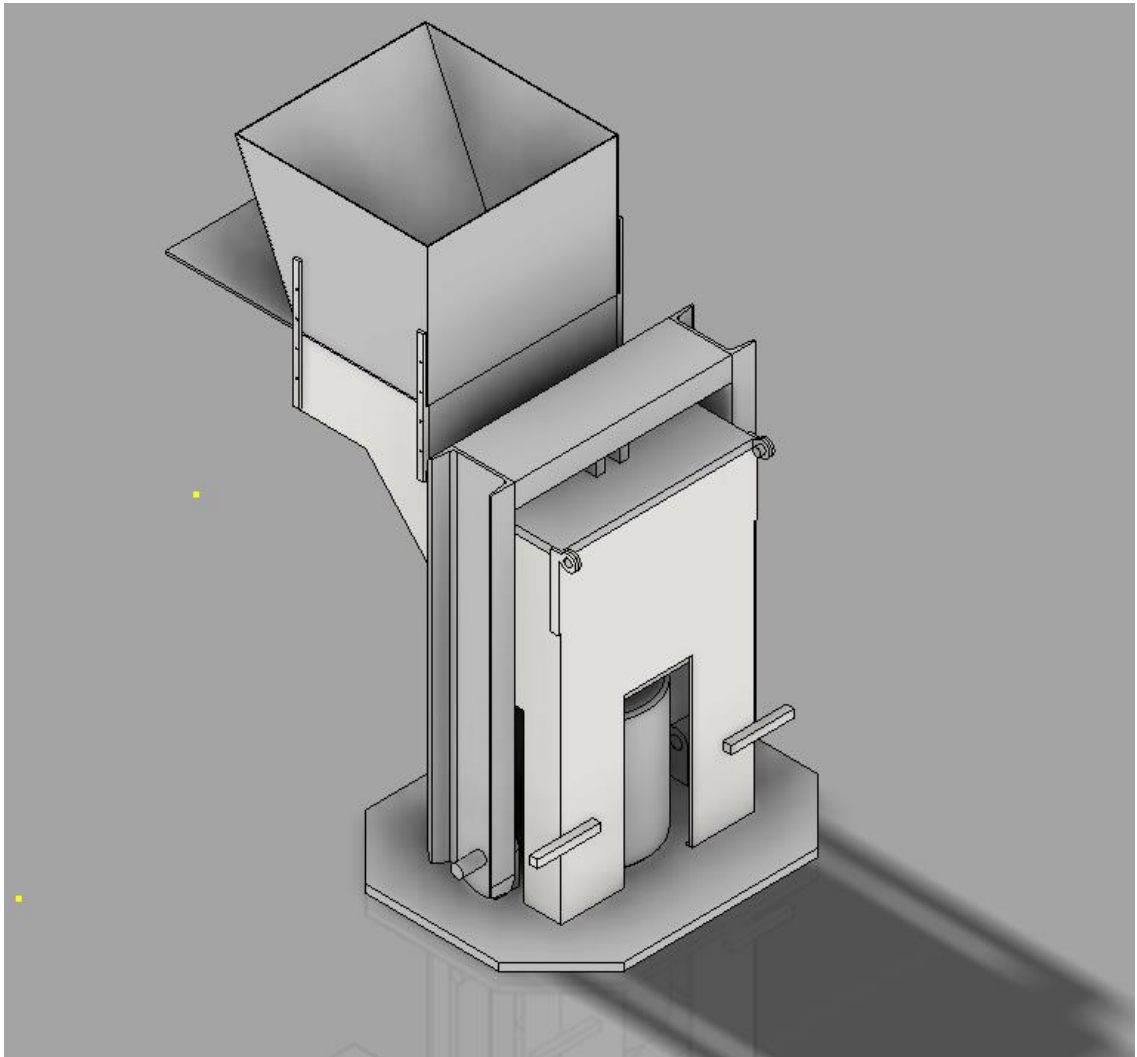


Fuente: Elaboración propia Autodesk Inventor

Figura 2-17

2.5. MAQUETA VIRTUAL DEL PROYECTO

En esta sección se enseñará la confección del proceso de modelado de la maquina compactadora de ladrillos ecológicos en el software de diseño Autodesk Inventor, utilizado comúnmente para proyectos en donde es necesario el modelamiento en tres dimensiones y luego de eso obtener toda la planimetría correspondiente.



Fuente: Elaboración propia Autodesk Inventor. Modelado 3D

Figura 2-18

2.6. MEMORIA DE CÁLCULO DEL PROYECTO

En esta sección del capítulo se mostrarán y validarán los cálculos necesarios para determinar datos y medidas mínimas de los distintos elementos principales que componen la máquina compactadora de ladrillo prensado.

2.6.1 Cálculo del sistema hidráulico

Para el cálculo y diseño del sistema hidráulico es importante destacar que los elementos de este estudio se basan en determinar las condiciones más favorables para el desarrollo de la actividad en cuestión (fabricación de ladrillos). Se realiza el cálculo de las dimensiones del cilindro hidráulico, selección de mandos y componentes de accionamiento del sistema, diseño del depósito de aceite y selección de mangueras.

Los cálculos realizados para el diseño hidráulico junto con todos sus componentes son tomados de acuerdo con la metodología del libro prontuario de hidráulica industrial de José Roldán Viloria.

2.6.1.1 Materiales del cilindro hidráulico

La buena selección de los componentes del cilindro hidráulico genera beneficios en el desarrollo de procesos teniendo en cuenta su durabilidad, entre otros. Es por esto que luego de los cálculos recurriremos a un catálogo comercial de un distribuidor nacional para escoger algún cilindro doble efecto que se adecue a nuestra necesidad. A continuación, se presenta un posible candidato. Nos referimos a Enerpac, empresa que posee cilindros hidráulicos en más de cien configuraciones. Sin importar cual sea la aplicación industrial levantar, empujar, tirar, doblar, retener; cualquiera que sea la fuerza, capacidad, carrera o modelo que necesite la industria, de simple o doble efecto, de émbolo hueco, macizo o separador, ellos cuentan con el cilindro hidráulico apropiado para la aplicación. Los cilindros de elevación de Enerpac cumplen la norma ASME B30 y además es de fácil montaje y desmontaje. El acceso externo al tornillo de fijación del

muelle sólo requiere herramientas estándar y facilita el mantenimiento. El muelle puede sacarse fácilmente sin herramientas especiales.

A continuación, se presentará una imagen de cilindros Enerpac (2-19), donde se detallan series, tonelajes, carreras entre otros. Siguiendo ésta, se presentará una imagen que detalla los materiales de un cilindro hidráulico (2-20).

Cilindros de gran tonelaje de Enerpac

i **Cilindros de gran tonelaje**
Los cilindros de gran tonelaje de Enerpac son especialmente adecuados para aplicaciones de elevación (de múltiples puntos).

Cilindros de las series HCG, HCR, HCL

- capacidad de elevación 50 - 1000 ton.
- carrera de elevación 50 - 300 mm

Serie HCG, simple efecto

- retorno por gravedad
- anillo de seguridad para evitar la expulsión de émbolo
- resistencia a cargas laterales del 10% de la capacidad máxima de cilindro

Serie HCR, doble efecto

- avance y retracción hidráulica para controlar el movimiento
- resistencia a cargas laterales del 10% de la capacidad máxima de cilindro

Serie HCL, tuerca de seguridad, simple efecto

- retorno por gravedad
- tuerca de seguridad para retención mecánica de la carga

- Orificio de descarga, actúa como limitador de carrera para evitar la expulsión de émbolo
- resistencia a cargas laterales del 10% a lo largo de 90% la de carrera máxima.

Serie HCRL - tuerca de seguridad, simple efecto

- avance y retroceso hidráulico rápido
- tuerca de seguridad para retención mecánica de la carga
- diseñado para soportar cargas laterales del 10% de la capacidad máxima
- silleta inclinable incorporada
- 50-300 ton., carrera de 150-300 mm.

Serie LPL, tuerca de seguridad, poca altura, simple efecto (página 26)

- capacidad de elevación 60 - 500 ton.;
- carrera de elevación 45 - 50 mm
- silleta inclinable incorporada
- retorno por gravedad
- tuerca de seguridad para retención mecánica de la carga
- resistencia a cargas laterales del 5-10% de la capacidad máxima de cilindro.

Serie HCG HCR HCL HCRL



Capacidad:
50 - 1000 ton.

Carrera:
50 - 300 mm

Presión máxima de trabajo:
700 bar

Página: 42



- Cáncamos certificados
- El tapón de alivio evita la expulsión de émbolo (HCL, LPL)
- La válvula de seguridad evita un exceso de presión (HCR, HCRL)
- La silleta intercambiable evita que se dañe el émbolo. La silleta inclinable incorporada permite hasta 5 grados de inclinación (LPL, HCRL)
- La tuerca de seguridad proporciona una segura retención mecánica de la carga (HCL, LPL, HCRL)
- El limpiador de baja fricción protege de la contaminación (HCG, HCR)
- Anillo de seguridad de plena carga (HCG, HCR, HCRL)
- Cuello roscado para un montaje versátil del cilindro (HCG, HCR, HCRL)
- Superficie de nitrocarburo en la base, émbolo, anillo de seguridad y tuerca de seguridad
- Cojinetes de apoyo del émbolo de composite reemplazables
- Juntas de alta presión y bajo desgaste que proporcionan una vida útil más larga
- Acoplamiento de gran caudal para un avance y retracción rápida
- Orificios de montaje en la base para un montaje versátil (excepto LPL)

Bombas de retorno asistido
Los cilindros HCG, HCL y LPL de Enerpac son de avance hidráulico y retorno por gravedad. Para mejorar la productividad y la retracción del émbolo, Enerpac ofrece retorno asistido en las bombas de la serie ZU4 y ZE con tecnología de válvula Venturi de Enerpac, especialmente para facilitar el retorno rápido en cilindros de simple efecto de retorno por gravedad. Vaya a enerpac.com para más detalles.

Página: 91

Bombas de caudal dividido
Bombas de la serie SFP con múltiples salidas para un caudal de aceite idéntico. Para aplicaciones de elevación y descenso de múltiples puntos, estas bombas son una alternativa mucho mejor que las bombas de operación separada.

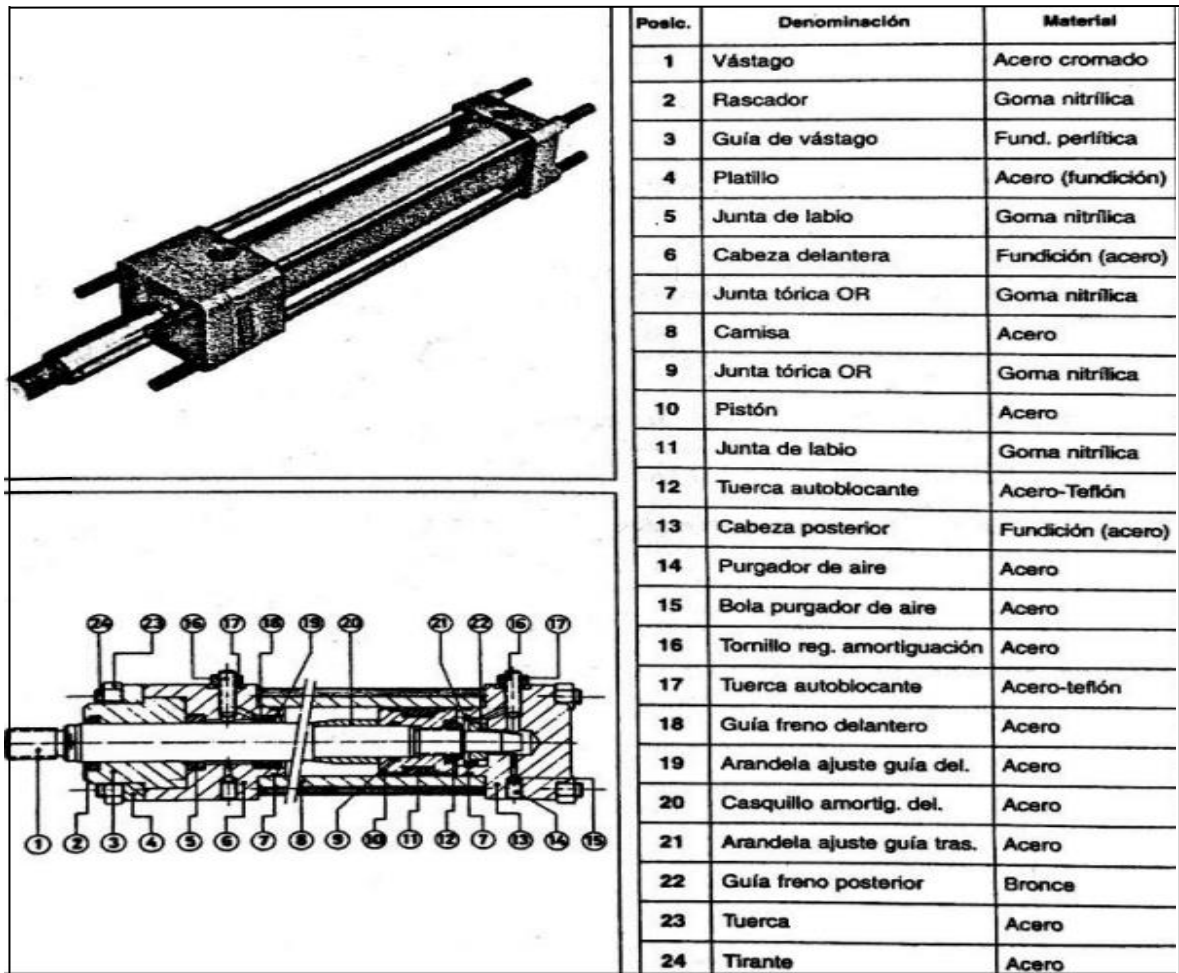
Página: 240

Sistemas de elevación sincronizada
Bombas para capacidades de elevación de múltiples puntos. La serie económica **EVOB** para aplicaciones básicas y el sistema multifuncional de elevación de la serie **EVO**.

Página: 242

Fuente: hidráulicos/Cilindros-ENERPAC.pdf

Figura: 2-19



Fuente: Roldan J. Prontuario de hidráulica industrial. 2.001.

Figura 2-20

2.6.1.2. Fuerza de compactación

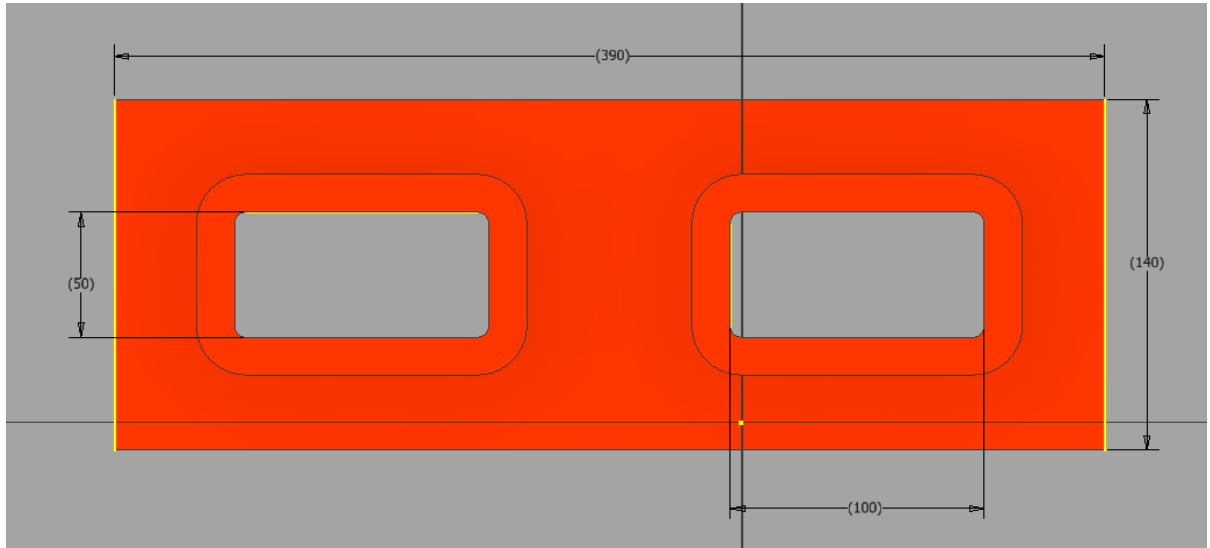
Para los ladrillos ecológicos que se pretenden fabricar, con un área de **0,0446 (mt²)**, se establece que la fuerza necesaria para su compactación es de **9 toneladas fuerza (TF)**. Para el proceso de fabricación se estipuló que por ciclo de producción deben realizar 4 unidades de ladrillos, lo que requiere una fuerza total en el sistema de 36 (TF) mínimo. Teniendo en cuenta la variación respecto a la humedad de la mezcla establecida, se estima un aumento del 10% de fuerza del sistema, generando una carga final de 39,6(TF) Por lo tanto, teniendo en cuenta la carga final, variación de humedad, más el peso de los elementos, se necesitaría un cilindro hidráulico de **40 (TF)** para cumplir la necesidad.

Se estableció que las medidas del ladrillo prensado deben ser de:

390 (mm) * 140 (mm) * 60 (mm) y la perforación de: 100 (mm) * 50 (mm)

Área del ladrillo = $0,39(\text{m}) * 0,14(\text{m}) - 2 * (0,1(\text{m}) * 0,05(\text{m})) = 0,0446 (\text{m}^2)$

Área del ladrillo = **0,0446(m²) * 4 ladrillos (ciclo) = 0,1784 (m²)**



Fuente: Elaboración propia Autodesk Inventor

Figura 2.21

Una vez establecidos los parámetros de fuerza y área de compactación se desarrollan los siguientes cálculos que determinan las condiciones de diseño del sistema hidráulico como se muestra a continuación.

$$40(TF) \cdot \frac{1(KN)}{0,1019 (TF)} = 392,5(KN) \longrightarrow 88237,5 (LbF)$$

Con la fuerza de compactación establecida se reemplaza en la siguiente ecuación para determinar la presión requerida;

$$\mathbf{F = A * P}$$

Donde;

F: Fuerza

A: Área del embolo

P: Presión del fluido

$$P = F / A$$

$$P = \frac{88237,51 (LbF)}{0,1784(m^2) \cdot \frac{1550 (in^2)}{1 (m^2)}} = 319,1 \left(\frac{LbF}{in^2} \right)$$

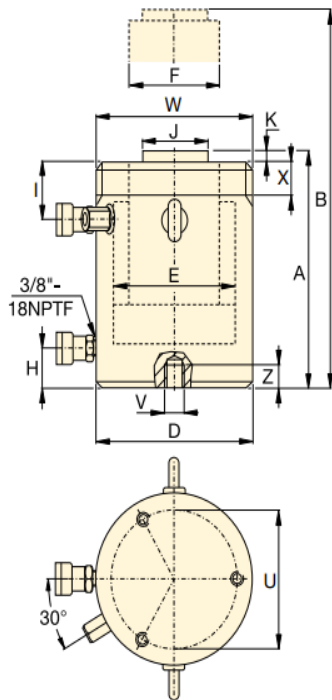
Por lo tanto, la presión ejercida sobre el material de compactación para la fabricación de ladrillos prensados es de **319.1 (LbF/in²)** en un Área total de **0,1784 (m²)**.

2.6.1.3. Longitud de la carrera

Este procedimiento está ligado a la necesidad del producto, para este caso se requiere una altura de 6 (cm) en el elemento final (ladrillo prensado), donde se tiene en consideración según la metodología del libro Prontuario de hidráulica industrial de José Roldan, que la altura máxima será el doble de la altura final, y la altura mínima será la mitad de la altura total permitiendo determinar la longitud de carrera del vástago.

Se necesita una carrera mínima de 6 (cm) para la compactación y 6 (cm) mínimo para la expulsión, lo que hace una carrera mínima de 120 (cm). La longitud de 120 (mm) no es una medida comercial en el catálogo mencionado anteriormente (Enerpac), por tanto, se toma un modelo HCR 4006 con una medida normalizada de **150 (mm) de carrera** como se muestra, a continuación;

- Avance y retroceso rápido
- Resistencia a cargas laterales del 10% de la capacidad máxima de cilindro
- La superficie endurecida resiste cargas laterales y desgaste cíclico
- Protección a la intemperie, por dentro y por fuera
- Los cojinetes superiores e inferiores reemplazables encierran el émbolo del cilindro ofreciendo apoyo a lo largo de la carrera
- Cáncamos certificados, orificios de montaje en la base
- Rosca del collarín opcional en modelos de 400 toneladas y capacidades superiores.



Rosca del collarín opcional (mm)		
Modelo / capacidad ton.	Tamaño de rosca	Longitud de rosca
	W	X
HCR-400	M350 x 3	83
HCR-500	M400 x 4	90
HCR-600	M430 x 4	100
HCR-800	M505 x 5	122
HCR-1000	M570 x 5	137

La rosca del collarín es opcional en modelos de 400 toneladas y más. Para la rosca del collarín en el cilindro, agregue el sufijo "E002" al número de modelo. Ejemplo: HCR4006E002
La longitud del cuello roscado está diseñada para la plena capacidad nominal del cilindro.

TABLA DE SELECCIÓN Y DETALLES DE LOS MODELOS DE HCR 400-1000 TONELADAS

Para modelos de 50-300 toneladas, ver páginas 48-49.

Para ver las características completas del producto, ver páginas 40-41.

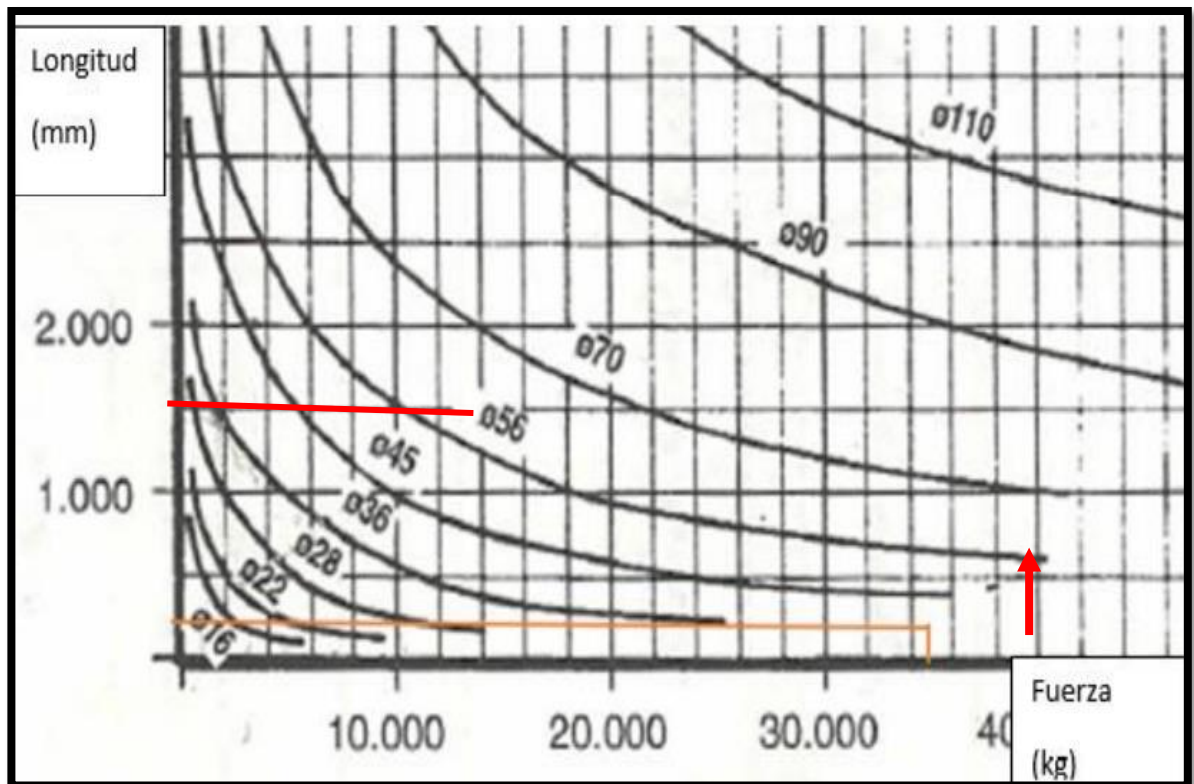
Capacidad de cilindro ton.	Carrera (mm)	Modelo	Capacidad máxima de cilindro a 700 bar ton. (kN)	Área efectiva de cilindro (cm ²)	Capacidad de aceite (cm ³)	Altura retraído A (mm)
400	50	HCR-4002	409 (4008)	572,6	2863	321
	100	HCR-4004			5726	371
	150	HCR-4006			8588	421
	200	HCR-4008			11.451	471
	250	HCR-40010			14.314	521
	300	HCR-40012			17.177	571
500	50	HCR-5002	522 (5114)	730,6	3653	344
	100	HCR-5004			7306	394
	150	HCR-5006			10.959	444
	200	HCR-5008			14.612	494
	250	HCR-50010			18.265	544
	300	HCR-50012			21.918	594
600	50	HCR-6002	611 (5987)	855,3	4276	352
	100	HCR-6004			8553	402
	150	HCR-6006			12.829	452
	200	HCR-6008			17.106	502
	250	HCR-60010			21.382	552
	300	HCR-60012			25.659	602
800	50	HCR-8002	831		5821	404
	100	HCR-8004			11.642	454
	150	HCR-8006			17.462	504

Fuente: hidráulicos/Cilindros-ENERPAC.pdf

Figura 2-22

2.6.1.4. Cálculo del vástago:

Se determina el diámetro mínimo de pandeo que permite garantizar que la selección de dimensiones del elemento pueda soportar las condiciones de operación. Para este caso la longitud de carrera del vástago normalizada es de 150 (mm), con una carga máxima de 40 (TF), y se evalúa en la siguiente imagen;



Fuente: Roldan J. Prontuario de hidráulica industrial. 2.001.

Figura 2-23

Como se muestra en la imagen anterior, el diámetro mínimo para evitar el pandeo del vástago según las condiciones establecidas corresponde a **56 (mm)**. Con esta información se recurre al catálogo y se aprecia que el diámetro del embolo para el cilindro escogido es mucho mayor (Imagen 2-24). Este corresponde a **220 (mm)**. A continuación, se muestra en catálogo.

Cilindros de gran tonelaje, de doble efecto



Serie
HCR

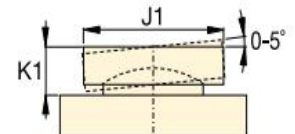


Capacidad:
400 - 1000 ton.


Carrera:
50 - 300 mm

Presión máxima de trabajo:
700 bar

▲ La elevación y el lanzamiento de un sistema flotante de producción de petróleo de 43.000 ton. para el yacimiento petrolífero marítimo (off shore) Gurmusut-Kakap en Malasia, estableció unos valores de referencia muy altos para la seguridad, gracias al uso de sofisticados sistemas hidráulicos sincronizados para la elevación, el equilibrio, el pesaje y la botadura suave de estructuras pesadas.



Silleta inclinable, serie CATG

Altura extendido B (mm)	Diámetro exterior D (mm)	Diámetro de orificio de cilindro E (mm)	Diámetro de émbolo F (mm)	Base a conexión de avance H (mm)	Parte sup. a conexión tracción I (mm)	Diámetro silleta estándar J (mm)	Saliente silleta de émbolo K (mm)	 (kg)	Modelo	Silleta inclinable opcional		
										Diámetro J1 (mm)	Altura K1 (mm)	Modelo silleta
371	350	270	220	74	111	196	4	227	HCR-4002	193	59	CATG-400
471								258	HCR-4004			
571								289	HCR-4006			
671								321	HCR-4008			
771								352	HCR-40010			
871								383	HCR-40012			
394	400	305	250	79	121	228	4	320	HCR-5002	228	63	CATG-500
494								361	HCR-5004			
594								402	HCR-5006			
694								443	HCR-5008			
794								484	HCR-50010			
894								525	HCR-50012			
402								379	HCR-6002			
502								427	HCR-6004			

Fuente: hidráulicos/Cilindros-ENERPAC.pdf

Figura 2-24

$$F = k \frac{\pi^2 \cdot I \cdot E}{L^2}$$

Donde;

F: Fuerza máxima a soportar

I: Momento de inercia mínimo para secciones transversales

E: Modulo de elasticidad

L: longitud sometida al pandeo

K: Coeficiente que depende del tipo de fijación

El momento de inercia para secciones transversales está determinado por la siguiente ecuación;

$$I = D^4 \cdot \frac{\pi}{64} = 220(mm)^4 \cdot \frac{\pi}{64} = 114.990.145,1 (mm)^4$$

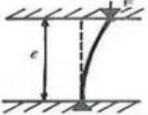
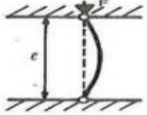
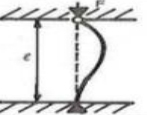
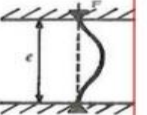
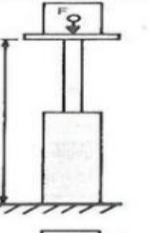
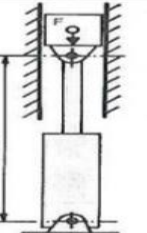
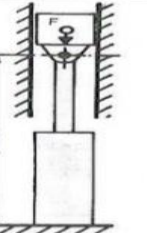
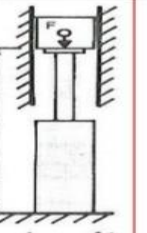
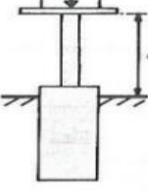
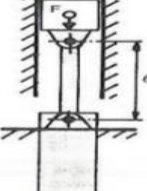
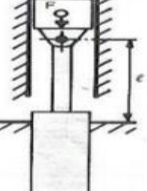
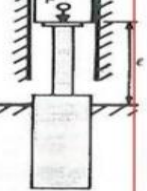
El módulo de elasticidad (E) está dado en la siguiente imagen (kg/mm⁴).

Hierro	20.000
Acero	22.000
Acero duro	22.000
Acero templado	22.000
Alambre de hierro	20.000
Alambre de acero	23.000
Fundicion de hierro	10.000

Fuente: Roldan J. Prontuario de hidráulica industrial. 2.001.

Figura 2-25

El coeficiente K se halla según la siguiente imagen:

4		CILINDROS HIDRÁULICOS			
110		SOLICITUDES DEL VÁSTAGO, SEGÚN EULER			
		Caso 1	Caso 2 (básico)	Caso 3	Caso 4
		Un extremo libre. Un extremo fijo	Dos extremos articulados	Un extremo articulado	Dos extremos fijos
Gráfico					
		$S = 2 \ell$	$S = \ell$	$S = 0,7 \ell$	$S = \frac{\ell}{2}$
Situación del montaje del cilindro					
					
				Gulado cuidadoso de la carga. Posible bloqueo.	Desfavorable. Gran posibilidad de bloqueo.

Fuente: Roldan J. Prontuario de hidráulica industrial. 2.001.

Figura 2-26

Para el desarrollo de este ejercicio se toma el coeficiente $K = 4$. Reemplazando se tiene que;


$$F = \frac{k \cdot \pi^2 \cdot 114990145 \text{ (mm)}^4 \cdot 22000 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}\right)}{(150 \text{ (mm)})^2} = 443532459,5 \text{ (Kp)} \text{ o } 43495675 \text{ (KN)}$$

Se determinó que la fuerza máxima que soporta el vástago es de 43495675 (KN). Lo que es mucho mayor a la fuerza requerida para la compactación de ladrillo es o 392,5 (KN)) y por tanto el diámetro del vástago no presenta fallas.

2.6.1.5 Cálculo del diámetro del embolo.


Para este se tiene en cuenta la fuerza requerida para la compactación (392.5 (KN)) con el fin de determinar la presión del fluido del sistema hidráulico y posteriormente establecer el valor del diámetro del embolo. Para ello se recurre a catálogos comerciales;

Cilindros de gran tonelaje, de doble efecto



▲ La elevación y el lanzamiento de un sistema flotante de producción de petróleo de 43.000 ton. para el yacimiento petrolífero marítimo (off shore) Gurusut-Kakap en Malasia, estableció unos valores de referencia muy altos para la seguridad, gracias al uso de sofisticados sistemas hidráulicos sincronizados para la elevación, el equilibrio, el pesaje y la botadura suave de estructuras pesadas.

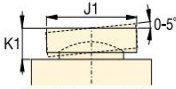
Serie HCR



Capacidad:
400 - 1000 ton.

Carrera:
50 - 300 mm

Presión máxima de trabajo:
700 bar



Silleta inclinable, serie CATG

Altura extendido B (mm)	Diámetro exterior D (mm)	Diámetro de orificio de cilindro E (mm)	Diámetro de émbolo F (mm)	Base a conexión de avance H (mm)	Parte sup. a conexión tracción I (mm)	Diámetro silleta estándar J (mm)	Saliente silleta de émbolo K (mm)	Modelo	Silleta inclinable opcional			
									Diámetro J1 (mm)	Altura K1 (mm)	Modelo silleta	
371	350	270	220	74	111	196	4	227	HCR-4002	193	59	CATG-400
471								258	HCR-4004			
571								289	HCR-4006			
671								321	HCR-4008			
771								352	HCR-40010			
871								383	HCR-40012			

Fuente: hidráulicos/Cilindros-ENERPAC.pdf

Figura 2-27

Después de establecer la presión del fluido 700 (bar) o 10150 (psi) según el catálogo se reemplaza en la siguiente ecuación;

$$F = P * A$$

Donde;

F: Fuerza

P: Presión

A: Área de la placa

$$F = P \times \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 * F}{\pi * P}}$$

Luego reemplazamos con los datos que ya obtuvimos anteriormente y se tiene que;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 88237(LbF)}{\pi \cdot 10150(Ps_i)}} = 3,3 \text{ (in) o } 85 \text{ (mm)}$$

El diámetro del embolo corresponde a 58 (mm). Con esta información se confirma la selección del cilindro hidráulico comercial, determinando que el diámetro de pistón o **embolo es 270 (mm) y vástago de 220 (mm)**.

2.6.2. Cálculo de la unidad hidráulica

A continuación, se presentan los cálculos de la unidad hidráulica, los cuales son el cálculo del volumen del cilindro, cálculo de caudal de aceite, selección de mangueras, cálculo de velocidad del fluido en la tubería, selección del aceite, selección de la bomba, potencia del motor y cálculo del depósito de aceite.

2.6.2.1. Cálculo de volumen del cilindro

Para determinar el volumen de aceite necesario para el avance y retroceso del cilindro hidráulico se tiene en cuenta los parámetros del diseño mismo (diámetro embolo = 27 (cm), diámetro vástago = 22 (cm), longitud de carrera = 15 (cm)) y se evalúan en las siguientes ecuaciones;

$$V_a = A_a * L_C$$

Donde;

V_a = Volumen del aceite

A_a = Área de avance

L_C = Longitud de carrera

$$V_r = A_r * L_C$$

Donde;

V_r : Volumen de retroceso

A_r : Área de retroceso

L_C : Longitud de carrera

$$A_a = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot 27(\text{cm}^2)^2}{4} = 572,5 (\text{cm})^2$$

$$A_r = \pi \cdot \frac{D_1^2 - D_2^2}{4} = \pi \cdot \frac{(27 \text{ cm}^2)^2 - (22 \text{ cm}^2)^2}{4} = 192,42 (\text{cm})^2$$

$$V_a = 572 (\text{cm}^2) \cdot 15 (\text{cm}) = 8580 (\text{cm}^3) \text{ o } 2,26 (\text{gal})$$

$$V_r = 192,42 (\text{cm}^2) \cdot 15 (\text{cm}) = 2886,3 (\text{cm}^3) \text{ o } 0,76 (\text{gal})$$

$$\text{Volumen total} = 11466,3 (\text{cm}^3) \text{ o } 1,72 (\text{gal})$$

2.6.2.2. Cálculo del caudal del aceite

Para el cálculo del caudal del aceite es necesario determinar la velocidad de avance del embolo. Según catalogo Enerpac, las características del cilindro y el supuesto tipo de bomba a utilizar establecen que la velocidad de avance del embolo y el retroceso son distintas. Estas se detallan a continuación;

Velocidad de avance del embolo con carga (compactación): **35,6** (milímetros por segundo)

Velocidad de avance del embolo sin carga (retroceso): **16.5** (milímetros por segundo)

$$Q = Aa * Va$$

Donde;

Q: Caudal de aceite

Va: Velocidad de avance del pistón

Aa: Área de avance

$$Qa = 572,5(cm2) \cdot 3,56 \left(\frac{cm}{seg} \right) = 2038,1 \left(\frac{cm3}{seg} \right)$$

Este caudal se calculó con la velocidad mayor (velocidad de avance). Se procederá a calcular con la velocidad menor de igual forma.

$$Qr = 192,42 (cm2) \cdot 1,65 \left(\frac{cm}{seg} \right) = 317,5 \left(\frac{cm3}{seg} \right)$$

Para obtener solo un valor de caudal se suman los valores y se dividen por 2 para obtener el caudal promedio. A continuación:

$$Q = 2038,1 \left(\frac{cm3}{seg} \right) + 317,5 \left(\frac{cm3}{seg} \right) / 2 = 1177,8 \left(\frac{cm3}{seg} \right)$$

Por lo tanto, se tiene un caudal promedio de 1177,8 (cm³/seg), transformado a litros por minuto nos queda:**70,728 (Lt/min)**.

Según el libro Prontuario de hidráulica industrial de José Roldán Viloría, el tiempo de salida del embolo se evalúa en la siguiente ecuación;

$$T = Lc / va$$

T: Tiempo (avance y retroceso).

Lc: Longitud de carrera

Va: Velocidad de avance

$$\text{Tiempo de avance (Ta)} = 150 \text{ (mm)} / 35,6 \text{ (mm/s)} = \mathbf{4,21 \text{ (mm/seg)}}$$

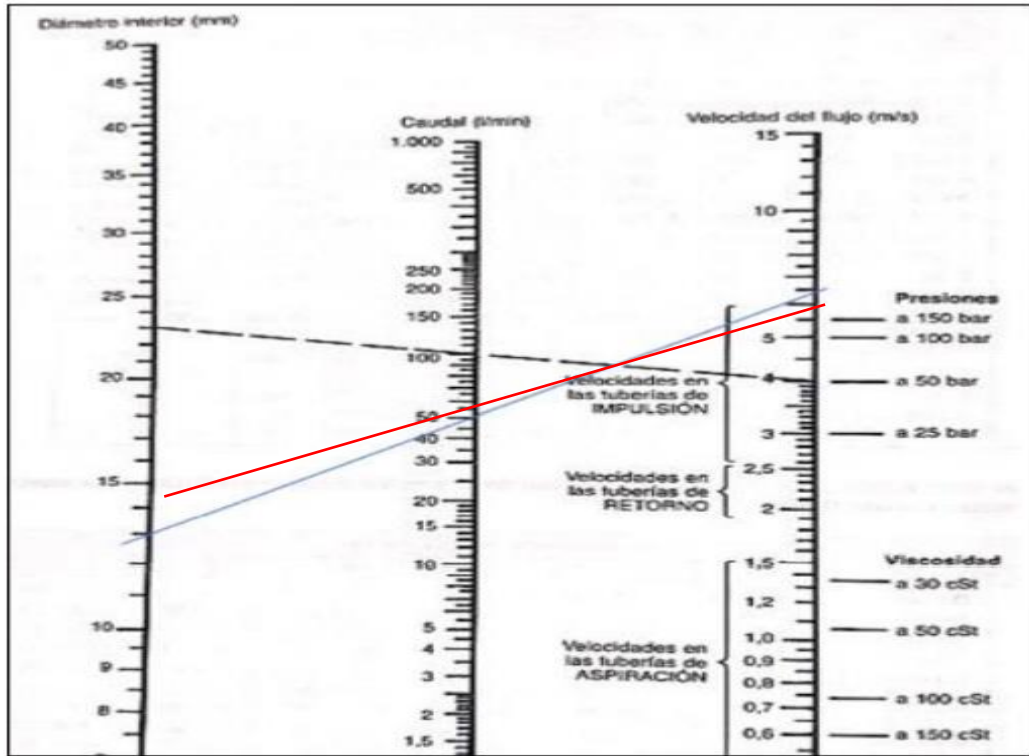
$$\text{Tiempo de retroceso (Tr)} = 150 \text{ (mm)} / 16,5 \text{ (mm/s)} = \mathbf{9,09 \text{ (mm/seg)}}$$

Una vez establecido el tiempo que tarda el sistema en expulsar el ladrillo (4,21seg), se establece el tiempo total que toma el proceso de producción. Este proceso se define como el tiempo en que el operario se demora en llenar la tolva, para esto establecimos un tiempo de **10** (seg), la distribución de la mezcla en las unidades de molde **5** (seg) y la compactación **5** (seg), luego abrir la tapa y expulsar y finalmente retroceder el cilindro para comenzar un nuevo ciclo. Estimando un proceso de producción de 30 segundos para la fabricación de 4 ladrillos prensados.

Según el tiempo establecido la máquina hace 8 unidades de ladrillos en 1 minuto, lo que equivale a 3840 ladrillos en una jornada de 8 horas.

2.6.2.3 Selección de mangueras

La selección del diámetro interno de la tubería del sistema se obtiene según los siguientes datos calculados anteriormente. Se determinó que el caudal máximo es 70 (Litros/minuto) como requerimiento para el funcionamiento del sistema a una presión de 2900 (psi) o 200 (bar), luego se ubican estos valores en las escalas correspondientes para realizar el cruce de estos dos parámetros con líneas rectas prolongándolas hasta la escala de diámetros, obteniendo así el valor de este como se indica en la imagen que viene a continuación.



Fuente: Roldan J. Prontuario de hidráulica industrial. 2.001.

Figura 2-28

Central de mangueras s.a.
ISO 9001:2008

CATALOGO DE MANGUERAS HIDRÁULICAS
Mangueras Parker

722 TC MANGUERA SAE 100R12



Manguera para aplicaciones hidráulicas de alta presión. Manguera con las características de una SAE 100R12 pero con la mitad del radio de curvatura de esta, lo que permite ahorrar manguera y dinero en sus instalaciones. Compatible con acoples serie 43.

Tubo : Hule sintético..
Refuerzo: 4 mallas en espiral
Cubierta : Hule sintético
Factor de seguridad : 4:1
Temperatura : -40°C a 125°C

Código	Diámetro		Presión trabajo	Radio curvatura mm
	Pulgadas	mm		
001722TC06	3/8"	10	4000	125
001722TC08	1/2"	12.7	4000	90
001722TC10	5/8"	15.8	4000	100
001722TC12	3/4"	19	4000	120
001722TC16	1"	25.4	4000	150
001722TC20	1 1/4"	31.8	3000	210

NOTA : Utilice acoples de la serie 43 y serie 71

Fuente: Mangueras Parker; catálogo de mangueras Hidráulicas

Figura 2-29

Una vez determinado el diámetro de la tubería de 15 (mm) y la presión del sistema 2900 (psi) o 200 (bar), se recurre a un catálogo de mangueras de uso hidráulico donde se realiza la selección de las mangueras más favorables para el sistema (imagen anterior), estableciendo que el diámetro de tubería en este caso es 5/8 pulgadas o 15,8 (mm) debido a que la medida calculada no corresponde a dimensiones comerciales.

2.6.2.4. Cálculo de velocidad del fluido en la tubería

$$V_t = Q / S_t$$

Donde;

V_t: Velocidad tubería

Q: Caudal de aceite

S_t: Selección tubería

$$S_t = \frac{\pi * (1,58 \text{ cm})^2}{4} = 1,96 \text{ cm}$$

El cálculo de la velocidad del fluido en la tubería a la salida del vástago está debidamente relacionado con el caudal de aceite (1,18 (lt/seg)). Y el diámetro de la tubería seleccionada (15,8 (mm)), el cual se evalúa en la siguiente ecuación.

$$v_t = \frac{1178 \text{ (cm}^3\text{/seg)}}{1,96 \text{ (cm)}} = 601,1 \frac{\text{(cm)}}{\text{(seg)}} \rightarrow \mathbf{6,1} \frac{\text{(m)}}{\text{(seg)}}$$

2.6.2.5. Selección del aceite

El aceite es un elemento de vital importancia en el funcionamiento de sistemas hidráulicos ya que tiene como principal objetivo transmitir presión y accionar el embolo a su paso.

Para el desarrollo es pertinente utilizar un aceite que evite problemas de desgaste erosivo o adhesivo en los mecanismos lubricados, además, se debe tener en cuenta la

temperatura como una constante de operación del sistema que garantice el correcto funcionamiento de este a las condiciones de trabajo.

El sistema en este caso corresponde a un equipo industrial estacionario donde se establece que su adecuado funcionamiento está ligado a la utilización de un aceite sin detergente con un contenido de aditivo anti-desgaste y de demulsificación que permite la separación del agua del aceite, estos sistemas, por lo general ejecutan su función a una temperatura de entre 50°C y 60°C, dando lugar a un aceite ISO 68.

Ensayos	Unidad	Método ASTM	PRODUCTOS		
			10	46	68
ISO V.G.	----	----	10	46	68
Viscosidad a 40 °C	cSt	D-445	10	44	68
Índice de Viscosidad	----	D-2270	92	92	92
Punto de Inflamación	°C	D-92	160	210	210
Punto de Escurrimiento	°C	D-97	-18	-12	-9
Herrumbre	----	D-665 B	Pasa	Pasa	Pasa
Corrosión S/Cu (3 h a 100 °C)	----	D-130	1b	1b	1b
Número de Ácido	mg KOH/g	D-974	0,6	0,6	0,6
Emulsión a 54,4°C (0-0-80)	min	D-1401	30	30	30
Evacuación de Aire	min	D-3427	6	8	10

Fuente: Aceite hidráulico; catálogos lubricantes YPF

Figura 2-30

2.6.2.6 Selección de la bomba

Con la información proporcionada anteriormente respecto al caudal (1,1788 (Lt/seg)) y presión del sistema ((10.000 (psi) Es la presión máxima, pero se trabajará con 200 bar (psi) que es la potencia de trabajo del cilindro de 400 ton), se calcula la potencia requerida que el motor va a transmitir a la bomba para el accionamiento del sistema hidráulico de la siguiente forma:

$$HP = (Q * Pb) / 1,714 / \rho$$

Donde;

HP: Potencia (no se usan unidades 1,714 es un factor de conversión)

Q: Caudal de la bomba en GPM

Pb: Presión de la bomba

ρ : Eficiencia de la bomba

Para determinar la eficacia de la bomba se tiene en consideración la Tabla 2-3

Druck - Pressure		Eingangsdruck Inlet pressure [bar]	η_{VN} [%]	Drehzahl [U/min] Speed [rev/min]			Temperatur Temperature [°C]	Viskosität Viscosity [mm ² /s]	Filtration Filtration [µm]
Pn [bar]	Pmax [bar]			n _n	n _{min}	n _{max}			
250	280	min. -0,3 max. 1,5	88	1500	1000	4500	-15 ... +80	12 ... 2000	20
			89						
			90		900	4000			
			91						
			92		800	3500			
			93						
			93,6		600	3000			
			94						
94,5	500	2500							
235			250	94,5	empfohlen recommended 0 ... +60	empfohlen recommended 25 ... 200			
200	220	95							
160	180	95,5	2000						
150	170	96							
140	160	97							

Fuente: Losi Getriebe-Steuerungen-Hydraulik GmbH

Tabla 2-3

$$Q = 1,1788 \left(\frac{lt}{seg} \right) \cdot \frac{15,8503 (Gpm)}{1 \left(\frac{lt}{seg} \right)} = 18,68 (Gpm)$$

$$HP = \frac{18,68 (Gpm) \cdot 2,9 (psi)}{1,714} = 33(HP) = 25 (Kw)$$

Tipo de construcción	Bomba de paletas precomandada, variable													
Tipo	PV7													
Tipo de sujeción	Brida de 4 agujeros (según VMDA 24560 parte 1 y ISO 3019/2)													
Conexiones de tubería	Rosca para tubos o conex. por brida SAE (en función del tam. const.)													
Posición de montaje	A elección, preferentemente horizontal (ver páginas 28 y 29)													
Carga de ejes	No se pueden aplicar fuerzas radiales ni axiales													
Sentido de rotación	Hacia la derecha (mirando hacia el extremo de eje)													
Velocidad de rotación	n	min^{-1}												
		900 hasta 1800												
Tamaño constructivo	TC													
		10		16		25		40		63		100		
Tamaño nominal	V_g	cm^3												
		14	20	20	30	30	45	45	71	71	94	118	150	
Potencia del accionamiento ¹⁾	$P_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}}$	kW												
		6,3	5,8	8,5	6,8	13,7	10,2	20,5	16,5	33	20,9	51,5	33	
Par admisible del accionamiento	$T_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}}$	Nm												
		90		140		180		280		440		680		
Caudal máximo ²⁾	q_v	l/min												
		21	29	29	43,5	43,5	66	66	104	108	136	171	218	
Caudal de fuga en la carrera nula (a presión de servicio salida = $p_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}}$)	q_{vL}	l/min												
		2,7	1,9	4	2,5	5,3	3,2	6,5	4	8	5,3	11	7,3	
Presión de servicio, absoluta														
- entrada	$p_{\text{min-m}\acute{\text{a}}\text{x}}$	bar												
		0,8 hasta 2,5												
- salida ³⁾	$p_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}}$	bar												
		160	100	160	80	160	80	160	80	160	80	160	80	
- salida de fugas	$p_{\text{m}\acute{\text{a}}\text{x}}$	bar												
		2												

Fuente: Catalogo de bombas disponible www.Bosch.com

Tabla 2-4

A continuación, se selecciona la bomba, teniendo en cuenta la potencia de accionamiento requerida (33 (HP) o 25 (KW)) calculados anteriormente.

Seleccionamos teniendo en cuenta la potencia de accionamiento requerida:

bomba PV7 BOSCH de paletas, con una potencia de accionamiento de 33 (KW), como se muestra en la anterior imagen;

Este proceso permite seleccionar el motor eléctrico para el funcionamiento del sistema hidráulico, para ello se tiene en consideración que la eficiencia eléctrica del motor respecto a lo establecido por la UPME, para motores trifásicos, se encuentra en un rango de 0,6-0,9. Para este caso se toma el valor correspondiente de 0,8 que se lo reemplaza en la siguiente ecuación;

$$Potencia\ Motor\ el\acute{e}ctrico = \frac{Potencia\ bomba}{Eficiencia\ de\ bomba}$$

$$Potencia\ motor\ el\acute{e}ctrico = \frac{34\ (HP)}{0,8} = 42,5\ (HP)$$

Se selecciona un motor trifásico de 40 Hp de jaula de ardilla, marca Siemens, como se muestra en la siguiente imagen;

A screenshot of a product page for a Siemens motor. On the left is a 3D rendering of a grey, cylindrical motor with a cooling fan and a terminal box on top. On the right, the product title is "MOTOR SIEMENS 1LE0 T 40 HP 6 P". Below the title, it says "Motor Eléctrico Trifásico", "40 HP", and "978 RPM". There is a quantity selector set to "1" and a blue "COMPRAR AHORA" button with a shopping cart icon. Below that are social media sharing icons for Facebook, Twitter, and Pinterest. A blue "SOLICITAR COTIZACIÓN" button is also present. At the bottom, it says "No hay productos añadidos todavía".

MOTOR SIEMENS 1LE0 T 40 HP 6 P
Motor Eléctrico Trifásico
40 HP
978 RPM
Cantidad
1 [COMPRAR AHORA](#)
Compartir [f](#) [t](#) [p](#)
[SOLICITAR COTIZACIÓN](#)
No hay productos añadidos todavía

Fuente: Motores Siemens

Figura 2-31

2.6.2.8 Cálculo del depósito de aceite

El volumen del depósito hidráulico debe ser de 2 a 3 veces el caudal de la bomba hidráulica como se muestra a continuación;

MODELO		UG-V-M				
		30	40	60	100	160
Pot. Máx. Motor	HP	2	3	5,5	12,5	20
	kW	1,5	2,2	4	9,20	15
Pot. Min. Motor	HP	1	1,5	3	7,5	12,5
	kW	0,75	1,1	2,2	5,5	9,2
Volumen Nominal de Aceite	litros	33	41	76	121	173
Dimensiones	A mm	410	500	720	760	800
	B mm	365	405	435	555	615
	C mm	380	420	470	490	570
	D mm	360	450	670	710	750
	E mm	330	370	420	440	520
	F mm	280	350	445	490	530
Tamaño Válvulas	ISO	3	3	3	3/5	3/5

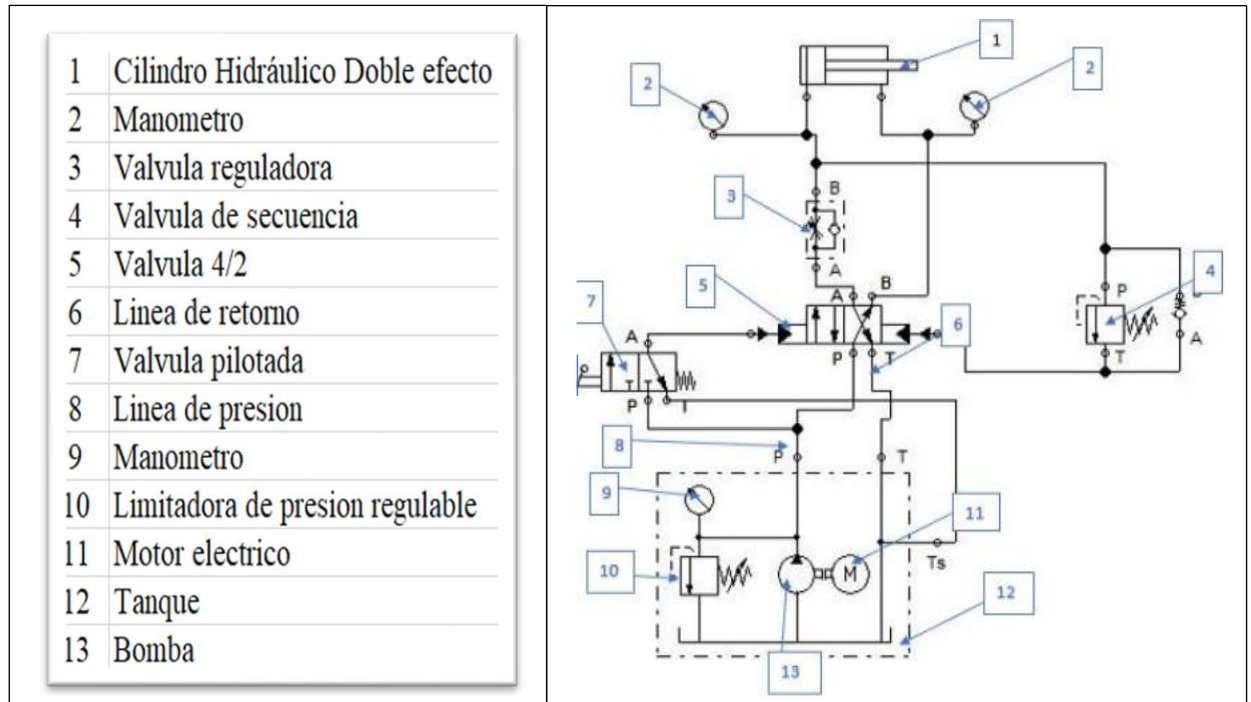
Fuente: Distritec; catálogo unidades hidráulicas

Tabla 2-5

Se seleccionó un depósito UG-V-M con dimensiones 800 (mm) * 615 (mm) * 570 (mm) exteriores.

2.6.2.9. Sistema de control hidráulico

En la figura 2-32, se puede observar el esquema hidráulico para el funcionamiento.



Fuente: automation studio

Figura 2-32

2.7 CALCULOS ESTRUCTURALES

Los cálculos estructurales del diseño de la máquina, comienzan con el análisis de la fuerza 40 (TF) que transmite el sistema hidráulico a los diferentes componentes estructurales con el fin de determinar los elementos óptimos para el sistema.

Se tiene en consideración la selección de los perfiles estructurales de vigas, columnas, barras, cálculo del diámetro de los pasadores, cálculo de pernos y soldadura que componen la máquina. Con el fin de garantizar que la selección del material para el desarrollo de la estructura sea adecuada, se establece según el libro de Robert Mott que

el factor de seguridad debe estar por encima de 1,5 para evitar la falla del elemento, en el modelo general se estableció un factor de seguridad de 2.

Los materiales para los cálculos son aceros **A-572 grado 50**, con **límite de fluencia de 345 (Mpa)** y resistencia a la tracción de **450 (Mpa)**.

Para los pasadores barras de acero **AISI 1045** estirado en frío, cuyas propiedades son: límite de **fluencia (Sy) 310 (Mpa)** y resistencia la tracción (**Su) 656 (Mpa)**.

Para más información de los materiales se pueden consultar anexos al final de este informe.

Para determinar el esfuerzo admisible de cada elemento utilizamos la siguiente formula extraída del libro de diseño de elementos de máquinas de Robert Mott;

$$\text{Esfuerzo admisible} = \frac{\sigma \text{ Fluencia}}{\text{Factor de seguridad}}$$

Donde;

σ Admisible: Esfuerzo máximo que soporta el material

σ Fluencia: Limite de fluencia del material

Factor seguridad en diseño: 2

Para el acero **A 572 Gr 50** (Planchas y perfiles) se establece que:

$$\sigma \text{ Admisible} = \frac{345(\text{MPa})}{2} = 172,5 (\text{MPa})$$

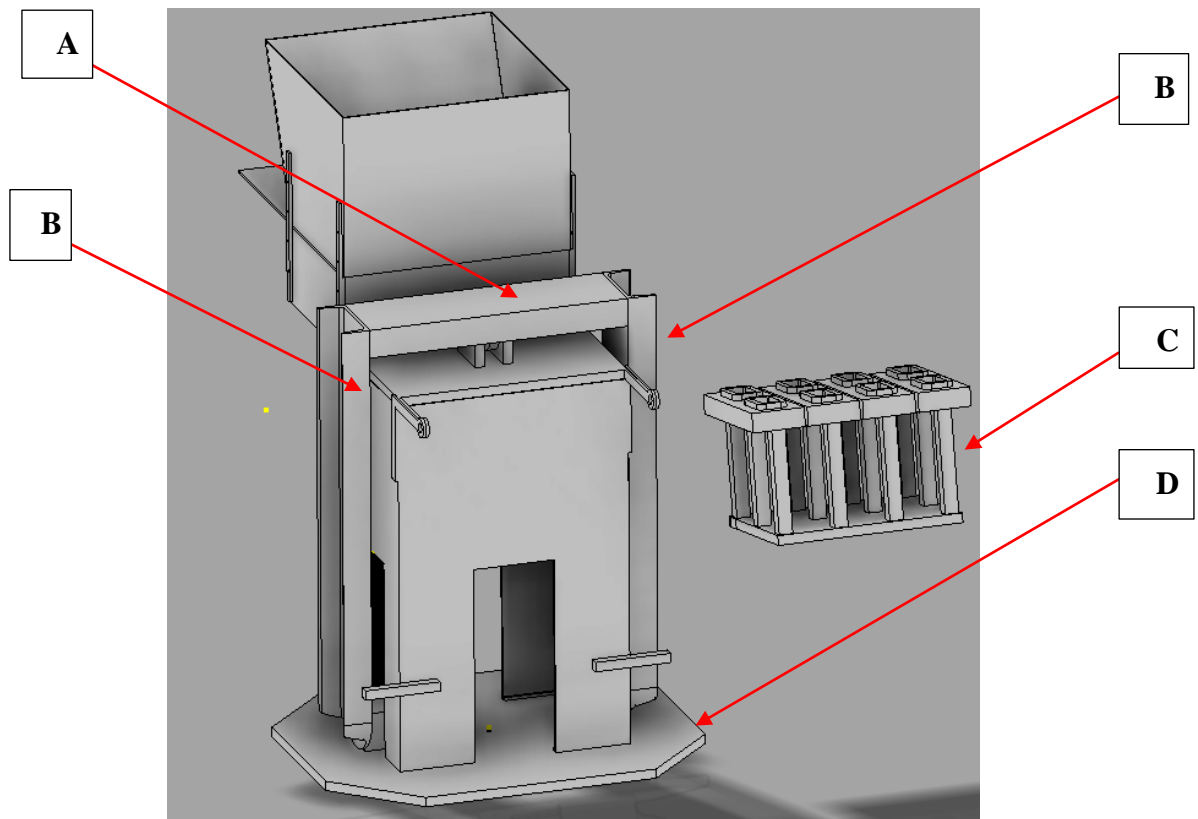
Para el acero **AISI 1045** (barras de pasadores) se establece que:

$$\sigma \text{ Admisible} = \frac{310(\text{MPa})}{2} = 155 (\text{MPa})$$

Con el fin de escoger los correctos perfiles y materiales estructurales capaces de soportar los esfuerzos a los que la maquina compactadora estará sometida, se establece que el **esfuerzo admisible** para los cálculos estructurales es **172,5 (Mpa)**.

Para realizar el análisis de los elementos estructurales que mayor esfuerzo presentan a causa de la carga transmitida por el cilindro hidráulico de **40 (Toneladas Fuerza)** se seleccionan los elementos críticos que son los más representativos en el comportamiento mecánico, con esto es posible determinar un tamaño aproximado de los perfiles tomados como referencia para la sección transversal de nuestros cálculos.

Es importante destacar que la estructura de la máquina (placa base), estará fija al piso con una base de concreto. Ésta, al estar sujeta con pernos, permite la sujeción de los pasadores que intervienen en el acople con la estructura en U.

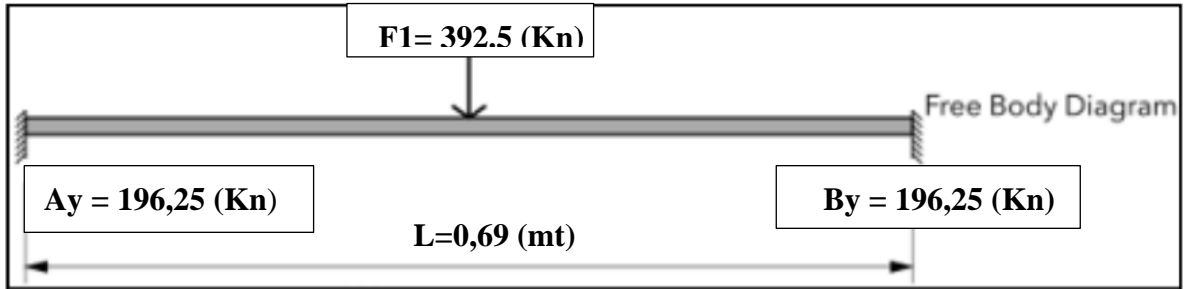


Fuente: Elaboración propia

Figura 2-33

2.7.1. Cálculo de la viga (A):

Este procedimiento se realiza partiendo desde que el elemento (A) esta empotrado en los dos extremos, a continuación, se presenta los diagramas de cuerpo libre que reflejan el comportamiento de las diferentes reacciones



Fuente: A-beam lite

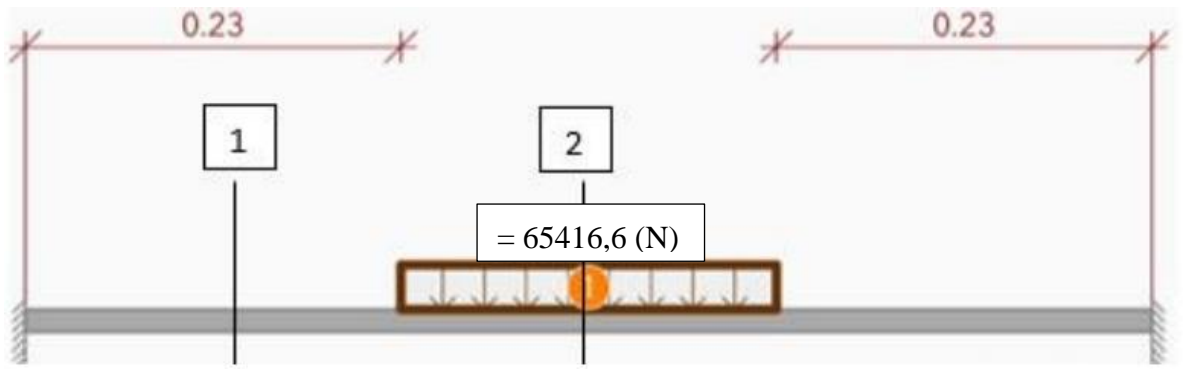
Figura 2-34

El elemento de análisis es simétrico, por lo tanto, las reacciones en sus apoyos son iguales.

$$\begin{aligned} \sum Fy = 0 & \longrightarrow F1 - Ay - By = 0 \\ 392,5 \text{ (Kn)} * 0,345 \text{ (mt)} - By * 0,69 \text{ (mt)} &= 0 \\ By &= 196,25 \text{ (Kn)} \end{aligned}$$

Reemplazando se tiene que:

$$392,5 \left(\frac{\text{Kn}}{\text{mt}} \right) - 196,25 \left(\frac{\text{Kn}}{\text{mt}} \right) = Ay \quad \rightarrow \quad Ay = 196,25 \left(\frac{\text{Kn}}{\text{mt}} \right)$$



Fuente: A-beam lite

Figura 2-35

Un elemento estáticamente indeterminado puede resolverse mediante el método de doble integración.

Sección 1: ($0 \leq x \leq 0,345 \text{ m}$)

$$EIY'' = 392500 \text{ N } X - M_A$$

$$EIY' = 196250 \text{ N } X^2 - M_A X + C_1$$

$$EIY = 65416,6 \text{ N } X^3 - (M_A X^2)/2 + C_1 X + C_2$$

Para el análisis de la sección 1 se tiene en cuenta que;

$$\text{SI } x=0 \rightarrow \theta = 0. \text{ Entonces } C_1=0$$

$$\text{SI } x=0 \rightarrow \gamma = 0. \text{ Entonces } C_2=0$$

Sección 2: ($0 \leq X \leq 0,69 \text{ m}$)

$$EIY'' = 196250 \text{ N } * X - M_B - 65416,6 \text{ N } * (X - 0,23 \text{ m})^2/2$$

$$EIY' = 98125 \text{ N } * X^2 - M_B X - 65416,6 \text{ N } * \frac{(X - 0,23 \text{ m})^3}{6} + C_1$$

$$EIY = 32708,3 \text{ N } * X^3 - (M_B X^2) / 2 - \frac{65416,6 \text{ N} * (X - 0,23 \text{ m})^4}{24} + C_1 X +$$

C_2

En la sección 2 se tiene en consideración que cuando;

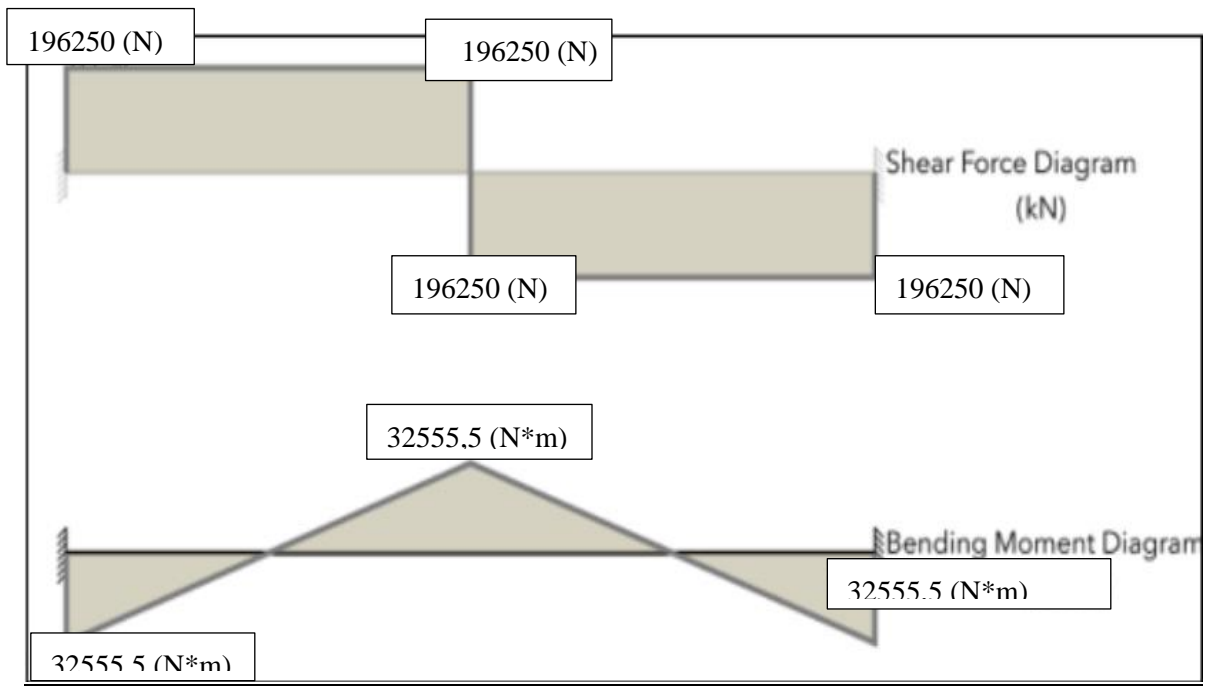
$$x = 0,345 \text{ m}; dy/dx \text{ es } 0$$

Para hallar el momento se reemplaza en la siguiente ecuación;

$$98125 \text{ N } * 0,345^2 \text{ m} - M * (0,345) * \frac{65416,6 \text{ N } * (X - 0,23 \text{ m})^3}{6} = 0$$

$$\mathbf{M = 32555,5 \text{ (N/mt)}}$$

El momento máximo ocurre cuando $x=0,345 \text{ m}$ y tiene un valor de $32555,5 \text{ Nm}$. A continuación, se presenta una imagen del esfuerzo cortante y el momento flector.



Fuente: A-beam lite

Figura 2-36

Cálculo de flexión máxima de la viga.

$$\text{SI } x = 0 \rightarrow \theta = 0. \text{ Entonces } C1=0$$

$$\text{SI } x = 0 \rightarrow \gamma = 0. \text{ Entonces } C2=0$$

$$Y = \frac{32708,3(N) \cdot X^3 - \frac{MBX^2}{2} - \frac{(65416,6(N)) \cdot (X - 0,23(m))^4}{24}}{2,1 * 10^{10} \left(\frac{Kgf}{m}\right) \cdot 9,81 \left(\frac{m}{s^2}\right) - (2 \cdot 10^{-7} (m))^4} = -0,032 (mm)$$

Para este tipo de procedimientos se recomienda hacer un análisis que permita evaluar la deflexión máxima del elemento, con el fin de evaluar su resistencia frente a los esfuerzos a los que está sometido. Según la ACI (American concret Institute) se plantea la deflexión máxima admisible máxima de la siguiente forma:

$$L / 360 = 690 (mm) / 360 = 1,91(mm)$$

$$0,032 (mm) \leq 1,91 (mm)$$

El anterior análisis permite establecer que la deflexión máxima para una viga es 1,91 (mm) según lo establecido por la ACI, sin embargo, se tiene en consideración el resultado analítico garantizando la efectividad del perfil seleccionado con una deflexión de 0,032 (mm). Luego de definir el esfuerzo permisible del material de 172,5 (Mpa) y el momento máximo de flexión (32555,5 N/m), es posible hallar el módulo de sección (S) y por consiguiente el perfil que soporta las diferentes condiciones anteriormente calculadas;

$$S \text{ requerido} = M \text{ max} / \sigma \text{ permisible}$$

Donde:

S requerido = S mínimo requerido

M Max = Momento máximo de flexión

σ Permisible = Esfuerzo permisible

$$S \text{ requerido} = \frac{32555,5 \text{ (N / m)}}{172500000 \text{ (N / m}^2\text{)}} = 1,88 * 10^{-4} \text{ (m}^3\text{)}$$

$$1,7 \times 10^{-4} \text{ (m}^3\text{)} \times 1.000.000 \text{ (cm}^3\text{)} / 1 \text{ (m}^3\text{)} = \mathbf{1,88 \text{ (cm}^3\text{)}}$$

El S mínimo requerido es de 188,8 (cm³), esto permite elegir en catálogos el perfil que más se ajusta según nuestro requerimiento.

DESIGNACION		DIMENSIONES							AREA A/100 mm ²	PESO Kg/m	EJE X-X			EJE Y-Y			J/10 ⁴ mm ⁴	C _w /10 ⁶ mm ³	\bar{x} mm	X _o mm
		D mm	b mm	t _w mm	t _f mm	r ₁ mm	r ₂ mm	h mm			I _x /10 ⁴ mm ⁴	S _x /10 ³ mm ³	i _x mm	I _y /10 ⁴ mm ⁴	S _y /10 ³ mm ³	i _y mm				
U 30 x 15		30	15	4	4.5	4.5	2	12	2.21	1.74	2.53	1.69	10.7	0.38	0.39	4.2	0.165	0.408	5.2	7.4
U 40 x 20		40	20	5	5.5	5	2.5	18	3.66	2.87	7.58	3.79	14.4	1.14	0.86	5.6	0.363	2.12	6.7	10.1
U 40 x 35		40	35	5	7	7	3.5	11	6.21	4.87	14.1	7.05	15.0	6.68	3.08	10.4	1.00	11.9	13.3	23.2
U 50 x 25		50	25	5	6	6	3	25	4.92	3.86	16.8	6.73	18.5	2.49	1.48	7.1	0.878	8.25	8.1	13.4
U 50 x 38		50	38	5	7	7	3.5	20	7.12	5.59	26.4	10.6	19.2	9.12	3.75	11.3	1.12	27.8	13.7	24.7
U 60 x 30		60	30	6	6	6	3	35	6.46	5.07	31.6	10.5	22.1	4.51	2.16	8.4	0.939	21.9	9.1	15.0
U 65 x 42		65	42	5.5	7.5	7.5	4	33	9.03	7.09	57.5	17.7	25.2	14.1	5.07	12.5	1.61	77.3	14.2	26.0
U 70 x 40		70	40	6	6.5	6.5	3.25	42	8.62	6.77	61.8	17.6	26.8	13.0	4.85	12.2		13.2		
UPN 80		80	45	6	8	8	4	46	11.0	8.64	106	26.5	31.0	19.4	6.36	13.3	2.16	168	14.5	26.7
UPN 100		100	50	6	8.5	8.5	4.5	64	13.5	10.6	206	41.2	39.1	29.3	8.49	14.7	2.81	414	15.5	29.3
UPN 120		120	55	7	9	9	4.5	82	17.0	13.4	364	60.7	46.2	43.2	11.1	15.9	4.15	900	16.0	30.3
UPN 140		140	60	7	10	10	5	98	20.4	16.0	605	86.4	54.5	62.7	14.8	17.5	5.68	1,800	17.5	33.7
UPN 160		160	65	7.5	10.5	10.5	5.5	115	24.0	18.8	925	116	62.1	85.3	18.3	18.9	7.39	3,260	18.4	35.6
UPN 180		180	70	8	11	11	5.5	133	28.0	22.0	1,350	150	69.5	114	22.4	20.2	9.55	5,570	19.2	37.5
UPN 200		200	75	8.5	11.5	11.5	6	151	32.2	25.3	1,910	191	77.0	148	27.0	21.4	11.9	9,070	20.1	39.4
UPN 220		220	80	9	12.5	12.5	6.5	167	37.4	29.4	2,690	245	84.8	197	33.6	23.0	16.0	14,600	21.4	42.0

Fuente: Catalogo Instituto Chileno del acero (ICHA)

Figura 2-37

Por lo tanto, se establece un perfil UPN 200 para la viga. Por uniformidad del diseño, la estructura en U tendrá el mismo perfil, sin embargo, se realizarán cálculos de verificación de la columna crítica para evaluar su comportamiento frente a las cargas aplicadas.

2.7.2 Cálculo de columnas (B):

Para este procedimiento se utiliza el método LRFD tomado del libro de diseño de estructuras en acero de Mc Cormac que permite verificar el comportamiento de los perfiles sometidos a tensión.

$$U = 1,4 * D$$

$$U = 1,2 * D + 1,6 * L + 0,5 (Lr \text{ o } S \text{ o } R)$$

Donde;

D= Carga muerta

L= Carga viva

Lr= Cargas vivas en el techo

S= Cargas vivas de nieve

R= Cargas de lluvia o hielo

Se estableció que el cilindro hidráulico genera una carga de 40 toneladas fuerza (TF), sin embargo, al ser un sistema en U, permite distribuir la carga de forma uniforme a través de las dos columnas que componen el sistema para que estas sean transmitidas por las mismas;

$$(40 \text{ (Ton)} \times 1000(\text{kg})) / 1(\text{Ton}) \times 9,8(\text{m/s}^2) = 392000(\text{N}) / 2 = 196000 \text{ (N)}$$

Por lo tanto, la **carga viva** corresponde a **196000(N)** o 196 (KN)

Para determinar el valor de la carga muerta se tiene en cuenta el área de sección transversal del perfil seleccionado (UPN 200) y el peso de los componentes estructurales del sistema, como se muestra a continuación.

$$\delta = m / v$$

Donde;

δ = Densidad del material (7.850 Kg/m³)

M= Masa

V= Volumen

El área del perfil seleccionado es 0,00322(m²), con una longitud de 1,159 (m), y se evalúa de la siguiente forma;

$$V = 0,00322 (m^2) \times 1,159 (m) = 0,003732 (m^3)$$

Despejando se halla la masa de la columna;

$$M = \delta * v$$

$$M = 7.850(kg/m^3) * 0,003732(m^3) = 29,29 (kg)$$

El peso del perfil UPN 200 utilizado para columnas es de 30 (kg) cada uno.

D (carga muerta) = 30 (kg)

Una vez establecidas las cargas muertas y vivas que tiene el sistema, se halla la carga última como se muestra la siguiente ecuación;

$$U = 1,2 (30 (Kg)) + 1,6 (19600 (Kg)) = 31.4 (Kg).$$

Después de determinar la carga última que soportará la estructura se calcula la resistencia del diseño y se evalúa de la siguiente forma;

$$Rd = \phi * Ag * \sigma_y$$

Donde;

Rd: Resistencia del diseño

ϕ : Factor de resistencia (0,85)

Ag: Área del perfil

σ_y : Esfuerzo de fluencia del material

$$\mathbf{Rd} = 0,85 \times 3732 \text{ (mm}^2\text{)} \times 345 \text{ (N/mm}^2\text{)} = \mathbf{1094,41 \text{ (KN)} \text{ o } \mathbf{111597 \text{ (kg)}}$$

Según el libro de diseño de estructuras de Mc Cormac se establece que la resistencia al diseño debe ser mayor que la carga última, como parámetro que garantiza que el perfil seleccionado no presentará fallas debido a las cargas a las que está sometido como se muestra a continuación;

$$\mathbf{Rd} > \mathbf{U}, \text{ por lo tanto: } 111597 \text{ (Kg)} > 31400 \text{ (Kg)}.$$

2.7.3 Cálculo de las barras de la placa móvil (C):

Para determinar las dimensiones adecuadas capaz de resistir la carga suministrada por el cilindro hidráulico de 40 Toneladas Fuerza (TF) en las columnas (C) se estableció anteriormente que cada ladrillo requiere 9 (TF) mínima para la compactación de la mezcla. Con el fin de elegir el perfil con el área de sección transversal correcto se procede de la siguiente forma;

$$\sigma = F / A$$

σ : Esfuerzo permisible

F: Fuerza de compresión

A: Área transversal del perfil

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

$$A = \frac{89.676 \text{ N}}{172,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 504,20 \text{ mm}^2 * \frac{0,01 \text{ cm}^2}{1 \text{ mm}^2} = 5,04 \text{ cm}^2$$

Determinamos una barra maciza de sección transversal de 5,04 (cm²) desde un catálogo comercial de perfiles estructurales Se selecciono un perfil cuadrado macizo de lado 25 (mm) con un radio de giro de 0,72 (cm) para las barras(C).

Lado, e	Masa (1)	Sección	Tolerancias (\pm) (2)	
			Lado, e	Dif., e / caras
mm	kg/m	cm ²	mm	mm
8	0,502	0,64	0,5	0,90
10	0,785	1,00	0,5	0,90
12	1,12	1,44	0,6	1,10
14	1,54	1,96	0,6	1,10
16	2,01	2,56	0,6	1,10
18	2,54	3,24	0,6	1,10
25	4,91	6,25	0,7	1,25

Fuente: www.gerdau.com

Figura 2-38

A continuación, se muestra una imagen la cual muestra el factor de seguridad ($K = 0,5$), al estar empotrado en sus dos extremos).

Tabla 5.1 Valores aproximados del factor de longitud efectiva, K .						
Las líneas punteadas muestran la forma pandeada de la columna	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Valor K teórico	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Valores recomendados de diseño cuando las condiciones reales son aproximadas	0.65	0.80	1.2	1.0	2.10	2.0
Símbolos para las condiciones de extremo	Rotación y traslación impedidas Rotación libre y traslación impedida Rotación impedida y traslación libre Rotación y traslación libres					

Fuente: McCormac. En diseño de estructuras de acero. 2.012.

Figura 2-39

Con estos parámetros anteriormente establecidos es posible determinar si la columna es larga o corta según la siguiente ecuación; AISI 1045

Relación de esbeltez:

$$\gamma = (Kl / \pi r) \times \sqrt{\frac{\sigma_y}{E}}$$

Donde;

l = Longitud de columna

K = Longitud efectiva

r = Radio de giro 0,72(cm)

σ_y = Esfuerzo de fluencia del material

E = Modulo de elasticidad del material 199000 (Mpa)

$$\gamma = \frac{0,5 * 294(mm)}{\pi * 7,2(mm)} \sqrt{\frac{345(Mpa)}{199000(Mpa)}} = 0,27$$

$$0,27 \leq 1,5$$

Se establece según el libro de elementos de máquinas de Robert Mott que sí;

$$\gamma = \leq 1,5$$

se considera una columna corta. Luego calculamos el esfuerzo crítico de la columna con la siguiente ecuación;

$$\sigma_{cr} = (0,658^{0,27^2}) * \sigma_y$$

$$\sigma_{cr} = ((0,658^{0,27^2}) * 345 (Mpa) = 334 (Mpa)$$

Calculo la resistencia de diseño

$$Rd = \phi * Ag * \sigma_{cr}$$

Dónde:

Rd : Resistencia de diseño

ϕ : Factor de resistencia 0,85

σ_{cr} : Esfuerzo crítico

A_g = Área de Gross (6,25)

$$R_d = 0,85 * 6,25(\text{cm}^2) * 33400 (\text{N/cm}^2) = 177.437 (N)$$

$$89.676(N) < 177.437 (N)$$

Por lo tanto las barras soportaran las cargas a las cuales estarán sometidas, en este caso no presenta fallas y son aptas para el diseño.

Como un segundo método de comprobación se emplea el chequeo por esbeltez.

$$KL / r \leq 200$$

Donde;

L= Longitud de columna

K= Factor de longitud efectiva

r= Radio de giro mínimo

$$Esbeltez = \frac{0,5 * 29,4(\text{cm})}{0,72(\text{cm})} = 20,41$$

$$20,41 \leq 200$$

2.7.4 Cálculo de placa móvil y placa base (D):

Para el cálculo de espesor de placa capaz de transmitir la carga proporcionada por el cilindro hidráulico sin presentar falla se desarrolla teniendo en cuenta la guía metodológica del libro de diseño de estructuras en acero por el método LRFD.

Para el cálculo el espesor de la placa capaz de transmitir la carga proporcionada por el cilindro hidráulico sin presentar falla se desarrolla teniendo en cuenta la guía metodológica del libro Diseño de Estructuras en Acero por el método LRFD como se muestra a continuación;

Peso total de la estructura de acero= 1.000 kg

Carga del cilindro hidráulico = 40.000 kg

Se determina la carga total que soportara la platina;

$$Carga\ Total = 1.000\ Kg + 40.000\ Kg = 41.000\ Kg$$

Para el anclaje de la platina se tiene en cuenta que el piso debe ser una fundición en concreto. Se establece el área requerida para la placa base como se muestra a continuación:

$$A1 = Pu / (\phi_c * (0,85 * F'c))$$

Donde;

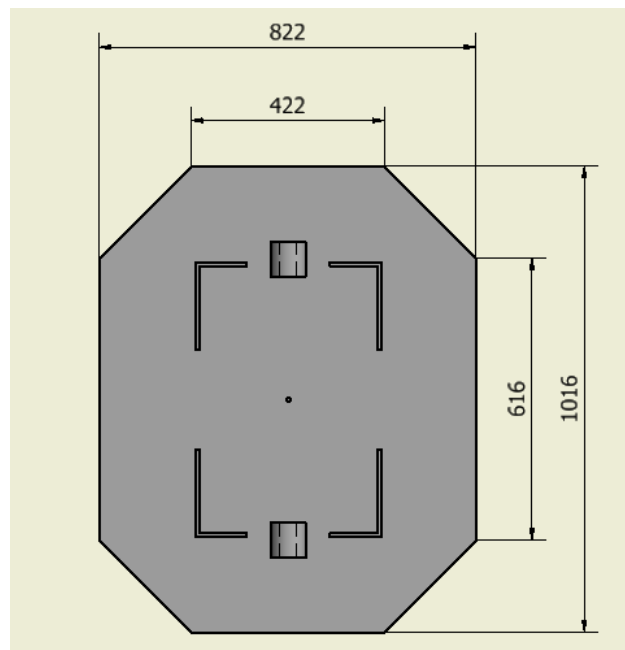
A1= Área requerida de la placa

Pu= Carga total

ϕ_c = Factor por aplastamiento del concreto (0,6)

F'c= Resistencia a la compresión del concreto (3 Ksi)

$$A1 = \frac{41000\ (kgF) \cdot \frac{2,20462\ (LbF)}{1\ (Kg)}}{0,6 * (0,85 * 3000\ (\frac{LbF}{in^2}))} = 57,64\ (in^2)$$



Fuente: Elaboración propia Autodesk Inventor

Figura 2-40

Según lo estipulado en el diseño modelado, las dimensiones de la placa base son:

822 (mm) * 1016 (mm) o, transformado a pulgadas: 40 (in) * 32.4 (in)

Se evalúa de la siguiente forma;

$$A2 = 32,4 (in) * 40 (in) = 1280 (in2)$$

Se realiza el proceso de optimización de la placa, con el fin de hallar las dimensiones del concreto para el anclaje;

$$\Delta = ((0,95 * d) - (0,8 * bf)) / 2$$

Donde;

Δ = Factor de espesor para el concreto

d= Base del perfil

bf= Altura del perfil

$$\Delta = ((0,95 * 40 (in) - 0,8 * 32,4 (in)) / 2 = 6 (in)$$

Altura del concreto;

$$N = \sqrt{A1 + \Delta}$$

Donde;

N= Altura del concreto

A1= Área de la lámina base

Δ = Factor de espesor para el concreto

$$N = (\sqrt{57,64 (in2)} + 6 (in)) = 8 (in)$$

Base del concreto;

$$B = A1 / N$$

Donde;

B= Base del concreto

A1= Área de la lámina base

N= Altura del concreto

$$B = 57,64 (in2) / 8 (in) = 7,25 (in)$$

Espesor requerido de la placa;

$$m = (0,95 * d - N) / 2$$

Donde;

m= Longitud libre del perfil a la lámina base

N= Altura del concreto

d= Base del perfil

$$m = (0,95 * 32,4 (in) - 13,26 (in)) / 2 = 8,76 (in)$$

Carga máxima que soporta la placa;

$$\phi cFu = 0,6 * (0,85 * F'c * A3)$$

Donde;

ϕcFu = Carga máxima que soporta la lámina

A3= Área del concreto calculada

F'c= Factor de resistencia del concreto

$$\phi cFu = 0,6 * (0,85 * 6 * 57,7 (in^2)) = 167 (kip) = 75 (TF)$$

Por lo tanto, tenemos las medidas del área y del espesor del concreto y se confirma que las láminas a utilizar no fallaran. Aun así, se realizará un análisis de esfuerzos más adelante, en el software Inventor de Autodesk, a través del análisis de elementos finitos.

Lámina ASTM-A572 G50				
CALIBRE mm	FORMATO 4x8	PESO KG	FORMATO 8x20	PESO KG
6	1,22 x 2,44	140,21	2,44 x 6,1	701,04
8	1,22 x 2,44	186,94	2,44 x 6,1	934,72
9	1,22 x 2,44	210,31	2,44 x 6,1	1051,55
12	1,22 x 2,44	280,41	2,44 x 6,1	1402,07
15	1,22 x 2,44	350,52	2,44 x 6,1	1752,59
19	1,22 x 2,44	443,99	2,44 x 6,1	2219,95
25	1,22 x 2,44	584,20	2,44 x 6,1	2920,99
32	1,22 x 2,44	747,77	2,44 x 6,1	3738,86
38	1,22 x 2,44	887,98	2,44 x 6,1	4439,90

Fuente: Instituto Chileno del acero, ICHA

Figura 2-41

El cálculo de pernos se desarrolla teniendo en cuenta que van a ser elementos encargados de sujetar la estructura. El cilindro hidráulico genera una fuerza de compactación de 40000 Kgf, teniendo en cuenta la distribución de cargas se divide entre el número de elementos totales que intervienen (14) otorgando a cada perno una carga de 2857 Kgf. A continuación, se desarrolla el cálculo y selección de elementos de ajuste; Para este caso se toma un perno de 1 (in) SAE grado 4, con una resistencia de prueba mínima de 65.000 psi, limite a la fluencia de 100.000 psi y una resistencia a la tensión de 115.000 psi como se indica en la imagen siguiente;

Especificaciones y resistencias de la SAE para pernos de acero					
Número de grado de la SAE	Intervalo del tamaño del diám. ext. (in)	Resistencia de prueba mínima (kpsi)	Resistencia a la fluencia mínima (kpsi)	Resistencia a la tensión mínima (kpsi)	Material
1	0.25-1.5	33	36	60	bajo o medio carbono
2	0.25-0.75	55	57	74	bajo o medio carbono
2	0.875-1.5	33	36	60	bajo o medio carbono
4	0.25-1.5	65	100	115	medio carbono, forjado en frío
5	0.25-1.0	85	92	120	medio carbono, Q&T*
5	1.125-1.5	74	81	105	medio carbono, Q&T
5.2	0.25-1.0	85	92	120	martensita al bajo carbono, Q&T
7	0.25-1.5	105	115	133	aleación al medio carbono, Q&T
8	0.25-1.5	120	130	150	aleación al medio carbono, Q&T
8.2	0.25-1.0	120	130	150	martensita al bajo carbono, Q&T

Fuente: Robert L. Mott. Diseño de elementos de máquina 2.006.

Figura 2-42

Donde;

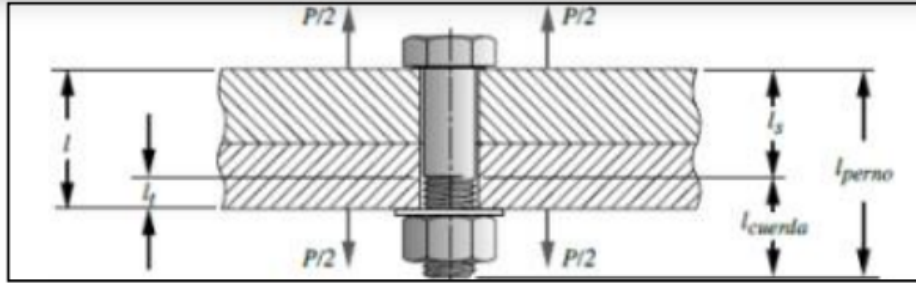
L= Longitud de la unión

Ls= Longitud del vástago sin rosca

Lc= Longitud roscada

Lt= Longitud de la roscada dentro de la zona de sujeción

Lp= Longitud del perno



Fuente: Fuente: Robert L. Mott. Diseño de elementos de Máquina.

Donde;

L= Longitud de la unión

Ls= Longitud del vástago sin rosca

Lc= Longitud roscada

Lt= Longitud de la rosca dentro de la zona de sujeción

Lp= Longitud del perno

Imagen 57. Longitud de sujeción

Información de instalación	Símbolo	U	Diámetro nominal de la varilla						
			3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1-1/4
Diámetro nominal de la broca	d_o	pulg.	7/16	9/16	3/4	7/8	1	1-1/8	1-3/8
Empotramiento efectivo	Mínimo	$h_{ef,min}$	pulg. 2-3/8 (60)	2-3/4 (70)	3-1/8 (79)	3-1/2 (89)	3-1/2 (89)	4 (102)	5 (127)
	Máximo	$h_{ef,max}$	pulg. 7-1/2 (191)	10 (254)	12-1/2 (318)	15 (381)	17-1/2 (445)	20 (508)	25 (635)
Diámetro de la fijación del dispositivo	a través de la placa		pulg. 1/2 (12.7)	5/8 (15.9)	13/16' (20.6')	15/16' (23.8')	1-1/8' (28.6')	1-1/4' (31.8')	1-1/2' (38.1')
	directo en el concreto		pulg. 7/16 (11.1)	9/16 (14.3)	11/16 (17.5)	13/16 (20.6)	15/16 (23.8)	1-1/8 (28.6)	1-3/8 (34.9)
Torque de instalación	T_{inst}	ft-lb (Nm)	15 (20)	30 (40)	60 (80)	100 (136)	125 (169)	150 (203)	200 (271)
Espesor mínimo del elemento de concreto	h_{min}	pulg. (mm)	$h_{ef} + 1-1/4$ ($h_{ef} + 30$)		$h_{ef} + 2d_o$				
Distancia al borde mínima	c_{min}	pulg. (mm)	1-7/8 (48)	2-1/2 (64)	3-1/8 (79)	3-3/4 (95)	4-3/8 (111)	5 (127)	6-1/4 (159)
Espacido mínimo	s_{min}	pulg. (mm)	1-7/8 (48)	2-1/2 (64)	3-1/8 (79)	3-3/4 (95)	4-3/8 (111)	5 (127)	6-1/4 (159)

Figura 10 – Varillas roscadas HAS

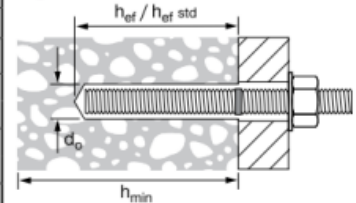


Figura 11 – Instalación con arandelas



Especificaciones de la varilla roscada de acero al carbono HAS-E

Las varillas roscadas de acero de carbono cumplen con ISO 898 clase 5.8, con una resistencia mínima a la tracción (f_t) de 72.5 ksi (500 MPa) y una resistencia mínima a la fluencia (f_y) de 58 ksi (400 MPa).

Fuente: www.Hilti.com.ar

Figura 2-43

Teniendo en cuenta la imagen anterior se establece que el empotramiento mínimo para un perno de 1 in corresponde a 4 in.

El concreto tiene una altura de 13,7 (in) como se estipulo anteriormente garantizando a satisfacción la sujeción y funcionamiento de la máquina, además se sabe que cada perno tiene una carga de 0,25 (Mpa) comparada con la que resiste el perno por catálogo (400 Mpa) permite concluir que no presentara fallas. La longitud de sujeción es de 6,5 (in), correspondiente al espesor de la zona de fijación entre la placa el cilindro hidráulico y la fundición de concreto. Una vez determinadas las condiciones a las que el perno estará sometido y siguiendo la guía metodológica según el libro de Diseño de elementos de máquinas de Robert Mott, se evalúa el procedimiento como se muestra a continuación;

$$F_i = 0,8 \times S_p \times A_t$$

Donde;

F_i = Precarga

S_p = Resistencia de prueba mínima

A_t = Área de esfuerzo a tensión

0,8= Factor de operación

$$F_i = 0,8 * 65.000 \text{ (psi)} * 0,74 \text{ in}^2 = 38480 \text{ lb}$$

Esfuerzo admisible del perno;

$$\sigma_b = F_b / A_t$$

Donde;

σ_b = Esfuerzo admisible del perno

F_b = Carga resultante para el perno

A_t = Área del esfuerzo a tensión

$$\sigma_b = 31.571 \text{ lb} / 0,6060 \text{ in}^2 = 63498,3 \text{ psi}$$

Factor de seguridad;

$$N_y = S_y \sigma_b$$

Donde;

σ_b = Esfuerzo admisible del material

N_y = Factor de seguridad

S_y = Limite de fluencia del material (perno grado 2)

$$N_y = 115.000 \text{ (psi)} / 63498,3 \text{ (psi)} = 1,81$$

El factor de seguridad de diseño de los pernos equivale a 1,81, lo que permite inferir que resisten a satisfacción las cargas a los que están sometidos sin presentar fallas.

Para mayor detalle montaje y medidas de pernos, barras, tornillos, etc. Consultar anexo.

2.7.5 Soldadura

Según el libro Diseño de estructuras de acero de Mc Cormac, por el método LRFD “la soldadura de filete no se debe diseñar con un esfuerzo mayor que el esfuerzo de diseño de los miembros adyacentes a la conexión. Si la fuerza externa aplicada al miembro (tensión o compresión) es paralela al eje de la soldadura, la resistencia de diseño de ésta, no debe exceder la resistencia de diseño axial del miembro”

La soldadura para el desarrollo de este proyecto se realiza con el estudio del elemento que mayor esfuerzo presenta (Estructura en U (1)) donde se establece el cálculo, selección y posición correcta de la soldadura, con este parámetro se aplica el mismo proceso para la fijación de láminas, columnas, y ángulos que componen la máquina compactadora en acero A572 gr 50.

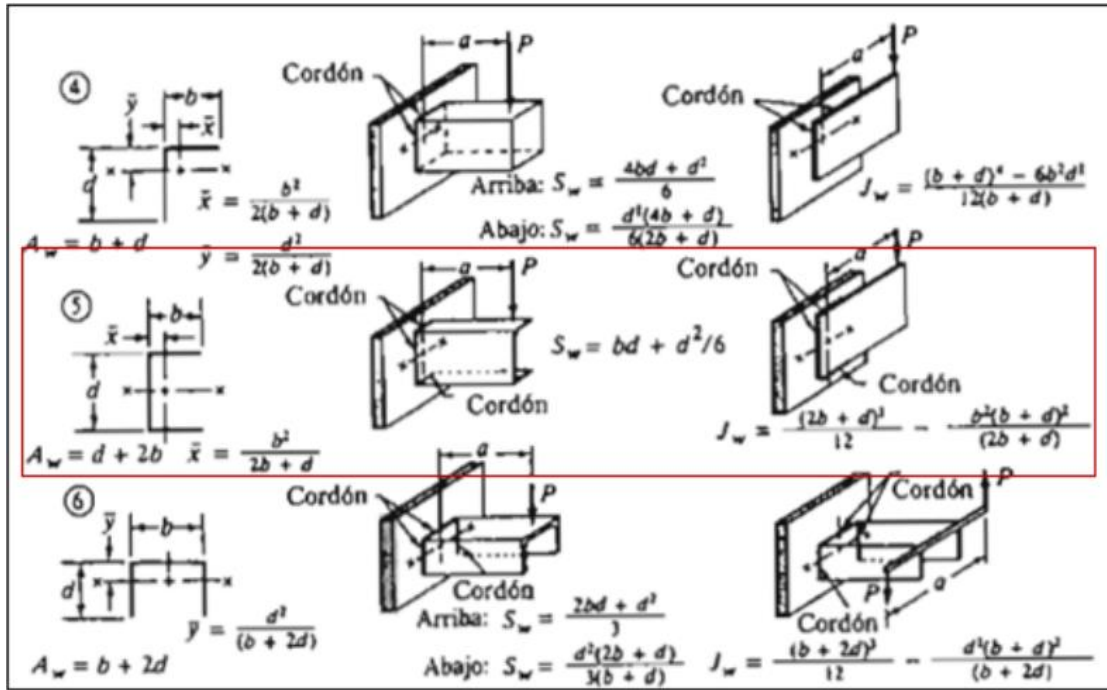
Es común utilizar para este tipo de procesos en estructuras de acero soldaduras correspondientes a **E70xx** con una **fuerza admisible por pulgada** de lado **11.200 lb/in**, donde hace referencia a la resistencia del material de aporte (1ksi = 7MPa), el coeficiente 15 de soldadura respectivamente es $C1 = 1,00$, por diseño de los componentes de la máquina el tipo de junta a emplear corresponde a (T) con soldadura de filete.

Se calcula el factor geométrico con base en la selección del cordón, teniendo en cuenta el perfil en UPN 200;

TABLA 14.1 (Continuación).					
Tipo y dirección de la carga en relación con el eje de la soldadura	Metal pertinente	ϕ y Ω	Resistencia nominal (F_{nBM} o F_{nw}) klb/plg ² (MPa)	Área efectiva (A_{BM} o A_{we}) plg ² (mm ²)	Nivel de resistencia requerido del metal de aportación ^{(a)(b)}
SOLDADURAS DE FILETE INCLUYENDO FILETES EN LOS AGUJEROS Y RANURAS ASÍ COMO JUNTAS T ESVIAJADAS					
Cortante	Base	Regido por J4			Se permite metal de aportación con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de aportación compatible.
	Soldadura	$\phi = 0.75$ $\Omega = 2.00$	$0.60 F_{EXX}$	Véase J2.1a	
Tensión o compresión Paralela al eje de la soldadura	No es necesario considerar tensión o compresión en partes unidas en sentido paralelo a la soldadura para el diseño de las soldaduras que unen a las partes.				
SOLDADURAS DE TAPÓN Y DE MUESCA					
Cortante Paralela al área de contacto en el área efectiva	Base	Regido por J4			Se permite metal de aportación con un nivel de resistencia igual o menor que el metal de aportación compatible.
	Soldadura	$\phi = 0.75$ $\Omega = 2.00$	$0.60 F_{EXX}$	J2.3a	

Fuente: Mc Cormac. En diseño de estructuras de acero. 2.012.

Figura 2-44



Fuente: Diseño de elementos de máquinas Robert Mott.

Figura 2-45

$$Aw = d + 2b$$

Donde;

Aw= Dimensiones de la soldadura

b= Dimensiones del perfil seleccionado.

$$Aw = 0,2 (m) + (2 * 0,075 (m)) = 0,35 (m)$$

Cálculo del valor geométrico a flexión;

$$sw = bd + \frac{d^2}{6}$$

$$Sw = 0,075 (m) * 0,2 (m) + \frac{0,2 * (m)^2}{6} = 0,05$$

Donde;

Sw= Factor geométrico a flexión

bd= Dimensiones del perfil seleccionado

Cálculo de factor de esfuerzo cortante y esfuerzo de flexión sometido a soldadura.

$$Fs = V / Aw$$

Donde;

Fs= Fuerza cortante vertical

Aw= Dimensiones de soldadura

V= Carga

$$Fs = 196250 (N) / 0,7 (m) = 280357 (N/m) = 62552 (lb/in)$$

Factor de esfuerzo flexión;

$$Fb = M / sw$$

Donde;

M= Momento máximo sobre la viga

Sw= Factor geométrico a flexión

$$Fb = 32555,5 \text{ (N/m)} / 0,05 \text{ m} = 651100 \text{ (N/m)} = 3718 \text{ (lb/in)}^2$$

Según el libro de Diseño de elementos de máquinas de Robert Mott, para encontrar la fuerza resultante se debe hacer un análisis de fuerzas que actúan sobre la soldadura.

$$F \text{ soldadura} = \sqrt{(3718 \text{ (lb/in}^2))^2 + 1601 \text{ (lb/in}^2))^2} = 5952 \text{ (lb/in}^2)$$

Con la fuerza resultante y la fuerza admisible por pulgada de lado del electrodo (11.200 lb/in) se puede determinar el diámetro del electrodo como se muestra en la siguiente ecuación;

$$W = Fr / \text{Fuerza admisible lb/in}$$

Donde;

W= Diámetro de electrodo

Fr= Fuerza resultante

$$W = 5952 \text{ (lb/in}^2) / 11.200 \text{ (lb/in}^2) = 0,53143 \text{ (in)}$$

$$W = 0,5 \text{ (in)} = 12 \text{ (mm)}$$

Para el proceso de unión de los diferentes componentes de la máquina compactadora se requiere un diámetro normalizado de soldadura correspondiente a un electrodo E 6010

Para la plancha de 3 (mm) de la tolva usaremos un electrodo E 6010 (90 Amp. Máx.)

Para la plancha de 8 (mm) y todo lo demás usaremos E 6010 (450 Amp. Máx.)

2.8. ANÁLISIS DE ESFUERZOS

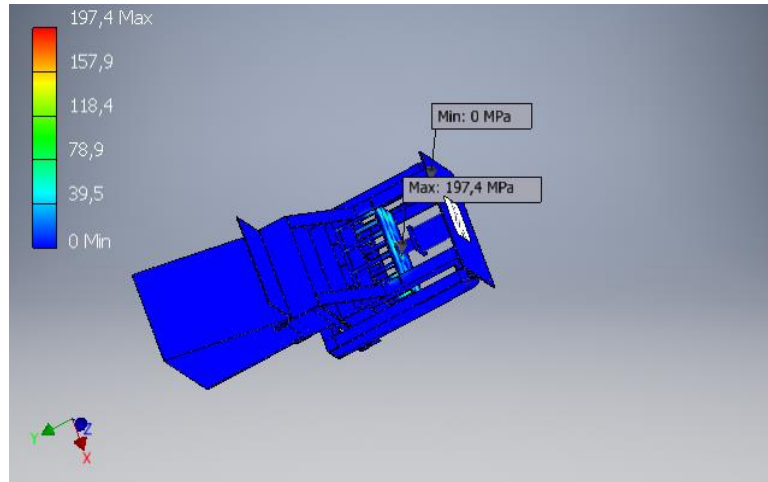
En esta sección se mostrarán los análisis de esfuerzos realizados en el software Inventor, a las piezas más importantes, las cuales se someterán a grandes cargas y torques. El resultado que arrojará el software, acompañado de la memoria de cálculo de cada componente validará sólidamente la selección del material y el diseño aplicado a cada elemento. Las piezas por analizar serán las que reciban la mayor fuerza, en este caso la estructura, la base y la tapa.

☐ Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	85121700 mm ³	
Masa	668.205 kilogramos	
Estrés de Von Mises	0,0000183481 MPa	197.366 MPa
1er Estrés Principal	-55.994 MPa	233.291 MPa
3er Estrés Principal	-206.424 MPa	47.0977 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,496904 milímetros
Factor de seguridad	1.04881 ul	15 ul
Estrés XX	-153.952 MPa	205.877 MPa
Estrés XY	-65.266 MPa	53.654 MPa
Estrés XZ	-35.3924 MPa	38.858 MPa
Estrés YY	-193,55 MPa	133.747 MPa
Estrés YZ	-33.8587 MPa	40.5184 MPa
ESTRÉS ZZ	-137.179 MPa	163.612 MPa
Desplazamiento X	-0,124191 mm	0,154314 mm
Desplazamiento Y	-0,000456013 mm	0,496166 mm
Desplazamiento Z	-0,156815 mm	0,160613 mm
Cepa equivalente	0,0000000000820945 ul	0,000860903 ul
1ª Cepa Principal	-0,00000742572 ul	0,000911491 ul
3ª Cepa Principal	-0,000927834 ul	0,000011629 ul
Cepa XX	-0,000564986 ul	0,000830996 ul
Cepa XY	-0,000404028 ul	0,000332144 ul
Cepa XZ	-0,000219096 ul	0,00024055 ul
Cepa YY	-0,00084814 ul	0,00063153 ul
Cepa YZ	-0,000209601 ul	0,000250828 ul
Cepa ZZ	-0,000522007 ul	0,00057126 ul
Presión de contacto	0 MPa	1138.94 MPa
Presión de contacto X	-122.477 MPa	185.819 MPa
Presión de contacto Y	-1101,87 MPa	100.739 MPa
Presión de contacto Z	-220.347 MPa	232.968 MPa

Fuente: Análisis de Von Mises Autodesk Inventor

Figura 2-46



Fuente: Análisis de elementos finitos Autodesk Inventor

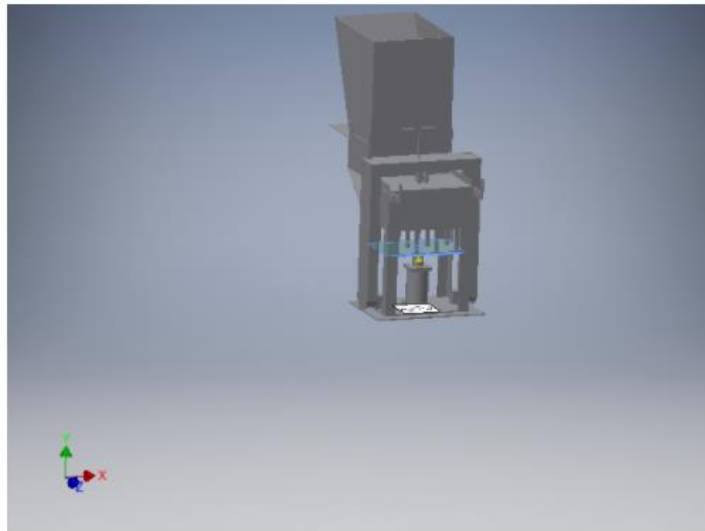
Figura 2-47

▣ Condiciones de funcionamiento

▣ Fuerza:1

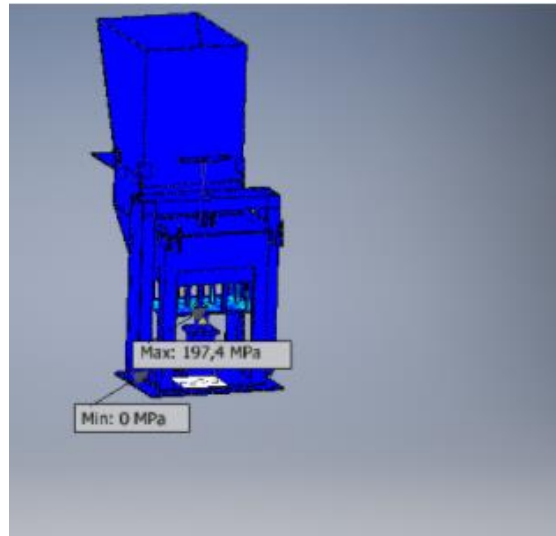
Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	243233.000 N
Vector X	-0,000 N
Vector Y	243233.000 N
Vector Z	-0,000 N

▣ Cara(s) seleccionada(s)



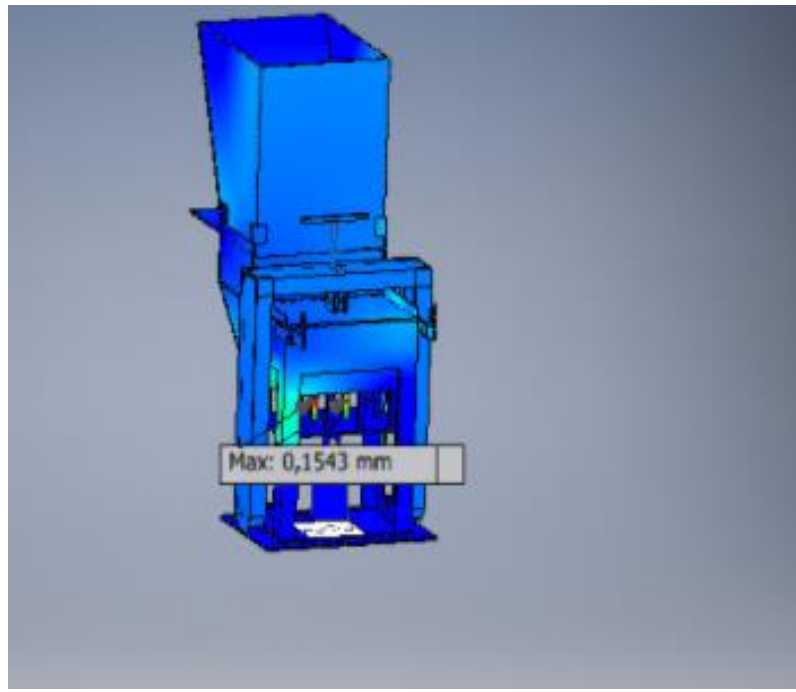
Fuente: Análisis de elementos finitos Autodesk Inventor

Figura 2-48



Fuente: Análisis de elementos finitos Autodesk Inventor

Figura 2-49



Fuente: Análisis de elementos finitos Autodesk Inventor

Figura 2-50

2.8. COSTOS Y PRESUPUESTO DEL PROYECTO

En la última sección del capítulo se analizarán los costos asociados al proyecto: tales como los costos directos (materiales, mano de obra y equipos) y los costos indirectos (servicios generales, servicios de fabricación y gastos generales). Estos serán la base para generar el presupuesto final del proyecto, que incluirá los siguientes puntos: costos directos, costos indirectos, imprevistos y utilidad.

2.8.1. Costos del proyecto

Dentro de los costos de este proyecto se encontrarán los materiales, resultantes de la cubicación, la mano de obra, aludiendo a los trabajadores y horas hombre que necesitará el proyecto y el costo de los equipos que se utilizarán, por ejemplo, máquinas herramientas, máquinas de soldar, oxicorte y otros. Ya que estos equipos ya existen se considerarán en un ítem de misceláneos, en donde solo se calculará un factor simulado.

2.8.1.1. Cubicación y costo de materiales

Los materiales que se utilizarán para cada parte se detallan a continuación:

- Barras, planchas y perfiles, acero A 572 Gr 50.
- Pasadores AISI 1045

	Material	Area	Peso	Cantidad	Area total	Peso total	Detalle
Pieza 1 (Tolva)	Plancha espesor 3 mm	1 (mt2)	23 (Kg)	1	1 (mt2)	23 (Kg)	Acero A 572 gr 50
Pieza 2 (Cajón)	Plancha espesor 8 mm	0,667 (mt2)	42 (Kg)	1	0,667 (mt2)	42 (Kg)	Acero A 572 gr 50
Pieza 3 (Estructura base)	Plancha espesor 8 mm	25 (mt2)	159 (Kg)	1	25 (mt2)	161 (Kg)	Acero A 572 gr 50
Pieza 4 (Placa movil)	Plancha espesor 25 mm	3,5 (mt2)	106 (Kg)	1	3,5 (mt2)	106 (Kg)	Acero A 572 gr 50
	Barra 25 x 25	0,735 (mt2)	1,5 (Kg)	12	8,82 (mt2)	18 (Kg)	Acero A 572 gr 50
Pieza 5 (Placa base)	Plancha espesor 25 mm	0,7724 (mt2)	158 (Kg)	1	0,755 (mt2)	158 (Kg)	Acero A 572 gr 50
	Platina espesor 8 mm	0,023 (mt2)	0,15 (Kg)	4	0,14 (mt2)	0,6 (Kg)	Acero A 572 gr 50
Pieza 6 (Tapa)	Plancha 25 mm	0,5533 (mt2)	108 (Kg)	1	0,5533 (mt2)	108 (Kg)	Acero A 572 gr 50
	Platina 8 mm	0,05 (mt2)	0,314 (Kg)	2	0,1 (mt2)	0,628 (Kg)	Acero A 572 gr 50
	Pasador 47 mm	0,0564 (mt2)	1,9 (Kg)	1	0,0564 (mt2)	1,9 (Kg)	Acero AISI 1045
Pieza 7 (Est. en U)	Perfin UPN 200	0,322 (mt2)	76 (Kg)	1	0,322 (mt2)	76 (Kg)	Acero A 572 gr 50
	Plancha 25 mm	0,4 (mt2)	8 (Kg)	1	0,4 (mt2)	8 (Kg)	Acero A 572 gr 50
	Pasador 38 mm	0,076 (mt2)	2,3(Kg)	2	1,52 (mt2)	4 (Kg)	Acero AISI 1045
Pieza 8 (Moldes)	Plancha 8 mm	1,683 (mt2)	34 (Kg)	1	1,7 (mt2)	34 (Kg)	Acero A 572 gr 50
Pieza 9 (Orificio)	Perfil 100 x 50 x 3	0,864 (mt2)	1,5 (Kg)	8	6,912 (mt2)	12 (Kg)	Acero A 572 gr 50
	Plancha 8 mm	2,43 (mt2)	15,2 (Kg)	1	2,43 (mt2)	15,2 (Kg)	Acero A 572 gr 50
Pieza 10 (Unión)	Plancha 25 mm	2,621 (mt2)	51 (Kg)	1	1,7 (mt2)	51 (Kg)	Acero
Cilindro H. + sillín	Acero inoxidable	5,26 (mt2)	296 (Kg)	1	5,26 (mt2)	296 (Kg)	Acero
Total						1.116 (Kg)	

Fuente: Excel, elaboración propia

Tabla 2-6

A través de la tabla anterior se obtuvo el área y peso de cada elemento a utilizar, lo que nos permite calcular el precio total del proyecto.

A continuación, se muestra una tabla que muestra el total de metros cuadrados que necesitaremos de cada plancha; el largo en metros de cada perfil, y el largo total de los pasadores.

Elemento estructural	Largo en Metros
Plancha: e = 3 (mm)	1 (mt2)
Plancha: e = 8 (mm)	30 (mt2)
Plancha: e = 25 (mm)	8 (mt2)
Perfil UPN 200	3 (mt)
Perfil 100 x 50 x 3	2 (mt)
Barra 25 x 25 (mm)	3,23 (mt)
Pasador 76 (mm)	0,12 (mt)
Pasador 38 (mm)	0,4 (mt)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-7

	Cantidad	Precio unitario	Dimension comercial (mm)	Total precio perfiles
Plancha 3 mm	1	\$69.821	3000*1000*3	\$69.821
Plancha 8 mm	2	\$1.009.139	6000*2440*8	\$2.018.278
Plancha 25 mm	1	\$3.038.327	6000*2440*25	\$3.038.327
Perfil UPN 200	1	\$421.290	200*75*3000	\$421.290
Perfil 100*50*3	1	\$25.745	100*500*3000	\$25.745
Barra 50*50	1	\$37.525	50*50*6000	\$37.525
Pasador 76 mm diametro	1	\$63.124	Largo 1000	\$63.124
Pasador 38 mm diametro	1	\$19.935	Largo 1000	\$19.935
Precio total acero estructura				\$5.694.045

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-8

2.8.1.2. Costos de materiales y mano de obra del proyecto

A continuación, se calcularán los costos por mano de obra, para lo cual se asignará una cantidad de horas hombre de trabajo a cada subconjunto según la estimación de la duración de cada trabajo, en los cuales se considerarán procesos de mecanizado (torneado y fresado), soldadura y gases (oxicorte), pintura y montaje. En la siguiente imagen se mostrará el resumen de la cantidad de horas hombre asociadas a la fabricación de la máquina;

CANT.	DESCRIPCIÓN				PLANO	
1	Máquina compactadora de ladrillo prensado				Se Adjunta	
MATERIALES Y SERVICIOS						
ITEM	DESCRIPCIÓN			PESO (kg)	UNITARIO	TOTAL
1	Resumen de materiales			1.116		\$5.694.045
2	Servicios de fabricación	(8% Mat. + Mano Obra)				\$1.729.996
3	Servicios generales	(223,2 HH x \$ 2130)				\$475.416
		SUB TOTAL 1				\$7.899.457
OPERACIONES						
ESPECIALIDAD	DESCRIPCIÓN	CÁLCULO	H-H	VALOR H-H	UNITARIO	TOTAL
Calderería	Fabricación Estructura	1116 kg x 0,2 HH	223,2	\$5.710		\$1.274.472
Limpieza Man.	Área a pintar 61 mt2	1116 kg x 0,025 HH	28	\$5.710		\$159.880
Pintura	2 manos Anticorrosivo	6 galones x 4 HH	24	\$5.710		\$137.040
	2 manos Esmalte	6 galones x 4 HH	24	\$5.710		\$137.040
		SUB TOTAL 2				\$1.708.432
PLAZO ENTREGA		SUB TOTALES 1 Y 2				\$9.607.889
		GASTOS GENERALES				\$558.000
	OBSERVACIONES	IMPREVISTOS				\$356.230
		COSTO TOTAL				
		UTILIDAD				\$1.712.277
		VALOR TOTAL NETO				\$12.234.396

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-8

Por lo tanto, el valor total neto de nuestra máquina es: \$ 12.234.396 (pesos chilenos).

2.8.1.3. Costos del sistema hidráulico del proyecto

Accesorio	Precio
Motor trifásico 40 Hp - 1800 rpm	\$2.677.198
Bomba PV7 BOSCH 25 Kw	\$2.825.000
Acople motor bomba	\$93.990
Tapa de llenado	\$20.000
Termonivel	\$21.000
Filtro de succión	\$26.000
Manometro	\$21.990
Valvula de palanca	\$66.000
Deposito de aceite	\$1.400.000
Cilindro hidráulico	\$1.200.000
Manguera 2 mt	\$50.000
Hembras giratorias ambos extremos	
Total	\$8.401.178

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2-10

Por lo tanto, el gasto total de nuestra máquina compactadora de ladrillo prensado; sumando el quipo hidráulico, los materiales, mano de obra, servicios generales, de fabricación y todo lo visto anteriormente, más el equipo hidráulico del proyecto es:

+ \$ 12.234.396

+ \$ 8.401.178

Total: \$ 20.725.574

CONCLUSIÓN

Con respecto al proyecto se puede concluir que es necesario, primero que todo, poseer una metodología de diseño clara y analítica acerca de la problemática a resolver. De la mano se obtendrán los conocimientos básicos y necesarios para poder generar una solución que cumpla con los requerimientos propuestos según la metodología. Además, será fundamental aclarar y dejar las menos dudas posibles al lector en cuanto al desarrollo de la ingeniería básica del proyecto, detallando y analizando cada elemento que compone la máquina físicamente, utilizando definiciones claras y bosquejos explicativos para cada parte de este. En base a lo mencionado anteriormente se puede afirmar que se han cumplido los objetivos del proyecto, destacando la creatividad e innovación implementada en el diseño del proyecto, y a la vez incentivando a la generación de nuevas ideas que ayuden de distintas maneras a la sociedad.

Si bien este proyecto concluye aquí y luego los anexos mostrarán la planimetría de cada elemento como también algunos accesorios restantes.

Se deja claro que se seguirá trabajando en proyectos como este, para así poder ayudar en las necesidades de la sociedad y a cuidar el medioambiente.

BIBLIOGRAFÍA

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Requisitos de reglamento para concreto estructural (ACI 318S-05) y comentario (ACI 318SR-05). [en línea]. Michigan. American Concrete Instituto. 2005. Disponible en: http://www.inti.gob.ar/cirsoc/pdf/publicom/ACI_318-05_Espanhol.pdf

ARIAS, Mateo. Ladrillos prensados de occidente. [en línea]. Disponible en <<https://laprensados.wixsite.com/laprenocc>>

BOSCH REXROTH. Ficha técnica Bomba de paletas recomendada PV7. [en línea]. Disponible en: https://md.boschrexroth.com/modules/BRMV2PDFDownloadinternet.dll/rs10515_200510.pdf?db=brmv2&lvid=1100393&mvid=13322&clid=20&sid=9E955BCF9714D0448914BAED64F9149.borexrc&sch=M&id=13322,20,1100393

. Catálogo de Aceros. [en línea]. [Consultado el 30 de octubre de 2023]. Disponible en: [Sack.cl](http://www.sack.cl)

CENTRAL DE MANGUERAS S.A. Guía Rápida Acoples Hidráulicos. [en línea]. Disponible en: <<https://centraldemangueras.com/catalogo/ACOPLES HIDRAULICOS.pdf>>

CENTRAL DE MANGUERAS S.A. Guía Rápida Mangueras Hidráulicas. [en línea]. Disponible en: <<https://centraldemangueras.com/catalogo/MANGUERASHIDRAULICAS.pdf>>

COMERCIAL ROSHFRANS S.A. Hoja de datos técnicos división industrial. Aceite para sistemas hidráulicos. 2016. [en línea]. Disponible en: <http://www.roshfrans.com/wp-content/uploads/2015/03/55-HDT-HIDRAULICO-AWISO-VG-68-R6.pdf>

CORPOEMA. Determinación y priorización de alternativas de eficiencia energética para los subsectores manufactureros códigos CIU 19 a 31 en Colombia a partir de la caracterización del consumo energético para sus diferentes procesos, usos y equipos de uso final. Informe presentado a la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME). [en línea]. Bogotá; 2014. Volumen 2. Disponible en: <http://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/DeterminacionEficiencia/Informe_Fin

al_Volumen_2.pdf>.DRÄGER SAFETY S.A. Minería. Aplicaciones. [en línea].
Disponible en:

<https://www.draeger.com/es_mx/Mining/Applications/EquipmentMaintenance?cid=sm-std-mx-mining-applicationequipmentmaintenance-programamantenimiento>

ECURED. Pasadores (Mecánica). Definición. [en línea]. Disponible en:

<[https://www.ecured.cu/Pasadores_\(mecánica\)](https://www.ecured.cu/Pasadores_(mecánica))>FERROCORTES. Ficha técnica lámina de alta resistencia ASTM A572 GR 50. [en línea].

GATANI, Mariana. Ladrillos de suelo-cemento: Mampuesto tradicional en base a un material sostenible. [En línea]. En: Informes de la Construcción. marzo-abril, 2000, vol. 51, no. 466., p. 35-47. Disponible en: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/articulo/download/713/798>

GLUAL HIDRAÚLICA. Cilindros Hidráulicos. [en línea]. Disponible en: https://www.glual.com/pdf/catalogos/catalogo_KZ_KP_K.pdf

INVENTOR. Coeficiente de Seguridad. [en línea]. Disponible en: Autodesk Inventor

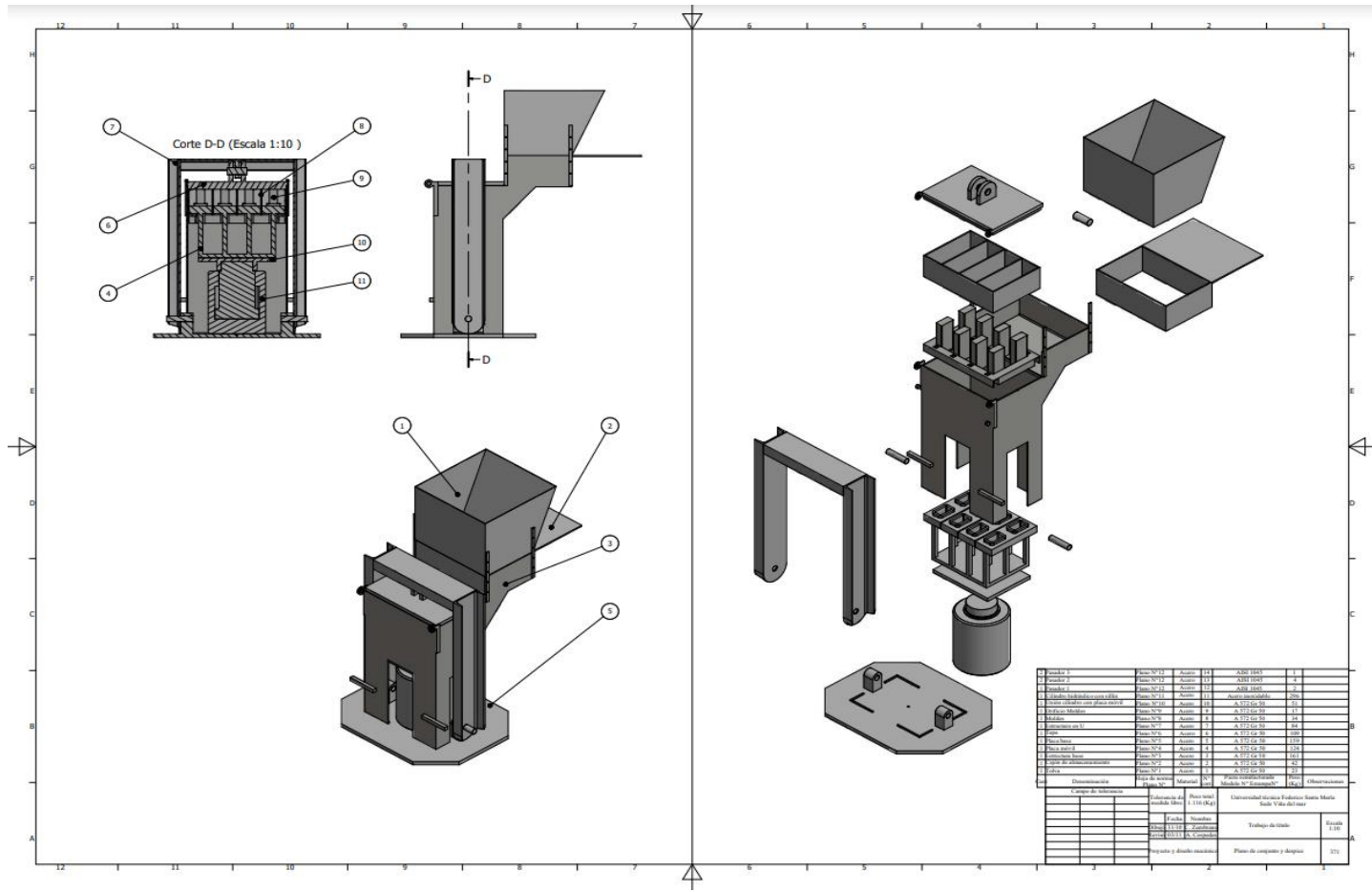
ISBN 978-958-9383-81-0. MCCORMAC, Jack. Conexiones Soldadas. En: Estructuras de acero método LRFD. 2 ed. México: Alfaomega, 2002. p. 469

ANEXOS

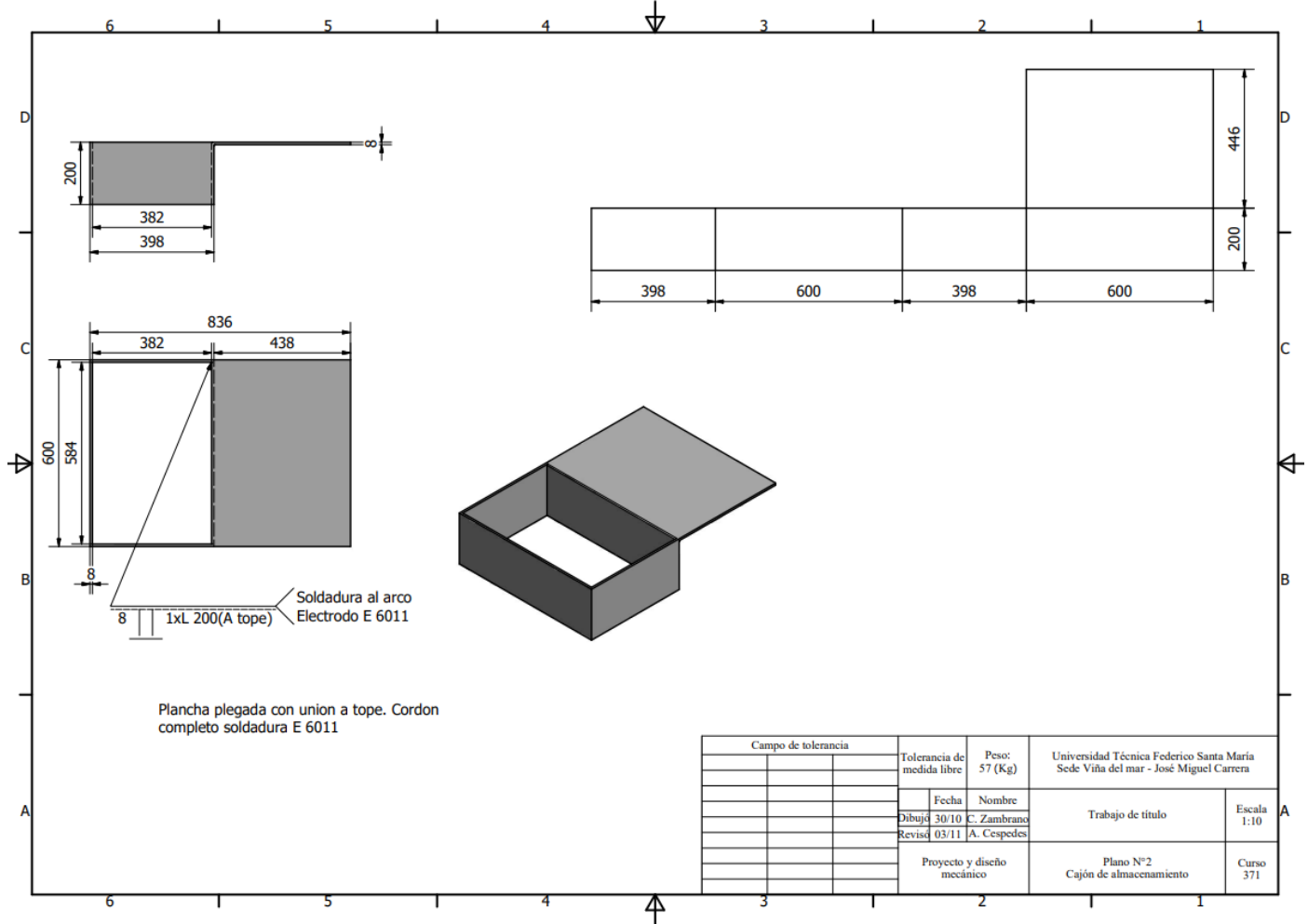
Planimetría del proyecto:

- Plano de Conjunto y despiece
- Plano N°1: Conjunto Tolva
- Plano N°2: Conjunto Cajón de almacenamiento
- Plano N°3: Conjunto Estructura base
- Plano N°4: Conjunto Placa móvil
- Plano N°5: Conjunto Placa base
- Plano N°6: Conjunto Tapa
- Plano N°7: Conjunto Estructura en U
- Plano N°8: Conjunto Moldes
- Plano N°9: Conjunto Orificios
- Plano N°10 Conjunto Unión
- Plano N°11: Conjunto Cilindro con sillín
- Plano N°12: pasadores (1,2,3).

Plano de conjunto y despiece de la máquina

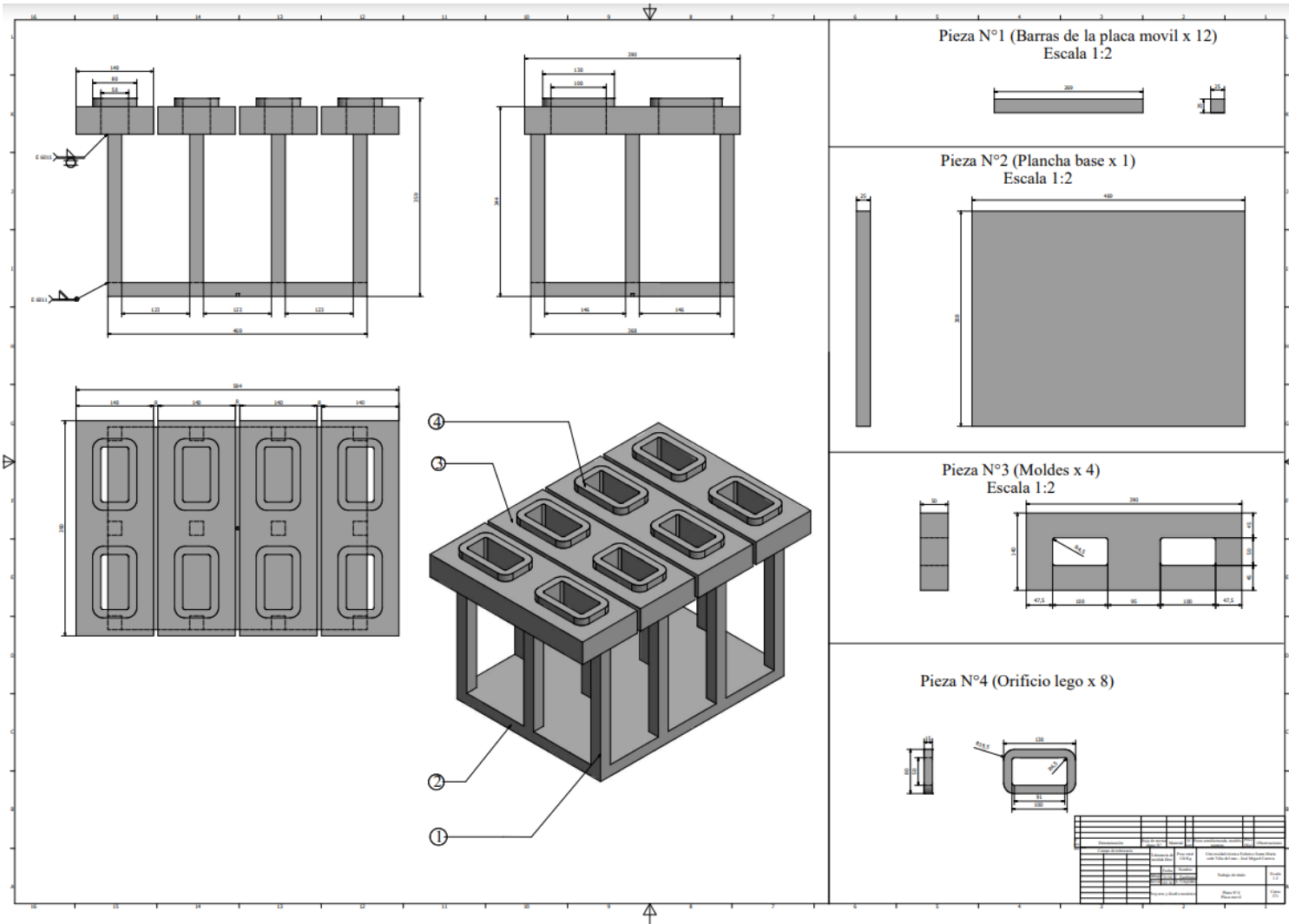


Plano N°2 Cajón de almacenamiento

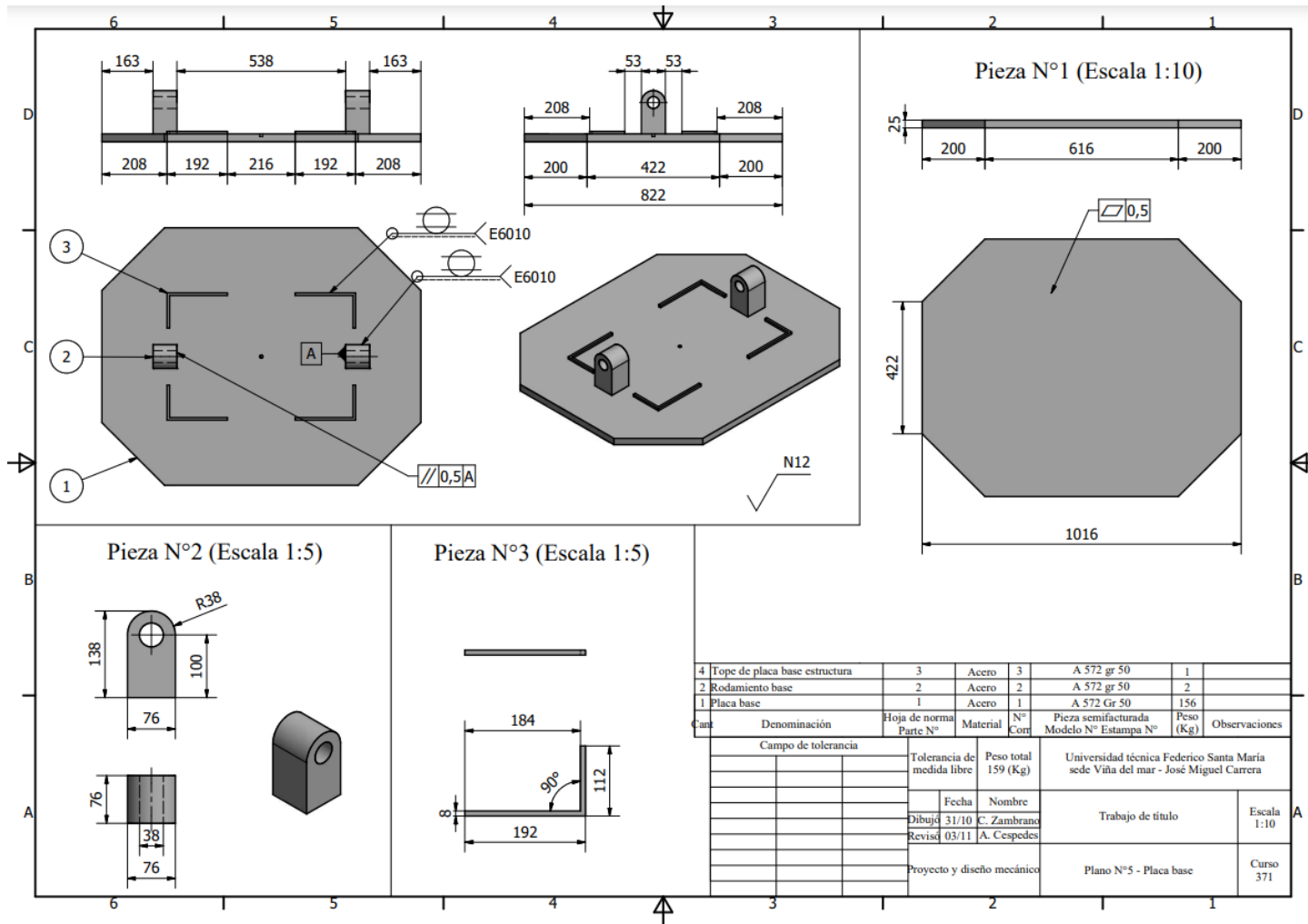


Campo de tolerancia		Tolerancia de medida libre	Peso: 57 (Kg)	Universidad Técnica Federico Santa María Sede Viña del mar - José Miguel Carrera	
			Fecha	Nombre	
			Dibujó 30/10	C. Zambrano	Trabajo de título
			Revisó 03/11	A. Cspedes	Escala 1:10
			Proyecto y diseño mecánico		Curso 371
			Plano N°2 Cajón de almacenamiento		

Plano N°4 Placa Móvil

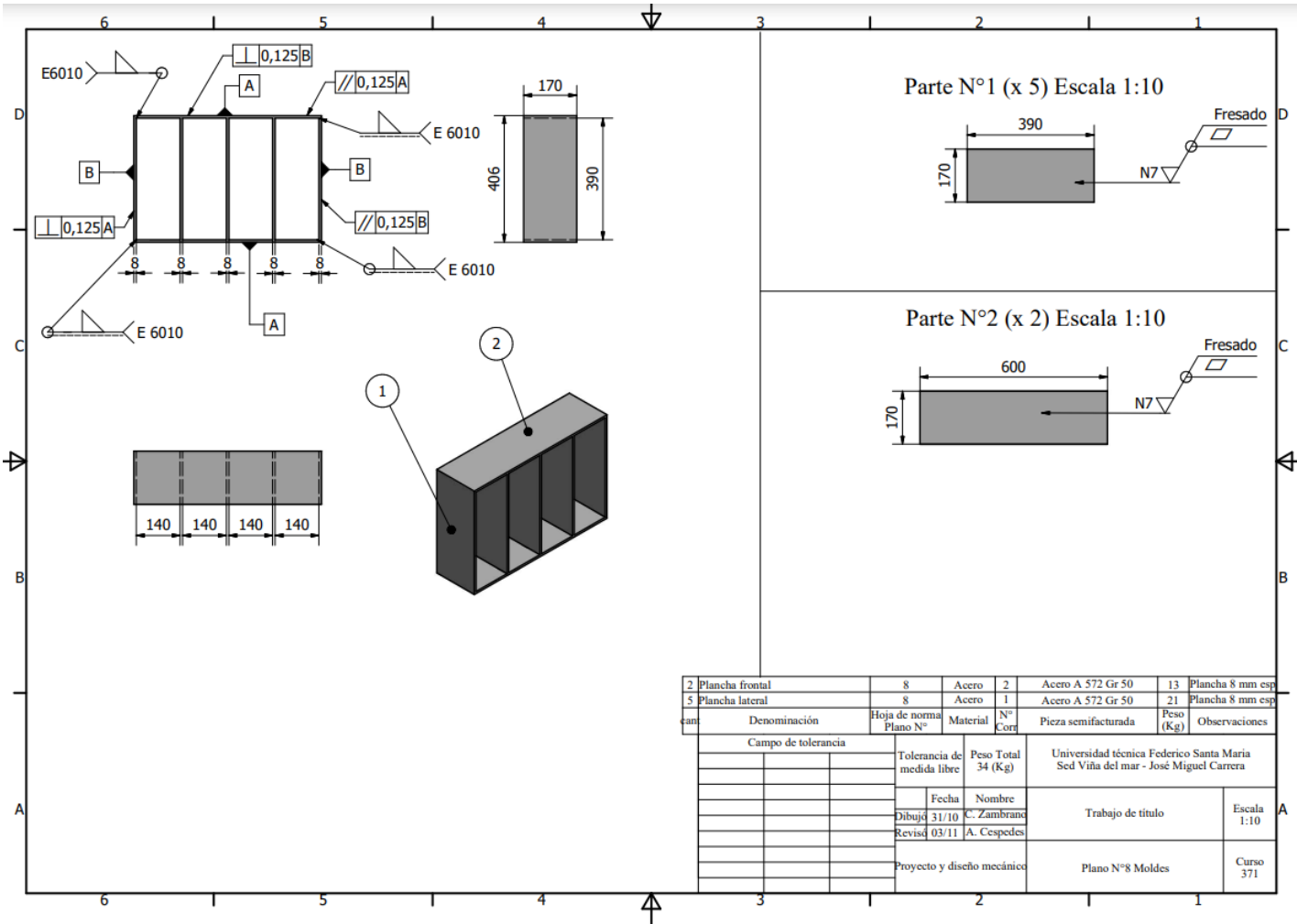


Plano N°5 Placa base

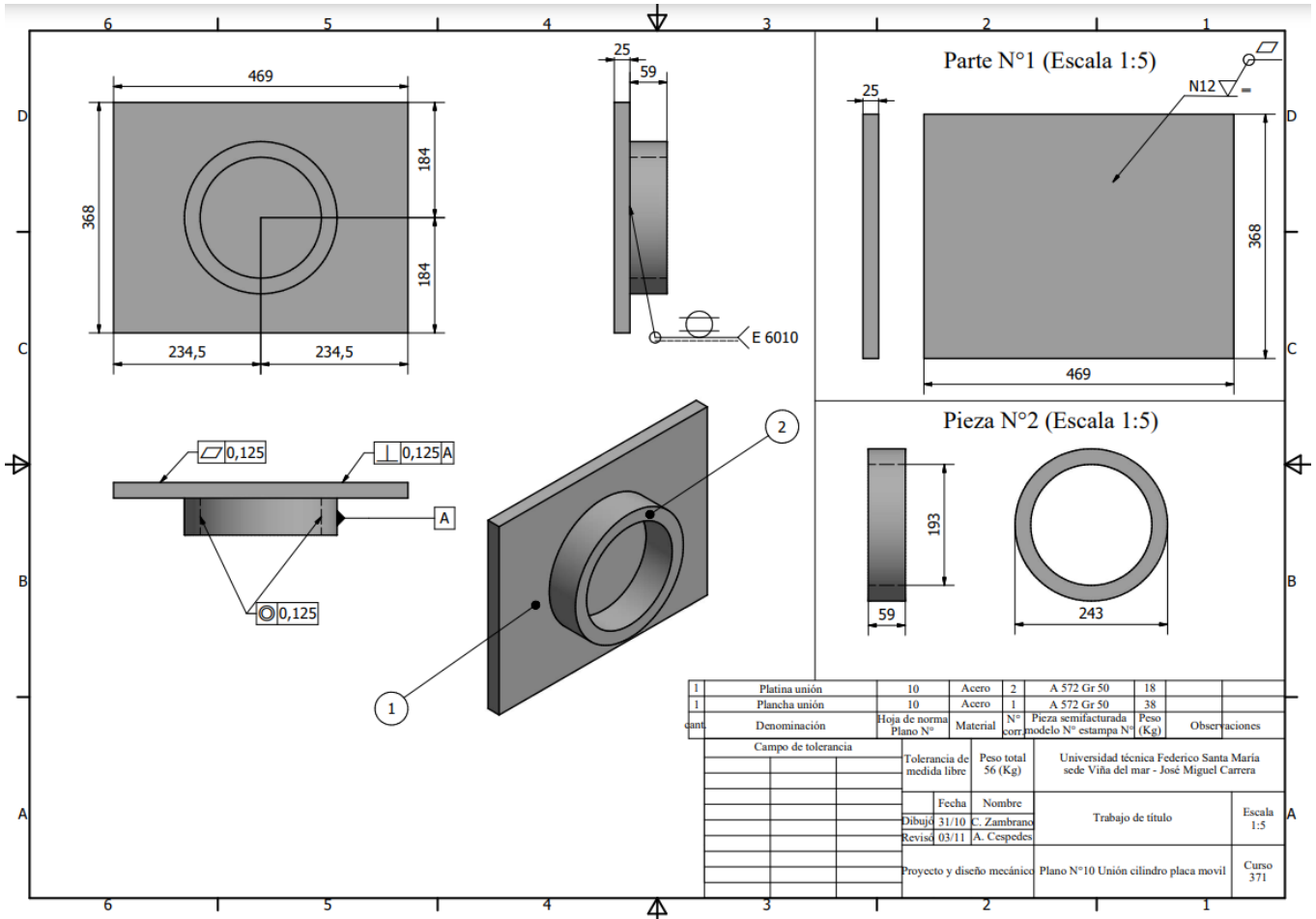


4	Topo de placa base estructura	3	Acero	3	A 572 gr 50	1	
2	Rodamiento base	2	Acero	2	A 572 gr 50	2	
1	Placa base	1	Acero	1	A 572 Gr 50	156	
Car	Denominación	Hoja de norma Parte N°	Material	N° Com	Pieza semifabricada Modelo N° Estampa N°	Peso (Kg)	Observaciones
	Campo de tolerancia		Tolerancia de medida libre	Peso total 159 (Kg)	Universidad técnica Federico Santa María sede Viña del mar - José Miguel Carrera		
			Fecha	Nombre	Trabajo de título		Escala 1:10
			Dibujó 31/10	C. Zambrano			
			Revisó 03/11	A. Cespedes			
	Proyecto y diseño mecánico				Plano N°5 - Placa base		Curso 371

Plano N°8 Moldes

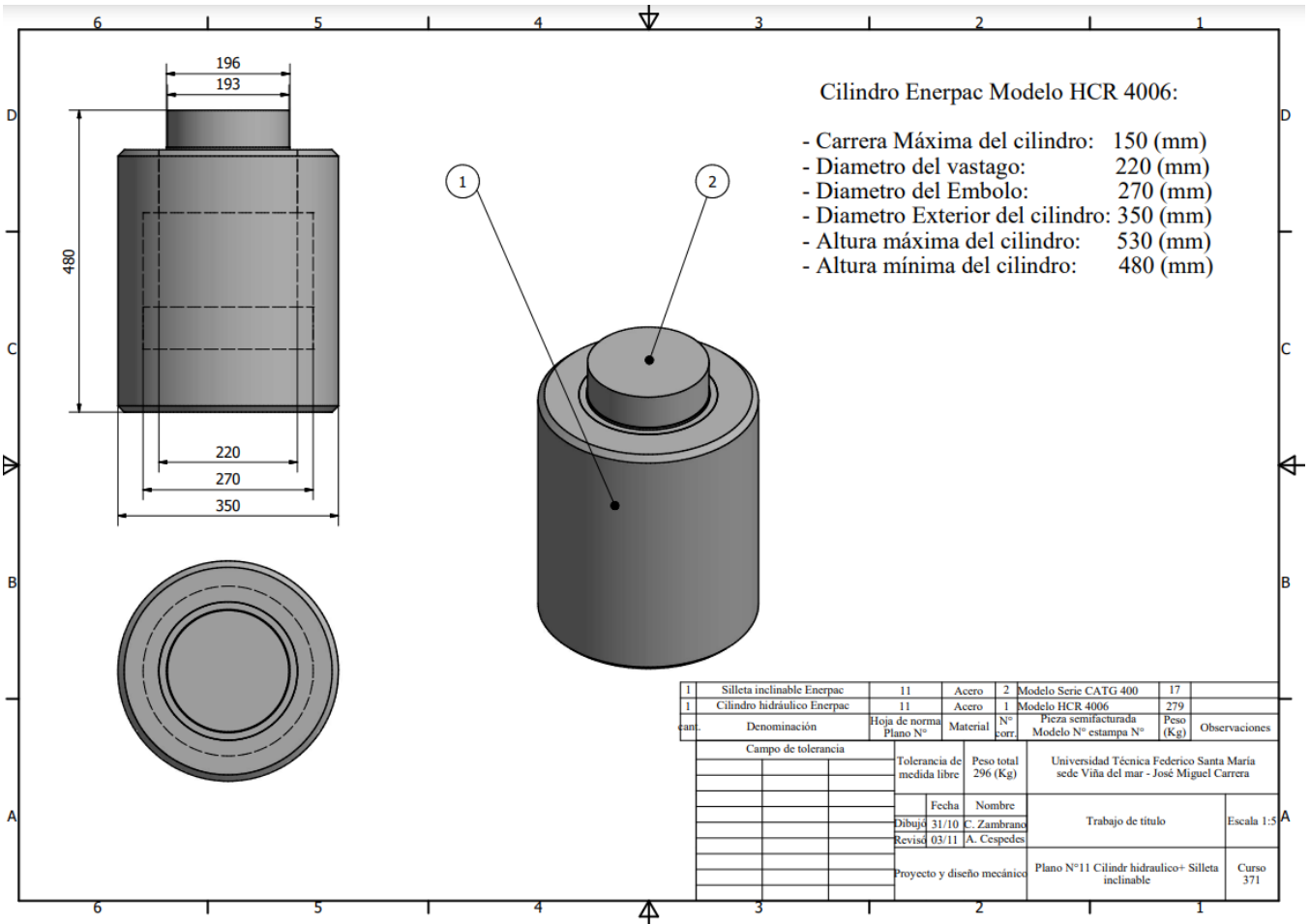


Plano N°10 Unión de cilindro con placa móvil

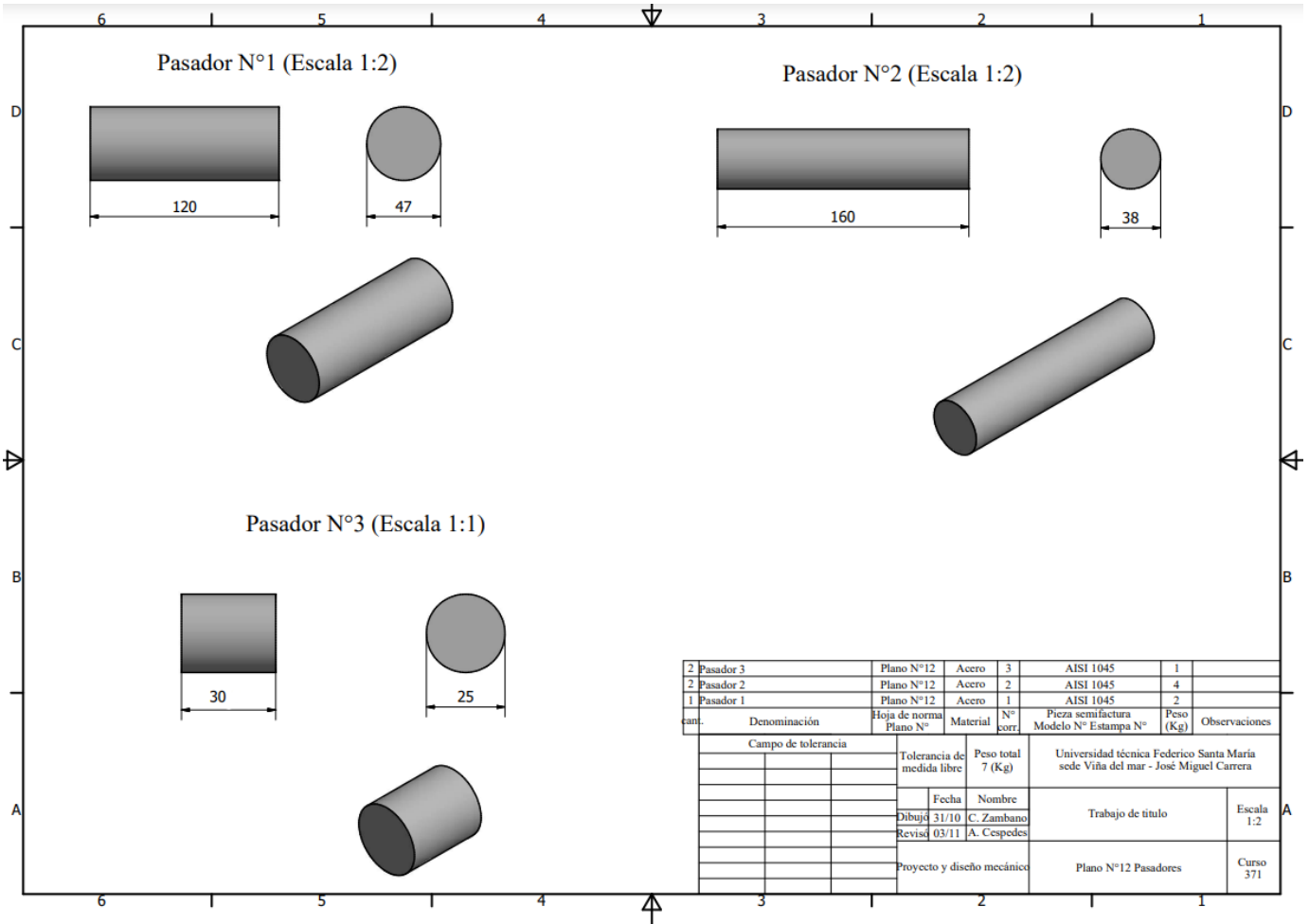


1	Platina unión	10	Acero	2	A 572 Gr 50	18		
1	Plancha unión	10	Acero	1	A 572 Gr 50	38		
cant	Denominación	Hoja de norma Plano N°	Material	N° modelo	Pieza semifacturada N° estampa	Peso (Kg)		Observaciones
	Campo de tolerancia		Tolerancia de medida libre	Peso total 56 (Kg)	Universidad técnica Federico Santa María sede Viña del mar - José Miguel Carrera			
			Fecha	Nombre	Trabajo de título		Escala 1:5	
			Dibujó 31/10	C. Zambrano				
			Revisó 03/11	A. Cespedes				
			Proyecto y diseño mecánico		Plano N°10 Unión cilindro placa movil		Curso 371	

Plano N°11 Cilindro hidráulico más sillín



Plano N°12 Pasadores



2	Pasador 3	Plano N°12	Acero	3	AISI 1045	1	
2	Pasador 2	Plano N°12	Acero	2	AISI 1045	4	
1	Pasador 1	Plano N°12	Acero	1	AISI 1045	2	
can.	Denominación	Hoja de norma Plano N°	Material	N° sorr.	Pieza semifabrica Modelo N° Estampa N°	Peso (Kg)	Observaciones
Campo de tolerancia			Tolerancia de medida libre	Peso total 7 (Kg)	Universidad técnica Federico Santa María sede Viña del mar - José Miguel Carrera		
			Fecha	Nombre	Trabajo de título		Escala 1:2
			Dibujó 31/10	C. Zambano			
			Revisó 03/11	A. Cespedes			
			Proyecto y diseño mecánico		Plano N°12 Pasadores		Curso 371

Selección de motor eléctrico:

Descripción				Modelo		
Potencia en HP	Velocidad en RPM	Tensión a 60 Hz en Volts	Tamaño Armazón NEMA	RGZE Uso general Catálogo Spiridon	RGZESD Uso pesado Catálogo Spiridon	RGZESD A prueba de explosión Catálogo Spiridon
0.5	900	230/460	143T	1LA01438FP21	No disponible	No disponible
0.75	1800	230/460	143T	1LA01434FE21	• • •	1MU01434XE21
	1200	230/460	143T	1LA01436FE21		1MU01436XE21
	900	230/460	145T	1LA01458FE21		No disponible
1	3600	230/460	143T	1LA01432FE21	A7810000020167	1MU01432XE21
	1800	230/460	143T	1LA01444FE21	A7810000020169	1MU01444XE21
	1200	230/460	145T	1LA01456FE21	A7810000014868	1MU01456XE21
	900	230/460	182T	1LA01828FE21	A7810000020180	1MU01828XE21
1.5	3600	230/460	143T	1LA01442FE21	A7810000020181	1MU01442XE21
	1800	230/460	145T	1LA01454FE21	A7810000020182	1MU01454XE21
	1200	230/460	182T	1LA01826FE21	A7810000020184	1MU01826XE21
	900	230/460	184T	1LA01848FE21	A7810000020185	1MU01848XE21
2	3600	230/460	145T	1LA01452FE21	A7810000020186	1MU01452XE21
	1800	230/460	145T	1LA01464FE21	A7810000020187	1MU01464XE21
	1200	230/460	184T	1LA01846FE21	A7810000020188	1MU01846XE21
	900	230/460	213T	1LA02138FE21	A7810000020189	1MU02138XE21
3	3600	230/460	182T	1LA01822FE21	A7810000014829	1MU01822XE21
	1800	230/460	182T	1LA01824FE21	A7810000014845	1MU01824XE21
	1200	230/460	213T	1LA02136FE21	A7810000014869	1MU02136XE21
	900	230/460	215T	1LA02158FE21	A7810000020190	1MU02158XE21
5	3600	230/460	184T	1LA01842FE21	A7810000014850	1MU01842XE21
	1800	230/460	184T	1LA01844FE21	A7810000014846	1MU01844XE21
	1200	230/460	215T	1LA02156FE21	A7810000014890	1MU02156XE21
	900	230/460	254T	1LA02548FE21	A7810000020191	1MU02548XE21
7.5	3600	230/460	213T	1LA02132FE21	A7810000020192	1MU02132XE21
	1800	230/460	213T	1LA02134FE21	A7810000014847	1MU02134XE21
	1200	230/460	254T	1LA02546FE21	A7810000020193	1MU02546XE21
	900	230/460	256T	1LA02568FE21	A7810000020194	1MU02568XE21
10	3600	230/460	215T	1LA02152FE21	A7810000020195	1MU02152XE21
	1800	230/460	215T	1LA02154FE21	A7810000014865	1MU02154XE21
	1200	230/460	256T	1LA02566FE21	A7810000020196	1MU02566XE21
	900	230/460	284T	A7810000014281	A7810000013643	A7810000017089
15	3600	230/460	254T	1LA02542FE21	A7810000014851	1MU02542XE21
	1800	230/460	254T	1LA02544FE21	A7810000014866	1MU02544XE21
	1200	230/460	284T	A7810000014271	A7810000013645	A7810000014893
	900	230/460	286T	A7810000014282	A7810000013646	A7810000017110
20	3600	230/460	256T	1LA02562FE21	A7810000014853	1MU02562XE21
	1800	230/460	256T	1LA02564FE21	A7810000014867	1MU02564XE21
	1200	230/460	286T	A7810000014272	A7810000013647	A7810000014895
	900	230/460	324T	A7810000014283	A7810000013648	A7810000017111
25	3600	230/460	284T5	1LA02842FE22	A7810000013649	A7810000017112
	1800	230/460	284T	1LA02844FE21	A7810000013670	A7810000017114
	1200	230/460	324T	A7810000014273	A7810000013672	A7810000017115
	900	230/460	326T	A7810000014284	A7810000013673	A7810000017116
30	3600	230/460	286T5	1LA02862FE22	A7810000013674	A7810000017117
	1800	230/460	286T	1LA02864FE21	A7810000013675	A7810000017118
	1200	230/460	326T	A7810000014276	A7810000013676	A7810000017119
	900	230/460	364T	A7810000014285	A7810000013677	A7810000017120
40	3600	230/460	324T5	1LA03242FE22	A7810000013678	A7810000017122
	1800	230/460	324T	1LA03244FE21	A7810000013691	A7810000017124

Selección de Válvula

VÁLVULA 4/2

REMOTE CONTROLS / UZAKTAN KONTROLLER

P40 A1G **V1(= . . .)+** **3047**
 spool valve cable control body
 spul valfi kablo kontrol gövdesi
 (akış kontrol valfi)

P40 A1G **V2KZ1(= . . .)+** **3047**
 spool valve cable control body
 spul valfi kablo kontrol gövdesi
 (akış kontrol valdi)

Technical specifications / Teknik Özellikler			
	3047	3076	3077
Stroke / Strok	13+13 mm	13+13 mm	13+13 mm
Max. load / Mak. yükleme	45 kg	45 kg	45 kg
Level ratio / Düzey oranı	10:1	10:1	10:1
Lock in neutral/Serbest konumda kilidi	No	No	Yes
Anti-reverse lock / Emniyet kilidi	No	Yes	No
Body colour / Gövde rengi	Black	Black	Black
Cables type / Kablo tipi	Heavy Duty	Heavy Duty	Heavy Duty
Operating temperature / Kullanım sıcaklığı	-40/+80C	-40/+80C	-40/+80C

2 holes to mounting
stackable
birleştirme delikleri

High solidity controls for easy mounting on every type of distributor.
They can be mounted stand alone or packed together.
They use push-pull heavy duty cables that provide a positive smooth
operating lever and are manufactured in a three different models to meet
different needs of Clients.
Bütün kumanda kolları kolay monte edilir ve dayanıklı bir yapıya sahiptir.
Montajlanmış veya demonte olarak gönderilebilir. Yüksek kalitede uzatma
kabloları ile müşterilerin ihtiyaçları doğrultusunda uzaktan yönlendirme
olanakları sağlar.