

Fecha: 01/12/23

# PROYECTO FINAL PARTIDORA DE MADERA



**UTN**  
**SAN RAFAEL**

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL

Integrantes: Augusto Alonso - Nahuel Morales – Enzo Siri

## Abstract / Resumen

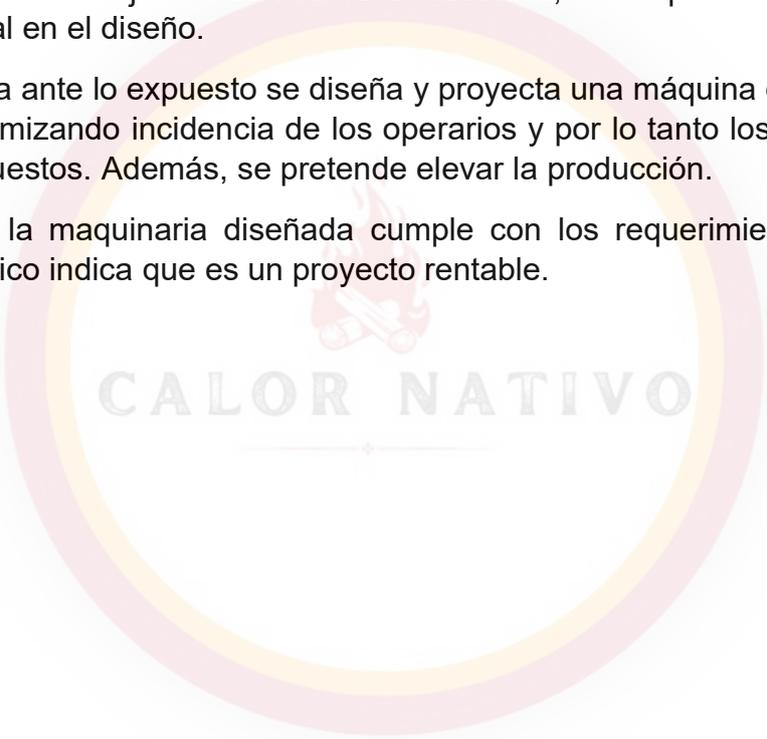
La motivación para realizar el presente informe es buscar una solución eficiente, segura y rentable para la producción de leña, ya sea a granel, en bolsas o atados.

Considerando que se cuenta con troncos de una longitud aproximada de tres metros, los procesos necesarios para la obtención de bolsas o atados de leña son: corte transversal de la madera, troceado (obtención de maderas de menor sección transversal) y, por último, empaquetado para su posterior venta.

La problemática radica en la discontinuidad de los procesos que son necesarios para la obtención de atados o bolsas de leña para la venta. Además de la mencionada problemática, la seguridad de los operarios de cada maquinaria tanto por accidentes como por enfermedades de trabajo debido a fuerzas indebidas, malas posturas, etc. también es un punto primordial en el diseño.

Como respuesta ante lo expuesto se diseña y proyecta una máquina que pueda unificar los procesos, minimizando incidencia de los operarios y por lo tanto los riesgos a los que podrían estar expuestos. Además, se pretende elevar la producción.

En conclusión, la maquinaria diseñada cumple con los requerimientos iniciales y el estudio económico indica que es un proyecto rentable.

A large, faint watermark is centered on the page. It features a circular emblem with a stylized figure holding a staff or tool, surrounded by the text 'CALOR NATIVO' in a serif font. The watermark is semi-transparent and serves as a background for the text.

CALOR NATIVO

## ÍNDICE

1	Identificación del problema .....	1
2	Introducción .....	1
3	Objetivos del proyecto.....	2
3.1	Objetivos Generales .....	2
3.2	Objetivos Específicos .....	2
4	Alcance del proyecto.....	3
5	FODA.....	3
5.1	Fortalezas.....	3
5.2	Debilidades.....	4
5.3	Oportunidades.....	4
5.4	Amenazas .....	4
6	Marco teórico .....	4
6.1	Maderas. (características, propiedades y usos).....	4
6.1.1	Estructura de la madera.....	5
6.1.2	Clasificación de las maderas .....	6
6.1.3	Maderas blandas y resinosas .....	6
6.1.4	Maderas semiduras .....	7
6.1.5	Maderas duras.....	7
6.1.6	Maderas finas .....	7
6.2	Maderas como combustible.....	7
6.3	Principio básico del proceso de obtención de leña.....	8
6.4	Producción de leña en el mundo .....	10
6.5	Producción de leña en Argentina .....	11
6.5.1	Maderas más Utilizadas:.....	11
6.6	Maderas más utilizadas en Mendoza como leña.....	13
7	Análisis de la obtención de leña en San Rafael, Mendoza .....	13
7.1	Visitas de campo .....	13
7.1.1	Primera visita: Calles Vélez Sarsfield y Tulio Angriman.....	13
7.1.2	Segunda visita: establecimiento en Rama Caída.....	17
8	Formulación del proyecto.....	19
8.1	Problemática. ....	19
8.2	Ideas para solucionar problemática planteada .....	22
8.2.1	Proceso en análisis.....	22

8.3	Abordaje a los desafíos de cada proceso.....	38
8.3.1	Traslado de materia prima .....	38
8.3.2	Corte .....	40
8.3.3	Fraccionado .....	41
8.3.4	Empaquetado .....	42
9	Análisis económico .....	43
9.1	Estudio de mercado.....	43
9.2	Análisis de oferta.....	43
9.3	Análisis de demanda .....	47
9.4	Análisis de producto .....	53
9.5	Datos para tener en cuenta para la realización del flujo de caja .....	54
10	Anexo .....	57
10.1	Descripción Bosques de la República Argentina.....	57
10.2	Ficha técnica de árboles utilizados como leña .....	64
10.2.1	Algarrobo .....	64
10.2.2	Alecrín .....	66
10.2.3	Eucalipto.....	67
10.2.4	Espina Corona.....	70
10.2.5	Guayacán .....	72
10.2.6	Quebracho Blanco.....	74
10.2.7	Quebracho Colorado .....	76
10.2.8	Tala.....	78
10.2.9	Urunday.....	80
10.2.10	Ñandubay.....	82
10.3	Tabla Resumen.....	84
10.4	Ensayos de laboratorio .....	84
10.5	Vínculos y bibliografía consultado.....	91
10.5.1	Vínculos.....	91
10.5.2	Bibliografía.....	91
10.6	Índice de imágenes .....	92
10.7	Indicé de gráficos .....	93
10.8	Ingeniería de detalle.....	94
10.8.1	Cálculos y memoria descriptiva .....	94



## 1 Identificación del problema

La motivación central del proyecto se centra en la deficiencia y precariedad en el proceso de troceado de madera, sabiendo que dicho proceso es de suma importancia para la obtención de leña que es utilizada en diversas aplicaciones, como sistemas de calefacción en ambientes, combustible para procesos industriales y como opción para la cocción de alimentos.

El propósito fundamental de este proyecto es identificar las limitaciones y desafíos que afectan el proceso de troceado de leña y desarrollar soluciones para mejorar su eficiencia y calidad. Se busca implementar enfoques técnicos y tecnológicos que permitan optimizar el proceso de troceado, logrando así un aprovechamiento más efectivo y sostenible de la leña.

## 2 Introducción

En la actualidad, el desarrollo y mejoramiento del estilo de vida a nivel mundial está estrechamente ligado a la disponibilidad de diversas fuentes energéticas. El petróleo se destaca como una de las fuentes más abundantes y ampliamente utilizada para la generación de energía calorífica, seguido de la electricidad.

No obstante, en muchas áreas alrededor del mundo, especialmente áreas rurales y no urbanizadas, el acceso a estos medios energéticos presenta un desafío significativo debido a diversos factores. Entre ellos destacan la falta de infraestructura que imposibilitan el acceso a estos servicios; por ejemplo, en el departamento de San Rafael, Mendoza, Argentina donde gran parte de la población no tiene acceso a una red de gas natural; además, aunque se tenga acceso a dicha red, el costo propio de utilizar sólo gas natural o electricidad para la calefacción es muy alto, por lo que parte de la población elige la madera para compensar esto.

Otra gran parte de la madera es comercializada y utilizada para la cocción de alimentos.

Aunque la leña no puede competir en términos de eficiencia energética con los combustibles fósiles en relación con la cantidad de energía generada por unidad de masa, su disponibilidad y facilidad de acceso en áreas rurales permiten su aprovechamiento para cubrir necesidades básicas.

El uso de leña o carbón de madera como fuente de energía para cocinar alimentos y calefaccionar ambientes sigue siendo una de las alternativas más fuertes, ya que este recurso se puede obtener, procesar, comercializar en su lugar de origen. Principalmente en zonas rurales es la fuente de energía más accesible, en condiciones óptimas para la combustión emite menos dióxido de carbono que los combustibles fósiles, no presenta riesgos de explosiones, transfiere gustos y aromas agradables a los alimentos, entre otras.

Efectivamente, la leña, a pesar de ser una fuente de energía tradicional y accesible, puede presentar riesgos significativos tanto en su recolección como en su manejo para ser comercializada.

Los procesos para obtener leña son los siguientes: primero es el talado. Una vez que el árbol ha caído, se procede al descopado, que consiste en cortar las ramas alrededor del tronco para dejarlo limpio y listo para su procesamiento.

Luego, se realiza el trozado, mediante cortes transversales a lo largo del tronco caído, dividiéndolo en secciones más manejables. Estos trozos de leña tienen tamaños variables, según el propósito para el que se utilicen. Finalmente, se lleva a cabo el astillado, que implica cortar longitudinalmente los trozos de leña para obtener fragmentos más pequeños y fáciles de transportar. Estos astillados son trozos de leña secos, ideales para encender rápidamente.

El principal problema que surge en el proceso de obtención de leña es el uso de herramientas manuales, como hachas, lo que requiere un alto esfuerzo humano. Esta situación conlleva riesgos importantes, como posibles accidentes, debido al manejo de estas herramientas, así como posturas incómodas para los trabajadores durante el proceso de astillado. Además, la producción manual de leña es lenta, lo que puede resultar en una baja producción y dificultades para satisfacer la demanda del mercado.

Para abordar estos desafíos, se busca aumentar la velocidad de producción y reducir la dependencia del trabajo manual, especialmente en el proceso de astillado. Una solución prometedora es la implementación de maquinaria especializada, como astilladoras mecánicas, que permitirían aumentar la productividad y reducir el esfuerzo físico requerido. Además, proporcionar capacitación adecuada a los trabajadores en el uso seguro de estas herramientas.

El sistema que se propone para realizar el proyecto es un sistema hidráulico debido a que requiere piezas mecánicas menos robustas y sus piezas son más fáciles de reemplazar, así como menos elementos que requieran mantenimiento.

### 3 Objetivos del proyecto

#### 3.1 Objetivos Generales

Formular y evaluar un proyecto de investigación para la construcción de una máquina que facilite el proceso de troceado de troncos de madera para la obtención de leña. Buscando que el mismo sea rentable y factible para solucionar la problemática de los productores de la ciudad de San Rafael, Mendoza.

#### 3.2 Objetivos Específicos

- Conocer el mercado actual de la leña en San Rafael, Mendoza, para introducir el proceso propuesto en dicho mercado.
- Analizar el marco social y económico de la ubicación del proyecto profundizando en la utilización de la leña como combustible.
- Investigar procedencia y características físicas de la materia prima.
- Indagar sobre los procesos que actualmente se realizan para la obtención de leña.

- Unificar los procedimientos individuales en una línea de producción continua.
- Incrementar la productividad de leña apta para la venta.
- Disminuir tiempos de trabajo para obtener un flujo de producción continuo.
- Disminuir los esfuerzos físicos de los operarios.
- Incrementar la seguridad del proceso.
- Lograr la utilización de toda la materia prima adquirida.
- Creación de un producto diferenciado.
- Estudiar la factibilidad regulatoria.
- Encontrar un balance técnico económico.
- Proponer un prototipo funcional, asegurando que su diseño sea robusto y de alta durabilidad.

## 4 Alcance del proyecto

El alcance del proyecto es lograr una idea rentable y factible, teniendo en cuenta los recursos disponibles. De esta manera se propone una solución que de forma rápida y segura trabaje sobre los problemas arraigados a la producción artesanal de bolsas de leña o a granel. Una vez logrado esto, el objetivo es involucrarse en el mercado a nivel local brindando un producto diferenciado otorgando múltiples beneficios.

Para llevar a cabo este proyecto se cuenta con la experiencia de diversos productores de la zona, que se complementa con el conocimiento técnico y económico para lograr una investigación y desarrollo de maquinaria capaz de lograr el producto de forma eficaz, eficiente y segura.

Por otro lado, se llevará a cabo una investigación de los distintos recursos naturales disponibles de la zona, así como los distintos medios ya sean artesanales o con maquinaria con la que se realiza la actividad.

La máquina deberá unificar los distintos procesos asociados a la producción de madera para leña. Estos procesos son: elevación de materia prima mediante una rampa, corte automatizado según la longitud, división longitudinal para la obtención de trozos de madera de menor sección, aptos para ser empaquetados y vendidos.

## 5 FODA

### 5.1 Fortalezas

- Innovar sobre los procesos existentes para la obtención de leña (a granel y en bolsas) unificándolos.
- Ofrecer un producto que preserve la seguridad y la sencillez, siempre conservando un balance económico y técnico.
- Diferenciación con la competencia, aumentando la productividad y proponiendo un producto final (leña) innovador.

## 5.2 Debilidades

- El valor monetario elevado puede ser condicionante frente a la inversión inicial.
- El costo del mantenimiento es elevado.
- Contamos con poca experiencia para la inserción de nuestro producto al mercado, con lo cual no hay garantías de establecerse a largo plazo.

## 5.3 Oportunidades

- Aumentar valor agregado del producto mediante la diferenciación del producto final. (distintos empaquetados de leña).
- Obtención de una herramienta que no está en el mercado (máquina).

## 5.4 Amenazas

- Dificultad de la obtención de materia prima o cualquier elemento necesario debido a fenómenos naturales (como incendios e inundaciones).
- Surgimiento de nuevas leyes o decretos que limiten la tala de árboles en la República Argentina.
- Aumento en los precios del combustible y/o falta de este, por lo que aumentan los costos de traslado.
- Mala percepción de la sociedad respecto de la quema de combustibles.
- Aparición de nuevos combustibles y, por lo tanto, nuevas competencias.

## 6 Marco teórico

### 6.1 Maderas. (características, propiedades y usos)

La madera es un material con una cierta elasticidad que podemos encontrar en la naturaleza, es la parte sólida de los árboles. La naturaleza brinda una gran variedad de clases de árboles, diferentes por su estructura, su resistencia y peso específico, según las regiones donde naturalmente se reproducen y crecen.

**En las regiones cálidas y tropicales** se presentan árboles de madera dura y pesada y de una coloración oscura, entre ellos tenemos: ébano, palo santo, guayacán, quebracho colorado, algarrobo, urunday, etc.

**En las regiones templadas** se pueden encontrar árboles los cuales tienen una coloración de la madera algo más clara y no tan dura, como son el roble, nogal, cedro, fresno, haya, tipa, etc.

**En las regiones frías** se encuentra una madera más blanquecina, fibrosa, resinosa y liviana, dentro de estas características se encuentra el pino, abeto, abedul, alerce, raulí, lingé, coihue, álamo, etc.

Las propiedades de la madera están influenciadas por las condiciones del suelo en el que los árboles crecen. En suelos secos, arenosos y áridos, el crecimiento de los árboles es más lento, lo que resulta en una madera que es más resistente, densa y tenaz. Cuando crecen en terrenos bajos y húmedos,

estos se desarrollan con mayor rapidez. (“Maderas argentinas características, propiedades y usos - AyC”)

### 6.1.1 Estructura de la madera

Toda madera está basada en una estructura, que la conforman 5 áreas. La parte central del tronco denominada **medula**, alrededor de la medula se encuentra el **duramen** compuesto de un tejido fibroso o leñoso que constituye propiamente la madera, este mismo está envuelto en una capa denominada **albura** (madera en formación) y a su vez la albura, está rodeada por el **cambium** y el **líber** y luego por la **corteza**.

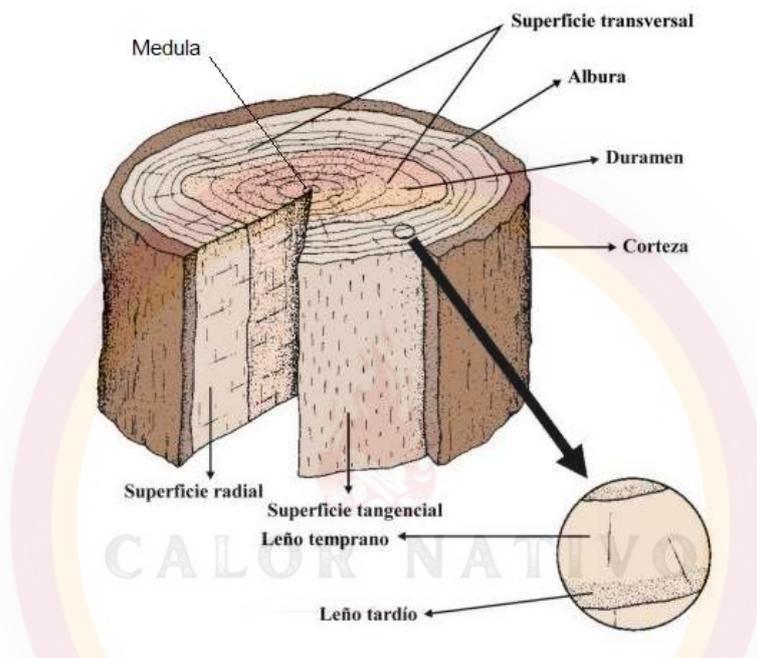


Imagen N° 1 Partes del tronco

Para examinar la composición de la madera, se realizan tres tipos de cortes en los troncos:

- 1) Corte transversal (también conocido como corte de testa), realizado perpendicular al eje principal del tronco. Este corte revela la estructura del duramen y la albura.



Imagen N° 2 Representación formación de la madera

2) Corte longitudinal o diametral (a lo largo del centro) mediante un plano que atraviese el eje para observar la disposición de las fibras.

3) Corte tangencial o según cuerda (madera al hilo) en el sentido longitudinal, pero tangencialmente a alguno de los anillos anuales, para ver el curso de las fibras.

La madera joven o no madura, conocida como albura, se convierte en madera sólida después de varios años. Sin embargo, existen árboles en los que esta transición de albura a madera sólida no ocurre. Por ejemplo, en árboles como el boj, el abedul, el arce, el álamo y el sauce, la madera no alcanza un estado de perfección.

La madera tiene diversos usos, en la construcción solamente se utiliza el corazón (duramen), quitando la albura y la corteza. Las ramas gruesas también se pueden aprovechar para cortar piezas de valor en construcción, mientras que el resto se utiliza para leña, la producción de carbón de leña o la extracción de tanino de ciertos tipos de árboles.

Los árboles se talan cuando han alcanzado su pleno desarrollo, ya que en ese estado su madera es más densa y resistente. La temporada de corte es en el invierno, cuando ya no circula la savia, ya que la presencia de savia puede provocar la descomposición de la madera por fermentación, lo que lleva a su deterioro rápido.

#### Composición de la madera

La composición química de la madera (básica) es:

- 1) Los principios elementales consisten en compuestos que están formados por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno.
- 2) Agua.
- 3) Combinaciones salinas-minerales, elaboradas por la savia que extraen las raíces de la tierra.
- 4) Tanino (ciertas especies de maderas).
- 5) Resinas y óleo-resinas.
- 6) Aceites.

#### 6.1.2 Clasificación de las maderas

Las maderas se pueden clasificar según su dureza:

- 1) Blandas y resinosas
- 2) Semiduras
- 3) Duras
- 4) Finas

#### 6.1.3 Maderas blandas y resinosas

El álamo y el sauce son tipos de madera que se caracterizan por ser muy blandos y de calidad inferior. Se utilizan principalmente en la fabricación de

cajones, envases para frutas, esqueletos de empaques, juguetería económica, así como en la construcción de muebles de mimbre. Además, se emplean como fuente de combustible, ya sea directamente o transformados en carbón de leña.

#### 6.1.4 Maderas semiduras

A este grupo pertenecen, el cedro, el viraró (Salta), el nogal (Tucumán), el palo blanco (Chaco argentino.), el cohiue (sur de Argentina y Chile), el raulí (Chile), y otras.

#### 6.1.5 Maderas duras

A este grupo pertenecen las maderas pesadas (peso específico de 0,95 a 1,3kg/m<sup>3</sup>) de estructura muy compacta y homogénea, de coloración generalmente oscura, de gran dureza y resistencia, además de difíciles para trabajar.

En Argentina existe una gran variación de esta clase de maderas. Quebracho colorado: madera excelente por su dureza, resistencia y gran duración, aún en contacto con la humedad, que también posee un gran porcentaje de tanino. Curupay, urunday, guayacán, **algarrobo**.

Virapitá, incienso liñero negro o veteado, arrayán, lapacho: todas estas maderas son de muy buena calidad, en cuanto a resistencia y duración.

#### 6.1.6 Maderas finas

A este grupo pertenecen el palo santo, el ébano, la caoba, el jacarandá, el abedul, el erable gris o sicomoro, etc. Se emplean para ebanistería muy fina, detalles decorativos y de valor.

### 6.2 Maderas como combustible

La madera es considerada una fuente de energía renovable y se clasifica dentro del grupo de la biomasa, que engloba recursos como la leña, arbustos, residuos de bosques y cultivos, así como el estiércol, entre otros.

La madera es un combustible ecológico, ya que la combustión de la madera no libera dióxido de carbono dañino para el clima a diferencia de la quema de combustibles fósiles. La madera al quemarse libera la misma cantidad de dióxido de carbono que cuando ésta se pudre. Por lo tanto, la calefacción con madera no contribuye al cambio climático, sino que detiene el ciclo natural en la atmósfera.

A la par que se talan los árboles viejos pueden plantarse árboles nuevos, con lo cual vemos que la madera es un combustible sostenible. Existen muchos buenos tipos de leña, pero lo ideal es saber balancear un “mix” de maderas duras y blandas al mismo tiempo. Esto es debido a que las maderas blandas, generan mucha llama (y calientan rápido), pero se consumen en poco tiempo, mientras que las maderas duras no generan grandes llamas, pero tardan mucho más tiempo en consumirse y nos permiten tener un fuego más parejo y duradero.

**Maderas blandas:** son de árboles que crecen rápido y son baratas. Las más usadas: eucalipto y espinillo.

**Maderas duras:** son de árboles de crecimiento lento y son más caras. La más usada para leña en salamandra es el quebracho y algarrobo.

La **madera ideal** para utilizar como combustible es la **dura y pesada**.

Es cierto, la madera de arbustos leñosos puede ser útil como fuente de combustible, pero es importante tener en cuenta que su brasa tiende a durar menos en comparación con las maderas más densas y duras. A pesar de su menor duración, la madera de arbustos leñosos puede ser valiosa en ciertas aplicaciones, aunque requerirá una reposición más frecuente para mantener un fuego constante.

Entre las maderas más utilizadas como combustible en Argentina se encuentran:

- Algarrobo
- Alecrín
- Eucaliptos
- Espina Corona
- Guayacán
- Quebracho Blanco
- Quebracho Colorado
- Tala
- Urunday

De éstas la más popular es la leña de algarrobo por su poder de quemarse lentamente, generando brazas que tienen un proceso de combustión más largo que otros tipos de maderas.

Las maderas de frutales u otros tipos de maderas son utilizados en situaciones donde se precise una combustión rápida con gran cantidad de energía en forma de calor.

### 6.3 Principio básico del proceso de obtención de leña

El proceso productivo de la leña es el conjunto de actividades involucradas en la obtención, preparación y almacenamiento de la madera destinada a ser utilizada como combustible.

**Selección de la madera:** El proceso comienza con la elección de la madera adecuada para la producción de leña. Se prefieren las especies de árboles que tienen una mayor capacidad de generar calor al momento de quemarse, como las especies más utilizadas en la región de cuyo son: Algarrobo, Chañar, Quebracho, piquillín entre otras.

**Tala y corte:** Los árboles seleccionados se talan de manera controlada. La madera se corta en troncos o trozos más manejables utilizando sierras o hachas.

Los troncos se cortan en segmentos más pequeños, generalmente de longitud estándar de 3 metros, para facilitar su manipulación y transporte.

**Desramado y desrame:** Los troncos se despojan de sus ramas y follaje para facilitar el manejo y la preparación de la leña. Este proceso también reduce la cantidad de humedad que la madera retiene, lo que mejora la eficiencia de la combustión.

**Transporte a centros de fraccionamiento:** Una vez que los troncos son desramados son cargados a los medios de transportes generalmente camiones que los distribuyen a los centros de fraccionamientos encargados de trocear los troncos y de su comercialización.

**Fraccionamiento y subdivisión:** Los troncos se dividen en piezas más pequeñas, generalmente mediante el uso de herramientas como hachas, cuñas y sierras. El objetivo es crear trozos de madera de un tamaño adecuado para su uso en estufas, chimeneas o calderas.

**Secado:** La madera recién cortada contiene una cantidad significativa de humedad. Para que la leña sea eficiente como combustible, es necesario reducir su contenido de humedad. Los trozos de madera se apilan en áreas bien ventiladas y protegidas de la lluvia, el viento y la humedad para permitir que el agua se evapore con el tiempo. El secado puede llevar varias semanas o meses, dependiendo de las condiciones climáticas y del tamaño de la leña.

**Empaquetado:** Los trozos de madera se organizan en paquetes compactos llamados "bolsas". Estas bolsas suelen contener un peso específico de 4kg

**Distribución y uso:** La leña se distribuye a los usuarios finales o locales que la revenden a sus clientes, que la utilizan como fuente de calor en estufas, chimeneas o calderas.



## 6.4 Producción de leña en el mundo

En todo el mundo, la leña es utilizada como fuente de energía para calefacción, cocina y otros fines. Las especies de árboles que se utilizan como leña pueden variar según la región y las preferencias locales. Aquí hay algunas de las especies de árboles más utilizadas como leña en diferentes partes del mundo:

### 1. Roble (*Quercus spp.*):

**Motivos de uso:** El roble es apreciado por su alta densidad y durabilidad. Proporciona una combustión lenta y constante, generando un calor intenso y duradero.

**Ubicaciones de uso:** El roble es ampliamente utilizado en Europa y América del Norte.

### 2. Pino (*Pinus spp.*):

**Motivos de uso:** El pino es elegido por su disponibilidad generalizada y su facilidad de encendido. Aunque su combustión es más rápida, genera calor rápidamente y es ideal para encender fuegos.

**Ubicaciones de uso:** El pino es utilizado en América del Norte, Europa y Asia, siendo especialmente popular en climas fríos y en regiones donde se requiere calefacción rápida y ocasional.

### 3. Haya (*Fagus spp.*):

**Motivos de uso:** La madera de haya es conocida por su alta densidad y rendimiento calórico. Ofrece una combustión uniforme y prolongada, liberando calor de manera constante.

**Ubicaciones de Uso:** La haya es comúnmente utilizada en Europa y América del Norte, es una elección popular para calefacción y cocina.

### 4. Eucalipto (*Eucalyptus spp.*):

**Motivos de uso:** Los eucaliptos, con su alta densidad y contenido energético, generan una llama intensa y duradera. Además, su rápido crecimiento contribuye a su disponibilidad.

**Ubicaciones de uso:** Los eucaliptos son empleados en regiones de Australia y se han introducido en otras partes del mundo, como América Latina.

### 5. Olivo (*Olea europaea*):

**Motivos de Uso:** La madera de olivo, aunque no es tan común como otras, es aprovechada como leña en áreas mediterráneas. Suele ser utilizada en podas y para árboles que han terminado su vida productiva.

**Ubicaciones de Uso:** Principalmente en zonas mediterráneas donde el olivo es una especie icónica, como en partes de Europa y el norte de África.

### 6. Abedul (*Betula spp.*):

**Motivos de Uso:** El abedul se aprecia por su facilidad de encendido y la producción de un calor agradable. Su madera es ligera y se quema rápidamente.

**Ubicaciones de Uso:** Principalmente en Europa y América del Norte, donde el abedul es una especie común.

### 7. Cerezo (*Prunus avium*):

**Motivos de uso:** El cerezo es valorado por su agradable aroma y la calidad de la combustión que ofrece. Aunque no es tan común como otras maderas, es apreciado por su efecto visual y olfativo.

**Ubicaciones de uso:** En algunas regiones de Europa.

### 8. Quebracho (*Schinopsis spp.*):

**Motivos de uso:** El quebracho es una madera extremadamente densa con un alto contenido de energía. Esta madera se quema lentamente y genera un calor intenso y duradero.

**Ubicaciones de uso:** En América del Sur, especialmente en países como Argentina y Paraguay, el quebracho es valorado como una fuente de leña debido a su densidad y alta capacidad calorífica.

### 9. Acacia (*Acacia spp.*):

**Motivos de uso:** Las especies de acacia se valoran por su disponibilidad y la capacidad de secarse rápidamente. Su madera se quema con eficacia y genera un calor satisfactorio.

**Ubicaciones de uso:** Las acacias se emplean como leña en regiones de África y Australia.

## 6.5 Producción de leña en Argentina

La leña ha sido una fuente histórica de energía en la República Argentina, siendo utilizada para calefacción, cocina y otros propósitos domésticos. Diferentes especies de árboles proporcionan madera adecuada para este fin.

### 6.5.1 Maderas más Utilizadas:

#### 1- Algarrobo (*Prosopis spp.*):

El algarrobo es un árbol nativo ampliamente utilizado como fuente de leña en Argentina. Se encuentra en diversas regiones, como el Noroeste, Cuyo y Patagonia. Su madera es apreciada por su combustión lenta y constante, lo que la hace especialmente útil para la cocina y la calefacción en zonas semiáridas.

#### 2- Alecrín (*Larrea spp.*):

El alecrín, también conocido como jarilla, es un arbusto presente en zonas áridas y semiáridas de Argentina. Aunque su madera no es tan densa como la de otros árboles, se utiliza como leña en áreas donde su crecimiento es abundante. Su uso se centra en la calefacción doméstica.

### **3- Eucalipto (*Eucalyptus spp.*):**

Aunque no es nativo, el eucalipto se ha adaptado bien en varias regiones de Argentina. Su rápido crecimiento y alto contenido de aceites hacen que su madera sea eficiente como leña. Se utiliza para generar calor en zonas donde el acceso a otras fuentes de energía es limitado.

### **4- Espina Corona (*Ziziphus mistol*):**

La espina corona es un árbol autóctono del Noroeste argentino. Su madera es empleada como leña en comunidades rurales, proporcionando calor para la cocción de alimentos y la calefacción.

### **5- Guayacán (*Caesalpinia spp.*):**

El guayacán es otro árbol utilizado en Argentina como fuente de leña. Este árbol es nativo de la región del Gran Chaco, aunque no es tan común como otras especies, su madera densa y dura la hacen adecuada para generar calor en áreas rurales.

### **6- Quebracho Blanco (*Aspidosperma quebracho-blanco*):**

El quebracho blanco es valorado por su densa madera y su contenido energético. Proviene de regiones del Gran Chaco.

### **7- Quebracho Colorado (*Schinopsis spp.*):**

El quebracho colorado, también del Gran Chaco, es una de las maderas más utilizadas como leña en Argentina. Su madera densa produce una combustión duradera, y se emplea para calefacción y cocinar.

### **8- Tala (*Celtis tala*):**

La tala es un árbol que se encuentra en varias regiones de Argentina. Es común encontrarla en regiones como el Noroeste, Cuyo y el Centro del país, así como en algunas zonas de la Patagonia. Su madera se utiliza como leña en áreas rurales y semiáridas, contribuyendo a las necesidades energéticas locales.

### **9- Urunday (*Astronium urundeuva*):**

El urunday es un árbol nativo de la región del Gran Chaco. Su madera dura y resistente se emplea como leña, proporcionando un alto rendimiento energético.

### **10-Caldén (*Prosopis caldenia*):**

Especialmente relevante en la región de La Pampa, el caldén es apreciado por su madera de calidad para leña. Su combustión eficiente y duradera lo convierte en una opción popular en calefacción y cocina en esta zona.

## 6.6 Maderas más utilizadas en Mendoza como leña

En la provincia de Mendoza, Argentina, algunas de las maderas más utilizadas para leña son:

- Algarrobo
- Tala
- Caldén
- Eucalipto
- Frutales
  - Manzano
  - Peral
  - Duraznero
  - Ciruelo
  - Entre otras.

Los árboles frutales no suelen ser utilizados comúnmente como fuente de leña debido a su valor productivo para la producción de frutas. Sin embargo, en algunos casos, especialmente cuando los árboles han llegado al final de su ciclo de vida productivo o cuando se están realizando podas de mantenimiento, la madera de árboles frutales puede utilizarse como leña.

## 7 Análisis de la obtención de leña en San Rafael, Mendoza

### 7.1 Visitas de campo

Con el objetivo de analizar los procesos que actualmente se llevan a cabo para la confección de bolsas o bolsas de leña se realizaron visitas a dos establecimientos en el departamento de San Rafael, Mendoza.

#### 7.1.1 Primera visita: Calles Vélez Sarsfield y Tulio Angriman

En el marco de esta investigación, el primer encuentro fue con el Sr. Marcelo Sánchez, un productor local cuyo establecimiento se localiza en la intersección de las calles Vélez Sarsfield y Tulio Angriman. En este sitio, se pudo observar un proceso que abarca la recepción de camiones provenientes de San Luis, transportando madera de algarrobo con un peso promedio de diez mil kilogramos por carga.

Al llegar al establecimiento, la madera es descargada de los camiones y dispuesta en hileras clasificándola según su tamaño. Este proceso de clasificación permite una gestión más eficiente de los recursos y facilita las siguientes etapas del proceso.

El Sr. Sánchez explicó que la selección de la madera es en función de su tamaño.

- **Madera demasiado grande para trabajarla** y que sólo se la separa de la madera recibida. Ésta representa entre el 10 y 20% del cargamento.

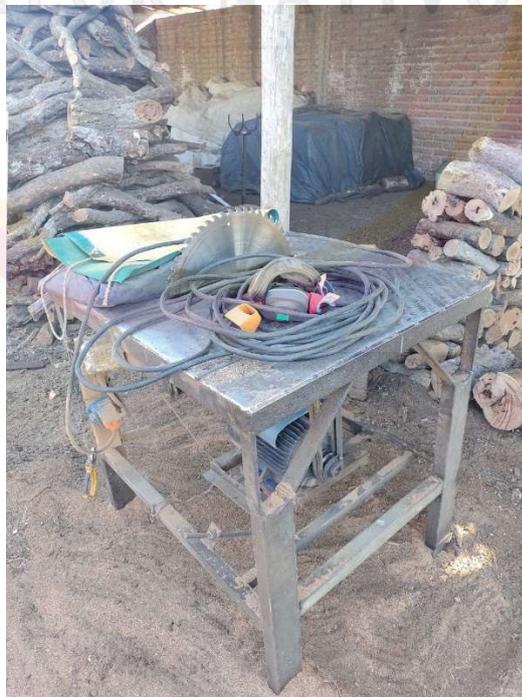


*Imagen N° 3 Almacenaje de leña*

La imagen capturada refleja claramente que las dimensiones de cada tronco superan con creces las habilidades físicas de una persona para manejarlos de manera individual.

- **Madera para trabajar:** Una vez que se ha realizado la separación de la madera que no es adecuada para trabajar, se ordena la madera útil en estibas en el lote para luego trozarla en longitudes aproximadas de 40cm.

Este proceso de troceado se lleva a cabo utilizando una sierra circular, la cual es impulsada por un motor de corriente alterna trifásica. La utilización de esta sierra circular permite cortar la madera, obteniendo longitudes que son más fáciles de manipular.

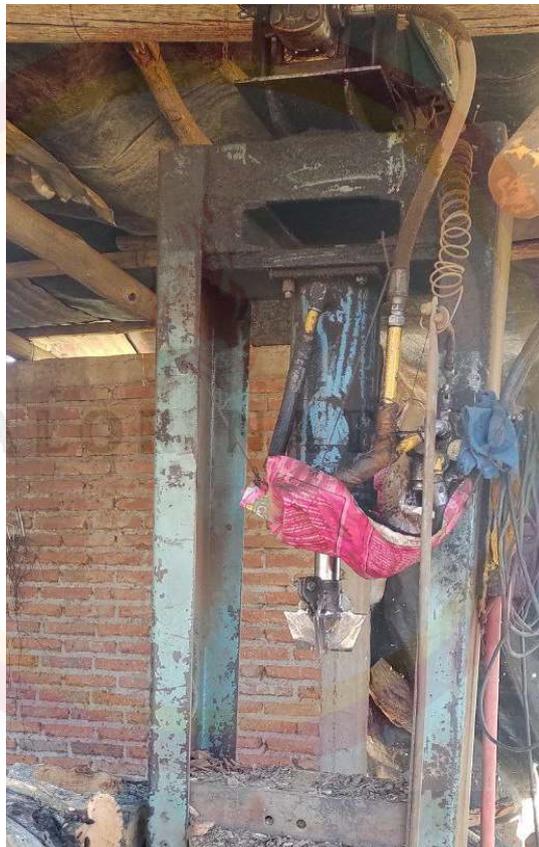


*Imagen N° 4 Sierra circular utilizada para cortar leña*

Una vez que la madera ha sido cortada en longitudes uniformes, se inicia el proceso de clasificación en dos categorías: madera lista para armar atados o bolsas de leña, y madera que requiere ser partida en piezas más pequeñas.

La clasificación de la madera en estas dos categorías es fundamental para la organización y preparación de la leña, para su comercialización y uso. La madera que ya tiene el tamaño adecuado para ser utilizada directamente en atados o bolsas se prepara para su empaquetado y distribución.

Por otro lado, la madera que es demasiado grande se somete al proceso de fraccionamiento, que consiste en dividirla en trozos más pequeños que sean manejables y adecuados para su uso en estufas, chimeneas u otros fines de calefacción. Esta última tarea se lleva a cabo mediante el uso de una cuña, cuya fuerza y potencia son proporcionadas por un cilindro hidráulico.



*Imagen N° 5 Prensa hidráulica para trozar leña*

Las desventajas del proceso son notables, es una línea de producción que es discontinua, lo que puede resultar en una eficiencia reducida debido a tiempos muertos. Además, existe una dependencia significativa de la fuerza humana en varios pasos, como la elevación de los troncos y el corte, lo que plantea un riesgo considerable para la seguridad física de los operarios y sus extremidades.

En particular, la actividad de elevar y cortar los troncos manualmente puede resultar peligrosa debido a la posibilidad de accidentes y lesiones. Asimismo, en el proceso de fraccionamiento, la madera se coloca a mano, lo que aumenta el potencial de accidentes durante esta etapa.

Esta consideración de seguridad es crucial al diseñar un nuevo proceso. La implementación de medidas de seguridad mejoradas, como equipos de elevación mecánica para los troncos y sistemas automatizados para el corte y partición, podría reducir significativamente los riesgos para los operarios. Un enfoque en la automatización y la ergonomía en el diseño del proceso podría no solo mejorar la seguridad laboral, sino también aumentar la eficiencia y la productividad en la producción de leña.

Las desventajas del proceso se encuentran en una línea de producción discontinua y la cantidad de procesos realizados a fuerza humana, como la elevación de los troncos y cortado, representando un gran peligro para las extremidades del operario.

Además, en la partidora, la madera es ubicada a mano, lo que puede provocar accidentes durante el proceso.

Este punto es considerable a la hora de diseñar un nuevo proceso.

A continuación, se muestra esquemáticamente la ubicación del establecimiento.



*Imagen N° 6 Ubicación de la leñera visitada*

### 7.1.2 Segunda visita: establecimiento en Rama Caída

En este establecimiento, las actividades se llevan a cabo de manera individual y en un entorno más rudimentario. En particular, el proceso de corte se realiza utilizando una sierra sin fin, un dispositivo que puede representar un riesgo significativo para las extremidades y la seguridad de los trabajadores.

Esta metodología presenta ciertas limitaciones y desafíos. El uso de una sierra sin fin, aunque puede ser efectivo para el corte, implica riesgos potenciales debido a la proximidad de las manos y extremidades a la herramienta de corte en movimiento. La necesidad de aplicar una fuerza considerable también puede aumentar la fatiga de los trabajadores y aumentar el riesgo de lesiones.



*Imagen N° 7 Sierra sin fin utilizada para trozar troncos*

A partir de este punto, se realiza una clasificación de la leña, similar al caso previamente mencionado. La leña se separa según su diámetro en dos categorías: la que necesita ser fraccionada en trozos más pequeños y la que puede ser utilizada directamente para atados o bolsas.

Para llevar a cabo el fraccionamiento, se emplea un cilindro oleo hidráulico horizontal. No obstante, es importante destacar que el diseño de este cilindro no se ha basado en un cálculo preciso, sino que su funcionamiento ha sido determinado a través de métodos de prueba y error.



*Imagen N° 8 Cilindro Oleo-hidráulico utilizado para partir troncos*

El cilindro oleo hidráulico es alimentado por un motor de combustión interna de 50cc de dos tiempos. Este motor impulsa la bomba hidráulica que a su vez genera la fuerza necesaria para mover el vástago del cilindro y llevar a cabo la partición de la leña.

La elección de un motor de combustión interna para alimentar la bomba hidráulica es una solución práctica para proporcionar la potencia requerida para el proceso de partición.

En cuanto al proceso de realizar bolsas, se lleva a cabo manualmente utilizando canastos. Cada canasto contiene aproximadamente 4 kilogramos de madera. Aunque esta metodología puede ser tradicional, es importante considerar la eficiencia y seguridad de los trabajadores al manipular y transportar los canastos llenos de madera.

## 8 Formulación del proyecto

### 8.1 Problemática.

En base a las visitas realizadas a distintos establecimientos se concluyó que los principales desafíos que surgen en el proceso de obtención de leña provienen del empleo de herramientas manuales, tales como hachas, motosierras, etc. y un proceso productivo discontinuo.

El esfuerzo requerido por parte del personal, en virtud de que se demanda el levantamiento de los troncos hasta una elevación cercana a 1 metro desde el nivel del suelo, además de su traslado desde el sitio de almacenamiento hasta la ubicación de la maquinaria de corte y el corte propiamente dicho requiere el uso de la fuerza por tiempos prolongados.

Esta circunstancia conlleva riesgos considerables porque las maquinarias utilizadas representan un riesgo, aunque se contemplen todas las medidas de seguridad, por el cansancio luego de cierto tiempo de trabajo y prácticas inseguras o erradas desde el punto de vista de la ergonomía.



*Imagen N° 9- Troncos de gran porte*



*Imagen N° 10- Zona de almacenaje*



*Imagen N° 11- Sierra sin fin utilizada para cortar troncos*



*Imagen N° 12- Sierra circular utilizada para cortar troncos*



*Imagen N° 13 - Prensa hidráulica con cuña*



Imagen N° 14 - Cilindro hidráulico utilizado para astillar madera

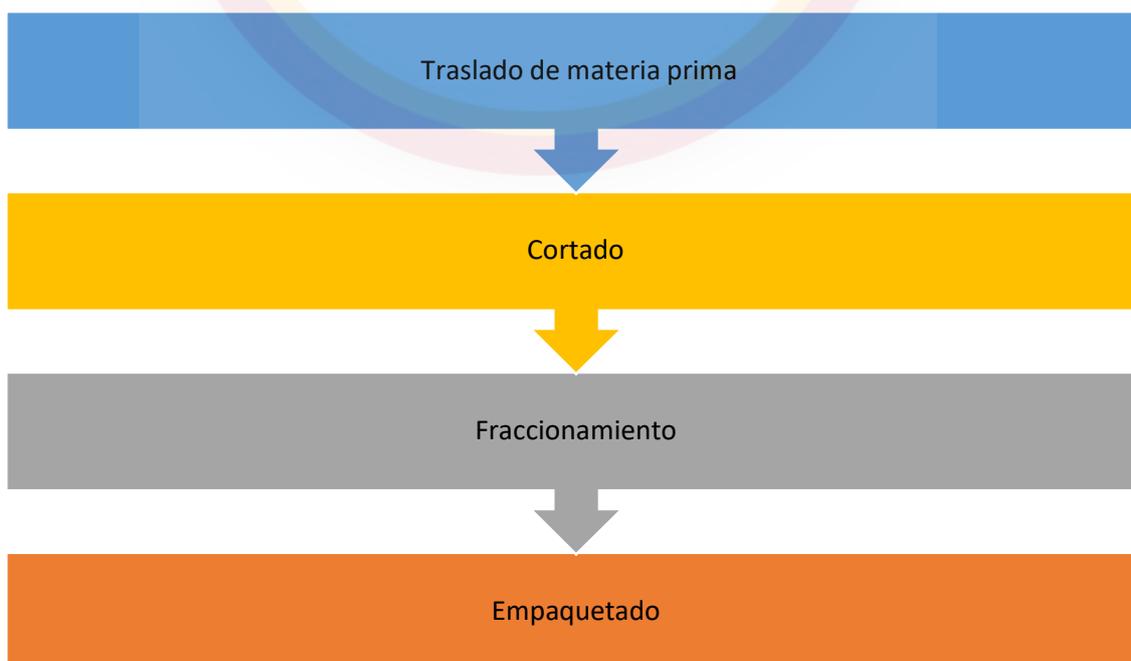
Por otro lado, se destaca que la producción manual de leña se caracteriza por su limitada velocidad, lo cual puede traducirse en una disminución del rendimiento productivo y dificultades para satisfacer la demanda del mercado.

Con el propósito de abordar estos desafíos, se busca incrementar la velocidad de producción y reducir la dependencia de la labor manual, especialmente en la etapa de astillado. Una solución con perspectivas favorables consiste en la implementación de maquinaria especializada, como astilladoras mecánicas, que permitirían aumentar la productividad y disminuir el esfuerzo físico necesario. Además, proporcionar capacitación adecuada a los trabajadores en el uso seguro de estas herramientas.

El enfoque propuesto para llevar a cabo el proyecto se basa en la adopción de un sistema hidráulico, dado que se trata de un mecanismo robusto y sencillo, con piezas de fácil reemplazo y una menor cantidad de componentes susceptibles de requerir mantenimiento.

## 8.2 Ideas para solucionar problemática planteada

### 8.2.1 Proceso en análisis



### 8.2.1.1 *Traslado de materia prima*

En el proceso de traslado de la materia prima actualmente se observó que se realiza a fuerza de hombre, donde los empleados de cada uno de los corralones visitados levantan individualmente o acompañados los troncos de gran porte y los ubican en la zona de corte para seccionarlos en troncos de menor tamaño. Luego estos son llevados a la zona de astillado o fraccionado, también a fuerza humana, ya sea levantándolos o con ayuda de una carretilla.



*Imagen N° 15- Carretilla usada para transportar troncos de gran porte*



*Imagen N° 16- Personas transportando un tronco*

Se observó que ambos procesos tanto el cortado como el astillado se encuentran separados lo que aumenta el esfuerzo físico de los trabajadores al momento de trasladar los troncos ya cortados a la zona de astillado. También se observó que el almacenaje de los troncos sin cortar siempre se encuentra a una distancia considerable de la zona de corte, por lo que resulta en grandes esfuerzos físicos para trasladar los troncos.

Para abordar esta problemática surgieron distintos mecanismos de carga y traslado.

## 8.2.1.1.1 Carro porta troncos:



Imagen N° 17 Carro para trasladar troncos



Imagen N° 18 Carro para trasladar troncos

Este carro está diseñado para ayudar a cargar y transportar troncos largos y pesados de manera más eficiente. Estos son sujetos mediante una garra o juego de cadenas, este carro permitiría el traslado de los troncos hacia la zona de corte.

**Menos esfuerzo físico:** Al utilizar este carro, se reduce la necesidad de cargar y arrastrar manualmente los troncos pesados. Esto disminuye el esfuerzo físico requerido y puede prevenir lesiones en la espalda u otros problemas relacionados con el manejo manual de cargas pesadas.

**Versatilidad:** Está diseñado para ser ajustables y adaptables a diferentes tamaños de troncos. Esto los hace versátiles para su uso en diferentes situaciones y tipos de troncos.

#### 8.2.1.1.2 Cabrestante o malacate

Un malacate es un dispositivo mecánico que se utiliza para levantar, tirar o arrastrar cargas pesadas utilizando una cuerda, cable o cadena enrollada en un tambor o cilindro. Los malacates se utilizan en una variedad de aplicaciones, desde operaciones industriales hasta actividades recreativas al aire libre. Son herramientas útiles para aplicaciones que requieren fuerza adicional para mover objetos pesados o para superar obstáculos difíciles.

Los malacates pueden funcionar de manera manual, eléctrica, hidráulica o mediante otros tipos de energía, y pueden variar en tamaño y capacidad según su uso específico.



Imagen N° 19- Malacate manual - vidaxl.es



Imagen N° 20- Malacate motorizado -offroadatvsite.blogspot.com.au

Este método analizado es el de implementar un malacate de mano o motorizado, dispuesto sobre una estructura fija el cual ayudaría a trasladar el tronco mediante arrastre hacia la zona de cortado.



Imagen N° 21- Malacate siendo utilizado para el traslado de troncos

**Fuerza adicional:** El principal beneficio de un malacate es que proporciona una ventaja mecánica, lo que significa que puedes ejercer una mayor fuerza para levantar, tirar o arrastrar cargas pesadas de lo que podrías hacer manualmente. Esto es especialmente útil cuando se manejan objetos de gran peso o en situaciones donde se necesita superar resistencias considerables.

**Seguridad:** Utilizar un malacate puede ser más seguro en comparación con levantar o mover cargas pesadas manualmente. Reduce el riesgo de lesiones personales debido a la aplicación excesiva de fuerza o movimientos bruscos.

**Eficiencia:** Pueden ahorrar tiempo y esfuerzo al realizar trabajos que requerirían múltiples personas o equipos adicionales.

#### 8.2.1.2 Cortado

El cortado de troncos es el proceso de dividir troncos o piezas de madera en segmentos más pequeños y manejable. El objetivo principal del cortado de troncos es transformar la madera en piezas más manejables, en el caso del corte para la leña se seccionarán los troncos en secciones de 40cm o de menor longitud dependiendo el uso de la leña. De esta forma facilita el transporte manual y el manejo de la astilla dentro de estufas, fogatas, chimeneas, salamandras, entre otras.

El proceso de cortado se puede realizar con:

#### 8.2.1.2.1 Moto Sierra:

Es una herramienta potente y eficaz utilizada principalmente para cortar árboles y ramas. Funciona mediante un motor que proporciona energía a una cadena metálica, la cual es impulsada por un embrague centrífugo y se mueve a altas velocidades alrededor de una ranura en la barra guía de aserrado. Cuando la cadena en movimiento hace contacto con la madera, sus afilados dientes se deslizan por la superficie y cortan la madera.



Imagen N° 22 - Motosierra- jardinizados.com

#### 8.2.1.2.2 Sierra Circular:

Una sierra circular es una herramienta eléctrica que se emplea para cortar madera y otros materiales mediante un disco circular equipado con dientes afilados. Esta herramienta es ampliamente utilizada en la carpintería y la construcción debido a su capacidad para realizar cortes precisos y eficientes.

Estos dientes cortan a medida que el disco gira a alta velocidad. Las sierras circulares son versátiles y ampliamente utilizadas en la carpintería, la construcción y otros trabajos relacionados con la madera.



Imagen N° 23 - Sierra Circular - sierracircular.pro

#### 8.2.1.3 Fraccionado/Astillado

En el proceso mencionado, se lleva a cabo una acción de corte en paralelo al eje del tronco previamente seccionado. Este procedimiento persigue dos objetivos principales: en primer lugar, reducir el peso del material a transportar, facilitando así su movimiento; y, en segundo lugar, ampliar la superficie de ignición al momento de encender la madera, promoviendo una combustión más eficiente.

Con el propósito de asegurar una adecuada capacidad de encendido, es importante que la humedad contenida en la leña se encuentre en niveles extremadamente bajos. Para lograr esta condición, resulta indispensable permitir que el tronco, una vez fragmentado, pase por un proceso de secado que puede extenderse a lo largo de varios meses. Este período de secado es esencial para reducir significativamente la humedad interna del material.

Una ventaja adicional obtenida a través de la práctica del astillado consiste en la exposición de las fibras internas del tronco. Al llevar a cabo este proceso posterior a la segmentación del tronco, se acelera de manera considerable el proceso de secado natural al aire libre. Esta aceleración se debe a la mayor superficie expuesta y a la optimización de la circulación de aire, factores que contribuyen a una reducción más rápida de la humedad residual.



*Imagen N° 24 Madera ya astillada*

#### 8.2.1.3.1 Hacha manual

Un hacha es una herramienta que se utiliza para cortar o dividir materiales, generalmente madera. Físicamente, un hacha consta de dos partes principales: la hoja y el mango.

**Hoja:** La hoja del hacha es la parte metálica afilada que realiza el corte. Está diseñada con un borde afilado en un extremo y una forma cóncava en la parte posterior para reducir la fricción al penetrar en el material. La hoja se encuentra en un ángulo con respecto al mango para permitir un corte efectivo.

**Mango:** El mango es la parte larga y generalmente de madera del hacha. Sirve como el agarre de la herramienta y proporciona la longitud y la palanca necesaria para aplicar fuerza al realizar el corte. El mango debe estar firmemente sujeto a la hoja para garantizar la seguridad y la eficacia.



*Imagen N° 25 Hacha manual*

El funcionamiento físico del hacha se basa en el principio de la palanca y la concentración de fuerza en el borde afilado de la hoja. La energía cinética del movimiento que se utiliza para levantar el hacha se convierte en energía potencial y se acumula. Cuando el hacha desciende y golpea el material, esta energía potencial se convierte en energía de deformación, lo que permite que la hoja penetre y corte el material, debido a su filo, lo separa a medida que avanza. La forma cóncava de la hoja facilita la penetración y reduce la resistencia.

#### **Ventajas del Hacha:**

**Versatilidad:** Las hachas son herramientas multifuncionales que pueden utilizarse para cortar, dividir y astillar.

**Portabilidad:** Son herramientas relativamente compactas y ligeras, lo que facilita su transporte y uso en lugares de difícil acceso.

**Costo:** Las hachas suelen ser más económicas en comparación con herramientas eléctricas o mecánicas similares, lo que las hace accesibles para una amplia gama de usuarios.

#### **Desventajas del Hacha:**

**Esfuerzo Físico:** Utilizar un hacha requiere un esfuerzo físico significativo. El usuario debe aplicar fuerza manual para cortar, lo que puede ser agotador, especialmente en trabajos prolongados.

**Riesgo de Lesiones:** Las hachas son herramientas afiladas y peligrosas. Un uso incorrecto o descuidado puede resultar en lesiones graves, como cortes o golpes.

**Precisión Limitada:** A diferencia de las herramientas eléctricas o mecánicas, las hachas pueden ofrecer menos precisión en los cortes y divisiones.

**Dependencia de la Habilidad del Usuario:** La efectividad del hacha depende en gran medida de la habilidad y experiencia del usuario. Un operador inexperto puede no lograr cortes limpios o seguros.

En resumen, las hachas son herramientas versátiles y duraderas, pero su uso implica esfuerzo físico y conlleva riesgos de lesiones si no se manejan con cuidado.



*Imagen N° 26 Uso del hacha*

#### 8.2.1.3.2 Astilladora de tornillo

Este sistema consta de **un tornillo sin fin que penetra a presión los troncos de madera** y la arrastra a su interior gracias al movimiento en espiral de su cuchilla. Los troncos son seccionados y expulsados.

La penetración del tornillo abre la corteza del árbol y, el sentido de rotación ejerce una fuerza de atracción sobre el árbol hasta partirlo en dos. Este equipo tiene la característica de ser de sencillo diseño ya que solo requiere de un motor, una transmisión y un tornillo.

#### **Ventajas:**

**Simplicidad de diseño:** La simplicidad en el diseño puede llevar a una menor complejidad en la operación y el mantenimiento de la máquina, lo que a menudo reduce los costos de producción.

#### **Desventajas:**

**Capacidad de partición limitada:** El hecho de que solo pueda dividir un tronco en dos partes puede ser una limitación importante, especialmente si se necesita dividir troncos más grandes en fragmentos más pequeños para su procesamiento o uso.

**Necesidad de recirculación de astillas:** La necesidad de recircular las astillas obtenidas en el proceso anterior para lograr más particiones puede aumentar la complejidad y el tiempo necesario para realizar el trabajo. Esto puede ralentizar la producción y aumentar el consumo de energía.

**Manipulación y presión por parte del operador:** Si el operador necesita aplicar presión manual y realizar manipulaciones significativas para que la máquina funcione, esto puede aumentar el riesgo de lesiones o fatiga del operador. Es importante garantizar la seguridad del operador al utilizar la máquina.

Las de tornillo son menos utilizadas por su peligrosidad, ya que su sistema consta principalmente de un tornillo que penetra a presión en el trozo de madera que debe de quedar firmemente fijada y la hace estallar lanzando en ocasiones astillas a gran velocidad. (“Astilladoras de Leña | INTERMAQUINAS”)



Imagen N° 27 Tornillo sin fin encargado de partir la madera



Imagen N° 28 Astilladora a tornillo

#### 8.2.1.3.3 Astilladora de cuña

La astilladora de cuña utiliza una fuente de energía para impulsar una plataforma de tal manera que impulsa el tronco trozado contra una cuña rígida. Así se genera la compresión y, en consecuencia, el corte del tronco. Una vez la plataforma recorra toda la longitud del tronco, las astillas se desprenderán de la cuchilla y serán trasladadas a recipientes. Existen también modelos que, en lugar de impulsar la plataforma, se impulsa la cuña y la plataforma es colocada de forma rígida.

Las ventajas de esta máquina es que permite una mayor cantidad de particiones por procesos. Esto se puede lograr cambiando la cuchilla por una en forma de cruz, asterisco, malla, etc. Además, permite el manejo remoto de los procesos a través de válvulas y mecanismos. También permite una mayor productividad debido a que no requiere de una manipulación directa del operador. Entre sus desventajas se encuentra el requerimiento de diversas piezas para poder obtener diferentes cortes.

Existen dos tipos de accionamiento para este tipo de máquinas:

### Astilladora de troncos hidráulica

Este equipo aplica la presión ejercida sobre un pistón por medio de un fluido para impulsar el tronco contra un hacha rígida ubicada al final de la carrera del pistón y así la compresión parte el tronco. Esta máquina es más segura y ligera debido al empleo de elementos hidráulicos para el diseño los cuales requieren de menor mantenimiento.



Imagen N° 29 Astilladora de Cuña hidráulica

### Astilladora de troncos mecánica

El principio de corte es muy parecido al realizado por el cortador hidráulico, con la diferencia de que el accionamiento es por medio de un piñón que puede ser conectado con el brazo impulsor manualmente. Es adecuado para altos requerimientos de producción a comparación de las máquinas anteriormente mencionadas.

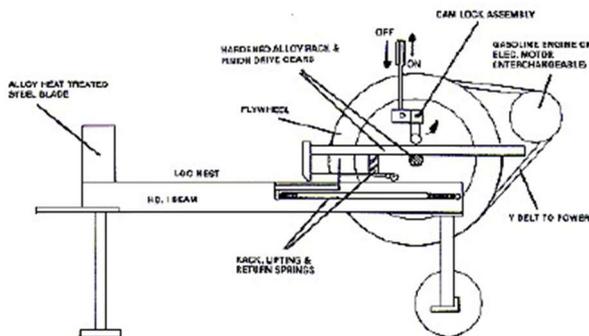


Imagen N° 30 Esquema del principio de una astilladora de cuña mecánica

#### 8.2.1.3.4 Modelos de las cuchillas para astilladoras de cuñas

En esta sección se mostrarán los diversos modelos de cuchillas existentes para realizar la función de astillado.

##### **Cuña de una etapa:**

Consiste en un bloque de acero con un filo maquinado en un extremo y soldado en la guía del tronco, de forma tal que, al empujar al tronco contra esta, se divida en dos pedazos del tronco.

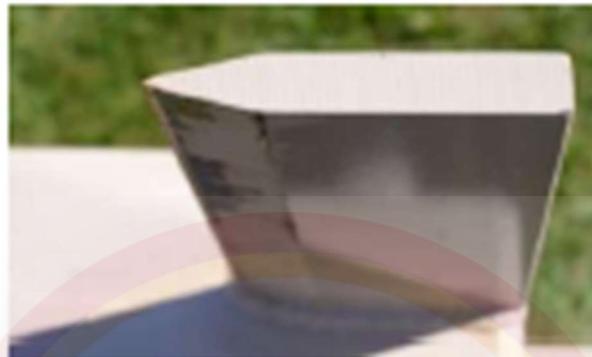


Imagen N° 31 Cuña de una etapa

Una variante del modelo es usar una cuña triangular en punta con una apertura más pronunciada que la de una hacha normal. Adicionalmente otra cuña con punta curva cumple la función de apoyo y facilita el efecto de corte de la cuña afilada.

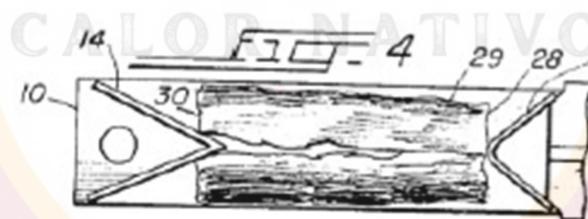


Imagen N° 32 Esquema de astilladora con soporte curvo

##### **Cuña de dos etapas**

Otras variantes de este tipo de cuchilla se enfocan en variar la sección transversal con respecto al recorrido del tronco de tal manera que se pueda obtener una fuerza de corte reducida a partir de aumentos de ancho por el empuje lateral del tronco ya fragmentado.

La forma en la que se realiza la partición del tronco bajo el efecto de esta cuña.

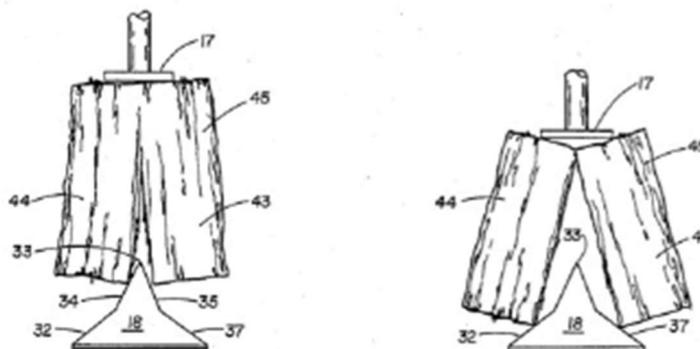


Imagen N° 33 Esquema de astilladora de dos etapas

### Cuña de tres etapas

En el caso de la cuña de tres etapas de expansión, se requiere un modelo más rígido ya que es posible que se generen deformaciones por la influencia de la fuerza del tronco sobre la cuña. Esta cuenta con una cuchilla corta y con unas placas que aumentan el ángulo de filo. Para evitar flexiones cuentan con una placa soldada por arriba que permite mayor rigidez de la pieza. Algunas recomendaciones de ángulos para este tipo de cuña es que en la primera etapa tenga un ángulo de  $22^\circ$ , mientras que para la segunda etapa la recomendación es de  $50^\circ$  aproximadamente, finalmente para la tercera etapa se recomienda un ángulo de  $95^\circ$ .

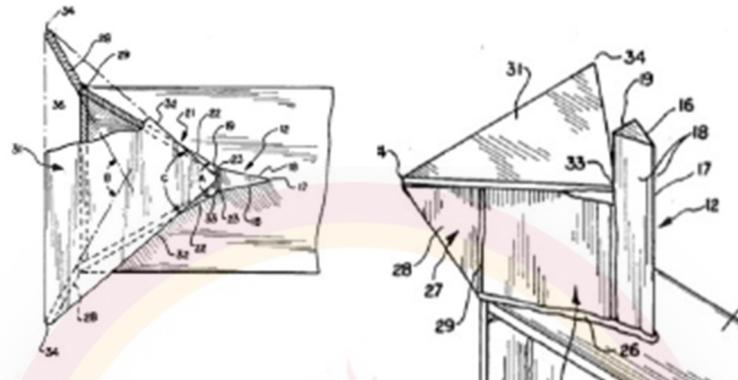


Imagen N° 34 Cuchilla de tres etapas.

### Cuña de dos filos

Estas cuñas son usadas básicamente para producir una mayor cantidad de trozos de leña, consiste en dos cuchillas unidas perpendicularmente entre sus filos, de manera que forman una cruz. Así el tronco se divide en cuatro partes de una sola carrera del pistón. Una versión simple es soldar dos cuchillas a una cuña de un solo filo de manera que se forme la cruz.



Imagen N° 35 Cuña de dos filos

Otra versión consiste en un filo principal con dos aletas atornilladas formando una cruz para permitir tanto cortes en dos piezas como en cuatro piezas. Este modelo puede ser utilizado como pieza móvil y la plataforma colocada de forma rígida. Además, cuenta con abolladuras en sus aletas con el fin de reducir la energía inicial de contacto y el diseño curvo asegura que el tronco no se mueva durante el proceso de corte. Al inicio del recorrido se cuenta con una pieza que

cuenta con una ranura diseñada para que ingrese toda la cuña y expulsar toda pieza de madera que tenga adherida y asegurar el desprendimiento del tronco al final del retorno.

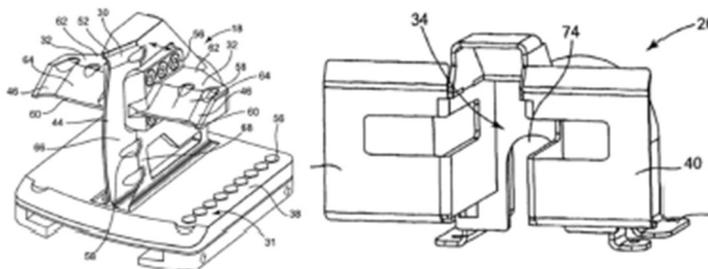


Imagen N° 36 Cuña de dos filos móvil (izquierda)

#### 8.2.1.4 Empaquetado

Este proceso consiste en el fraccionamiento de las astillas partidas para su posterior comercialización, este fraccionamiento se realiza en atados o bolsas y existen diversas formas de armarlos.

Una empaquetadora de leña es una herramienta que se utiliza para empaquetar leña partida en paquetes pequeños y portátiles.

El tamaño de los paquetes suele oscilar entre 4-5 kg de leña

Se puede utilizar cordel, cuerda, pero también eligen una envoltura plástica para atar la madera.

#### **Atado manual**

El proceso de atado manual de leña implica que el operario disponga, de manera metódica, una cantidad predeterminada de astillas de madera sobre una plataforma diseñada para albergar el número requerido de elementos. Después de organizar y alinear las astillas, se utiliza una cinta de material plástico o de goma para asegurar y unir las astillas, efectuando el atado manual. Este procedimiento, aunque efectivo, se caracteriza por ser un proceso laborioso y

que puede ocasionar daños en las manos de los operarios debido a la tensión y la manipulación repetitiva de las cintas o amarres.



*Imagen N° 37 Atado le leña terminado*

La necesidad de mejorar la eficiencia y la seguridad en este proceso ha llevado a la exploración de alternativas, como la automatización o la incorporación de dispositivos mecánicos en el atado de la leña.

Dentro de estas alternativas se mostrará las maquinas que comercialmente se encuentran hasta el momento.

### **Twister bundler**

[Twister Bundler | Multitek Inc](#)

El Wood Beaver Twister Bundler es el clásico entre los envoltorios de leña. Construida de forma resistente y diseñada para la velocidad, esta máquina producirá paquetes tan rápido como pueda cargarlos.

Wood Beaver's Twister Bundler es una envolvedora de leña rápida y liviana diseñada para hacer que el proceso de empaquetado sea muy sencillo. Simplemente cargue su leña, toque el pedal para envolver, agregue asas si lo desea y obtendrá un paquete de alta calidad que puede vender para obtener ganancias.



*Imagen N° 38 Envolvedora*

Standard manual model

[Firewood Bundler Standard Manual Model - Hud-son](#)

Esta máquina tiene un funcionamiento muy similar a la anterior, pero en este caso el mecanismo es manual mediante un sistema de bileas. Esta utiliza un filme plástico para sujetar las astillas de madera

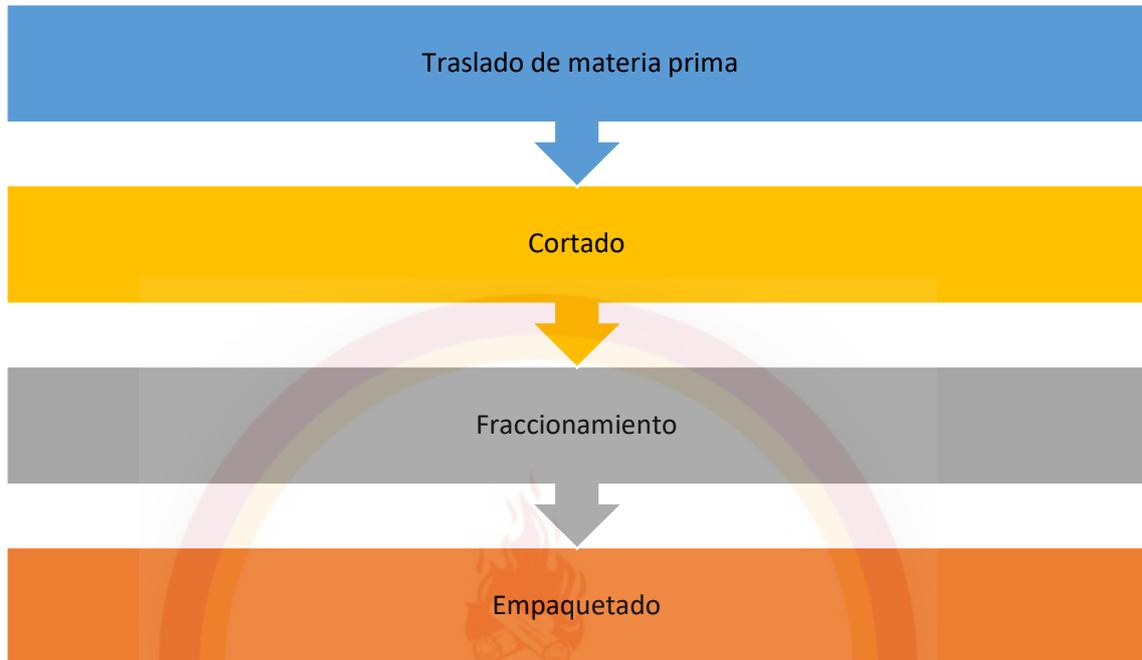


*Imagen N° 39 Envolvedora Manual*

### 8.3 Abordaje a los desafíos de cada proceso

La tarea más importante del proyecto es la unificación de procesos y reducir la intervención de los operarios al mínimo posible, de forma que se reduzcan tiempos de trabajo, riesgos y cansancio.

Los procesos principales que tratará la máquina son:



#### 8.3.1 Traslado de materia prima

En el traslado de los troncos se utiliza un malacate eléctrico sujeto a la estructura, por lo que el trabajo del operario se reduce en caminar hasta el tronco que se quiera trabajar, sujetarlo/atarlo con un cable de acero y comenzar a tirar con el malacate.

Con este método se disminuye el esfuerzo que debe realizar la persona encargada del proceso tanto por el peso a trasladar como también por la posición incómoda de trabajo considerando la ergonomía.

Se prefiere el malacate por encima de las otras opciones por su capacidad de integridad en la máquina y facilidad de ser automatizado, disminuye al máximo el esfuerzo humano, es seguro y no representa una gran complejidad adherida al proceso.



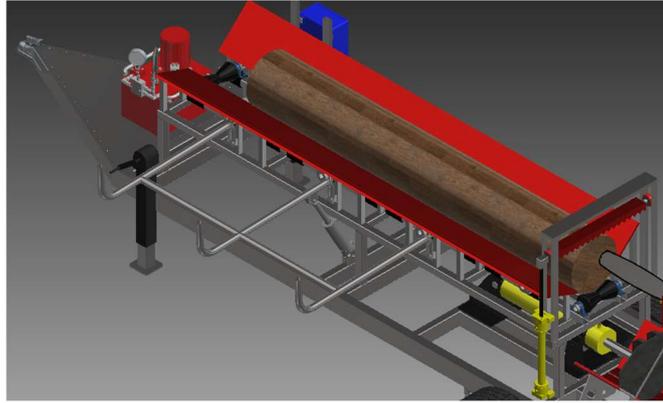
Imagen N° 40 Malacate eléctrico genérico

En el traslado también se considera la elevación del tronco a la superficie de corte. Se denomina superficie de corte a la comprendida por rodillos motores y conducidos que soportan el tronco y lo trasladan para que sea cortado a medida; también cuenta con un límite de contención en el lateral opuesto al que se carga el tronco, el cual tiene la función de frenar la madera y que ésta no se caiga de la máquina.



El malacate arrastra el tronco hasta una rampa accionada de manera hidráulica elevando la madera aproximadamente un metro desde el nivel del suelo.

Una vez posicionado el tronco, se da la orden a la rampa de elevarse hasta un punto en el que la madera desliza o rueda hacia la mesa de transporte.



*Imagen N° 41 Rampa de elevación de troncos*

### 8.3.2 Corte

Una vez que la madera ya se ubicó sobre la máquina, los rodillos lo trasladan hasta la posición de corte. Esta posición establece la longitud del tronco cortado, se sujeta la madera mediante un sujetador accionado hidráulicamente y por último baja una motosierra que realiza el corte propiamente dicho.

De esta forma se evitan cortes de distintas longitudes y la fatiga física y auditiva del operario que debería encargarse de dicha tarea.

Se prefiere una motosierra por encima de una sierra circular o sierra sin fin por la complejidad y peligro que implicaría la utilización de éstas. La motosierra representa una solución más sencilla y segura.

El mantenimiento también es sencillo ya que consta principalmente del afilado de la cadena o del recambio de esta. Además, del mantenimiento general de toda la máquina, inspecciones visuales, tareas de corrección y programadas.



*Imagen N° 42 Modelo de trozado de madera mediante motosierra*

### 8.3.3 Fraccionado

Una vez que la madera se corta a la longitud deseada para la obtención de bolsas de madera/leña ésta cae a una bandeja donde un pistón impulsa al tronco contra una cuchilla que lo astilla en varias secciones de forma que se realiza una división longitudinal de la madera pasando de tener una madera de gran diámetro a maderas más pequeñas y aptas para el embolsado.



*Imagen N° 43 Cuchilla de varios filos*

Se prefiere la utilización de la cuña por sobre las otras opciones por la seguridad que ofrece, la velocidad y principalmente porque permite la posibilidad de partir la madera en varias secciones en un solo movimiento de avance.

En oposición, el tornillo cónico que se mencionó antes también parte la madera, pero requiere la presencia de un operario y existe el peligro de que el tronco ceda rápidamente y se esparzan astillas pudiendo lastimar al operario o terceros que estén en la zona de trabajo. También es un trabajo repetitivo, al igual que si se usa una cuña simple, teniendo que partir un tronco varias veces para obtener el tamaño deseado.

#### 8.3.4 Empaquetado

Para el empaquetado se dispone de un canasto en el cual se depositarán las maderas preparadas para ser empaquetadas. Se dispone que el volumen del canasto corresponde a un peso aproximado de 4 kilogramos. Por lo tanto, llenando dicho volumen, es posible hacer pivotar la base y que la madera caiga en la bolsa para su posterior atado y disposición final, lista para ser transportada a donde se requiera.

Se elige esta opción por sobre otras más complejas y automatizadas porque el costo adherido no representa un avance igualmente valioso. El trabajo de empaquetado si bien es repetitivo no es peligroso o dañino para un operario de forma que podría realizarlo por periodos de tiempo extendidos sin ningún perjuicio. Pudiendo realizar la tarea sentado o parado y tomando breves descansos.



## 9 Análisis económico

### 9.1 Estudio de mercado

Se llevó a cabo un estudio de mercado con el fin de determinar cuántas personas o empresas se dedican a la actividad económica que se busca emprender con el proyecto productivo. En este caso, la fabricación de un producto específico, así como para recopilar información sobre las características del producto y el precio que el público estaría dispuesto a pagar por él.

Este estudio proporcionará información sobre si existe una demanda insatisfecha en la ubicación prevista para el emprendimiento y ayudará a evaluar si el proyecto será bien recibido por el público.

Para el siguiente estudio de mercado se analizó:

- Análisis de oferta: Qué tanto se produce el bien que se pretende desarrollar en el lugar a establecer.
- Análisis de demanda: Cantidad de personas que lo compran y hacen uso de este, así como conocer las características que los usuarios buscan.
- Análisis de producto: Creación de un producto innovador para el público.

### 9.2 Análisis de oferta

La zona destinada a la producción de bolsas de leña establecida es el distrito de San Rafael, correspondiente a la provincia de Mendoza, Argentina.



Imagen N° 44 Mapa hídrico y de rutas de Mendoza

El Departamento de San Rafael está ubicado al sur de la Provincia de Mendoza a 232 kilómetros de la Ciudad Capital. Limita al norte con los departamentos de San Carlos, Santa Rosa y La Paz, al sur con el departamento de Malargüe y con el Provincia de La Pampa, al este con el departamento de

General Alvear y con la provincia de San Luis, y el oeste con la República de Chile.

El heterogéneo relieve de San Rafael se compone por las altas cumbres de la Cordillera de los Andes (Cerro Sosneado de 5169 metros sobre el nivel del mar) y sierras menores al oeste, llanuras y depresiones hacia el este.

San Rafael es recorrido por los ríos Diamante y Atuel. Estos provienen de la fusión de la nieve en la Cordillera y cuentan con características de ríos de montaña.

En sí toda la provincia presenta condiciones climáticas áridas y semiáridas, con precipitaciones medias de 200mm anuales, caracterizadas por importantes variaciones espaciales y temporales. En la zona de la cordillera se registran precipitaciones del orden de los 600 a 1000mm anuales, mientras que en la zona de la llanura oriental las precipitaciones son de 100mm en el límite norte con San Juan y de 450mm al sur en el límite con San Luis y La Pampa.

Todas las áreas cultivadas hacen uso de los recursos hídricos superficiales y también de los subterráneos, siendo este último al que ofrece mayor seguridad para su explotación cuando el primero no existe o disminuye en su disponibilidad. Los recursos subterráneos son los que sustentan la ocupación del territorio identificado como zona de desierto, complementado con la recolección de las escasas precipitaciones a través de rudimentarias represas.

Las condiciones ambientales descritas anteriormente del semi desierto Mendocino hacen que resulte un terreno en el que las especies vegetales que habitan allí deban contar con características determinadas que les permitan adaptarse a este tipo de clima.

Las tres características que deben poseer las plantas mendocinas son:

- Ser plantas xerófilas, lo cual significa que deben ser resistentes a la falta de agua.
- Ser plantas halófilas, lo cual implica que deben ser resistentes al suelo y al agua salada.
- Ser plantas psamófilas, que son aquellas que pueden desarrollarse en suelo arenosos.

En la provincia de Mendoza, Argentina, algunas de las maderas más utilizadas para leña son:

- Algarrobo
- Tala
- Caldén
- Eucalipto
- Frutales
  - Manzano
  - Peral
  - Duraznero

- Ciruelo
- Entre otras.

Los árboles frutales no suelen ser utilizados comúnmente como fuente de leña debido a su valor productivo para la producción de frutas. Sin embargo, en algunos casos, especialmente cuando los árboles han llegado al final de su ciclo de vida productivo o cuando se están realizando podas de mantenimiento, la madera de árboles frutales puede utilizarse como leña.

En el estudio de la oferta se relevaron los lugares que en el departamento de San Rafael se dedican a la venta de leña a granel. Se relevaron siete sitios de expendio de leña, de los cuales tres son los más importantes, el resto son comercios como verdulerías o locales comerciales de pequeña envergadura, que venden leña como actividad secundaria, pero le compran a un proveedor el atado ya realizado. Todos los sitios relevados abastecen de leña a hogares particulares y a otros lugares de reventa. Los entrevistados fueron personas de ambos sexos, entre 25 y 70 años, todos oriundos de la zona.

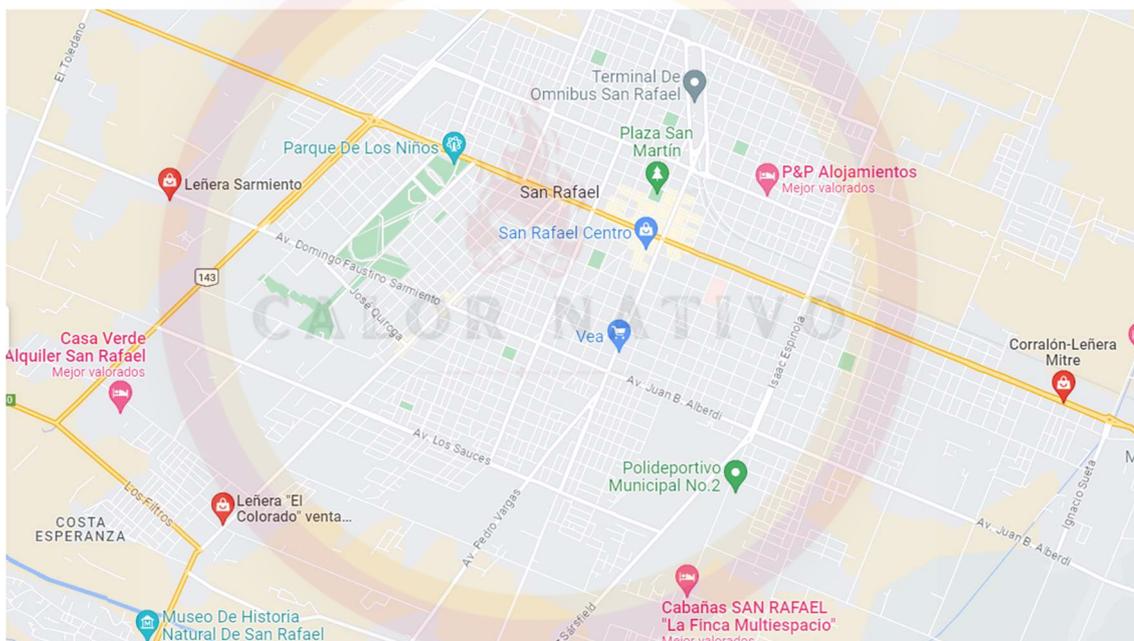


Imagen N° 45 Mapa de San Rafael de las tres leñeras principales

Las personas entrevistadas constituyen un grupo heterogéneo, lo que refleja que la inserción en la actividad leñera es reciente en algunos casos, mientras que en otros es de larga data y los conocimientos implicados fueron transmitidos de generación en generación, aunque en algunos casos es más una elección que una necesidad.

En base a las entrevistas realizadas se concluye que la venta de leña se realiza como subsistencia, no es porque se tenga un trabajo fijo y que los beneficios en dicho trabajo se inviertan en la venta de leña, directamente la gente se dedica a eso, ya que la primera generación de las familias fueron leñeros, no por que quisieran, sino que era lo único que sabían hacer.

La leña, en los sitios de expendio, suele disponerse en pilas: Una constituida por especies propias de la zona, las que venden mezcladas, y otras con las especies de madera más dura, que proceden principalmente del norte del país, en ocasiones también se suele apilar por especie. La forma de identificación es principalmente por el color de la madera, por su peso y por el tipo de corteza. Se suele clasificar a diversos criterios, estos varían según cada vendedor:

- Según la dureza (duras, semiduras, blandas)
- Por especie
- Según la estufa del usuario: Salamandra (tamaño chico), hogar (mediano o grande)
- Por tamaño (grande, mediano y chico)
- Palos y astillas (generalmente comprada para iniciar fuegos)

La forma en que se expende la leña puede ser a granel, en atados o bolsas. Además, suelen vender bolsas “iniciadoras”, es decir, las que sirven para encender el fuego, constituidas por maderas finas que provienen del reciclado de cajones o de desechos de madereras.

Las cantidades de leña que se vende depende de varios factores:

- Según su destino (si es para consumo familiar o para reventa)
- condiciones de temperatura (verano o invierno)
- Tipo de estufa que tenga el usuario (la salamandra permite una mejor regulación de la combustión y un mejor control del humo que del hogar, por lo que también supone un ahorro de combustible)
- Las dimensiones del ambiente a calefaccionar (si los usuarios solo emplean leña o si suplementan la calefacción con gas o electricidad)
- Del tiempo de encendido (todo el día o solo por la noche)
- De la especie utilizada (algunas maderas pueden consumirse más rápido que otras, por ejemplo, si es un tronco promedio para una estufa de hogar una madera de pino puede tardar 3 horas en consumirse, mientras que el eucalipto 5 – 6 horas)

Respecto a lo que conlleva a la obtención de leña la estrategia principal es la compra, es decir, se compra a un proveedor y la misma se fracciona para lograr tener atados de leña o venderla a granel. En base a la compra de leña, los entrevistados eligen especies de madera dura, consideradas buenas, ya que generan buena brasa, calor y logran durar bastante tiempo (algarrobo, frutales, eucalipto, caldén, entre otras).

Según los entrevistados, para efectuar el transporte es necesario contar con una guía de tránsito de productos forestales, que se transmite vía online en la página web del Ministerio de Agroindustria y tiene una validez de 72 horas. Para el caso de productos provenientes de bosques nativos se debe abonar una suma determinada por tonelada y se debe declarar la cantidad transportada, el importe y los datos personales. A continuación, se pueden ver los camiones cargando leña lista para llevarla a un corralón y debajo los atados o bolsas que se preparan para reventa.



Imagen N° 46 Camión cargado con algarrobo –Foto extraída de [www.actualidadchaco.com.ar](http://www.actualidadchaco.com.ar)



Imagen N° 47 Bolsas y bolsos de leña – Foto extraída de [www.actualidadchaco.com.ar](http://www.actualidadchaco.com.ar)

### 9.3 Análisis de demanda

En el estudio de mercado respecto a lo que conlleva a la demanda de leña, se analizan a los principales recursos alternativos disponibles para reemplazar a la misma. Estos son el gas, ya sea envasado o de red y por último la disponibilidad del servicio eléctrico.

En San Rafael los inviernos se caracterizan por alcanzar temperaturas mínimas bajo cero y se combinan con las máximas que no superan los dos dígitos, el hecho de lograr obtener un ambiente agradable se convierte en una gran dificultad. No hay factibilidad de gas natural para domicilios particulares ni empresas desde 2016. La calefacción eléctrica aparenta ser la solución en muchos hogares, pero muchos otros más precarios suelen utilizar leña.

Un censo realizado en 2022 arrojó un dato revelador, donde sólo el 58% de los hogares de San Rafael utilizan gas de red o electricidad para cocinar, es decir, el resto prepara sus alimentos en un fogón. Este dato tiene un trasfondo ya que desde 2016, en San Rafael no hay factibilidad de gas natural para

domicilios ni empresas. Las construcciones nuevas o algunas más antiguas que no han realizado la conexión no tienen el servicio y lo suplementan con electricidad o combustión.

En general, la factibilidad no se otorga por dos motivos: No pasa un caño mayor frente a la vivienda que se quiere conectar o el caño mayor existe, pero no puede abastecer el consumo solicitado. Esta última es la principal razón por la que muchos hogares no tienen gas.

A menos de 10 kilómetros del centro de San Rafael la realidad es muy distinta a la de la ciudad. El crecimiento de estas zonas ha ido aumentando año a año en lo que respecta a construcciones civiles, pero no así en infraestructura de conducción de gas. Las casas utilizan energía eléctrica o gas envasado.

Muchas familias que no tienen gas natural en sus casas optaron por la electricidad: Aire frío/calor, cocina, calefón. Mas allá de los subsidios, las facturas alcanzan montos muy altos que a veces obligan a poner un límite al consumo. En la mayoría de los casos la opción más elegida para calefaccionar los hogares es a leña.

La mayoría de los departamentos nuevos en alquiler tampoco tienen gas natural y a veces el usar garrafa también implica un desafío para el usuario ya que hay que estimar el consumo para poder reponerla con tiempo y siempre teniendo una de repuesto a mano.

Para hacer un análisis de la demanda de leña en San Rafael, Mendoza, se realizaron encuestas. El objetivo de estas es propiciar información sobre el consumo de leña comparando estos resultados con la de otros servicios elegidos, lo cual permitirá tener una idea general de la frecuencia de uso y lo que piensa la gente respecto del consumo. Las preguntas de la encuesta realizada se adjuntan a continuación.

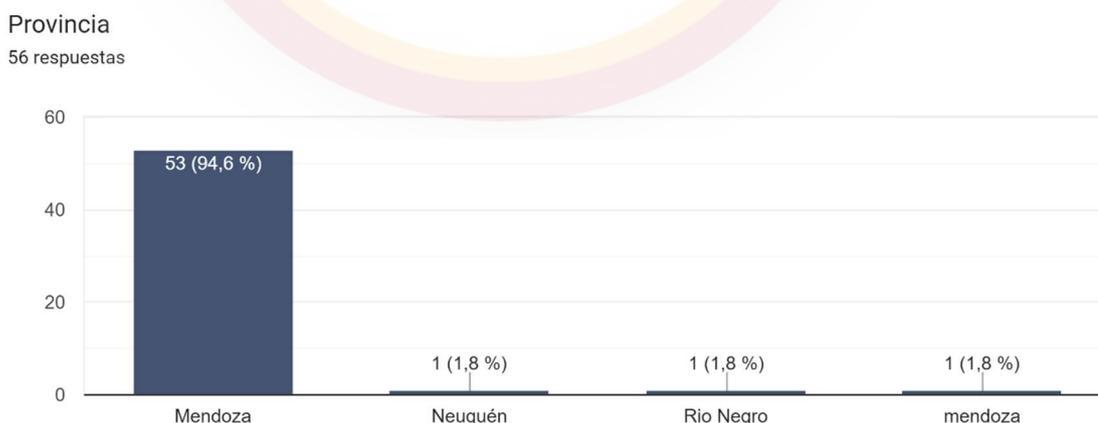


Gráfico N° 1 Resultado encuestas P1

Localidad/ Departamento

56 respuestas

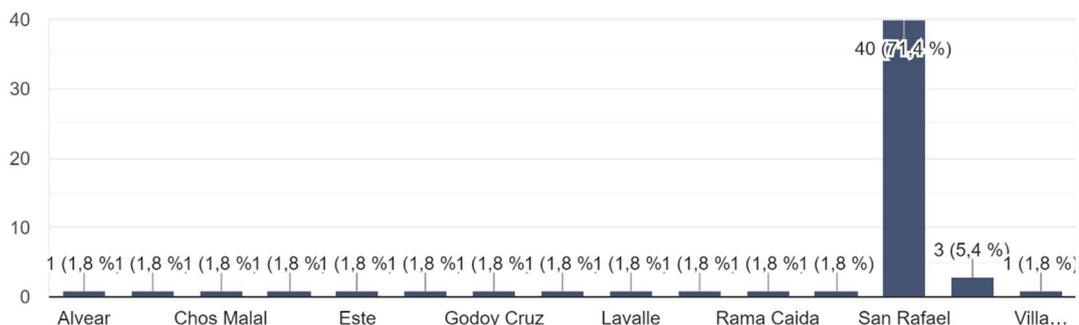


Gráfico N° 2 Resultado Encuesta P2

¿Actualmente utilizas leña en tu hogar o lugar de trabajo? (calefacción, cocina, recreativo, entre otras)

56 respuestas

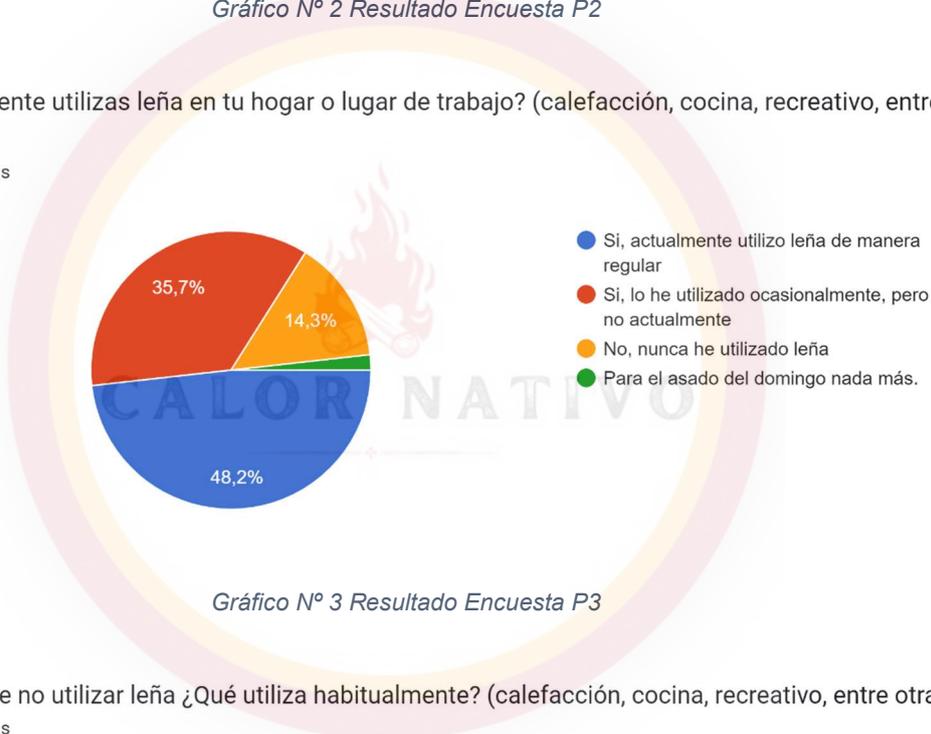


Gráfico N° 3 Resultado Encuesta P3

En caso de no utilizar leña ¿Qué utiliza habitualmente? (calefacción, cocina, recreativo, entre otras)

48 respuestas

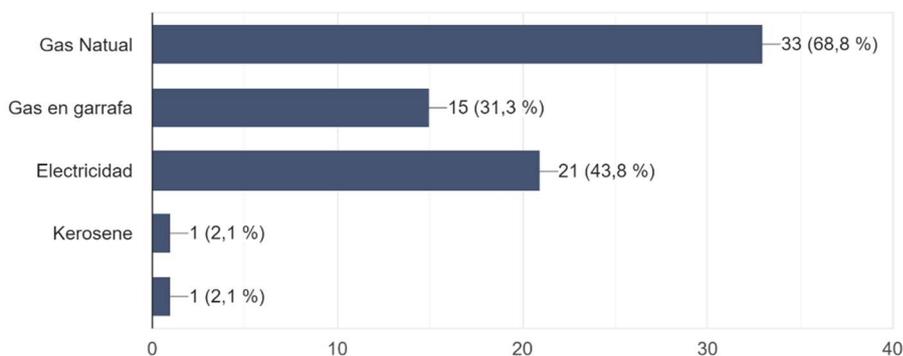


Gráfico N° 4 Resultado Encuesta P4

Si has utilizado leña ¿Cuál fue el principal propósito de su uso?

40 respuestas

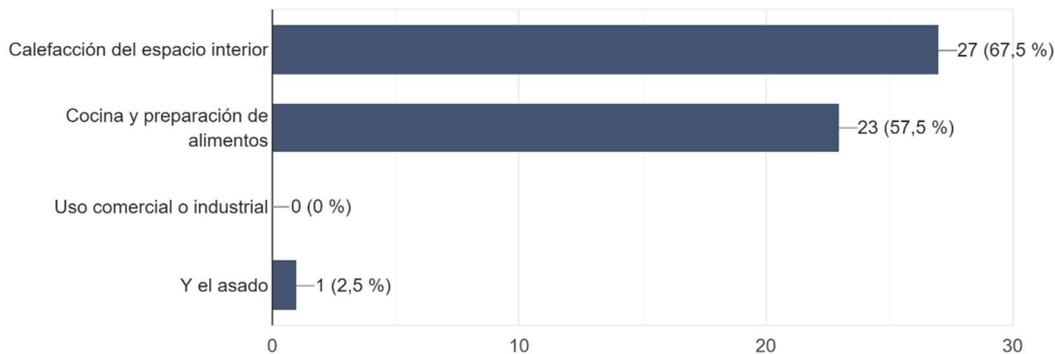


Gráfico N° 5 Resultado Encuesta P5

¿Qué método o equipo principal utilizas para quemar leña?

40 respuestas

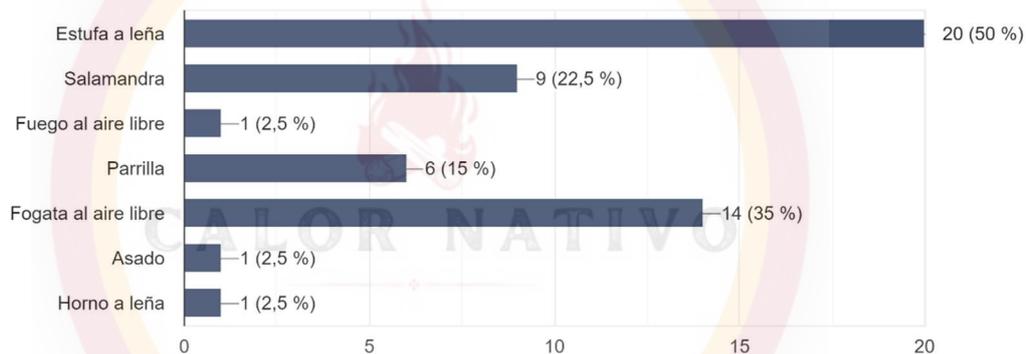


Gráfico N° 6 Resultado Encuesta P6

¿Cuál es la frecuencia aproximada de tu uso de leña?

40 respuestas

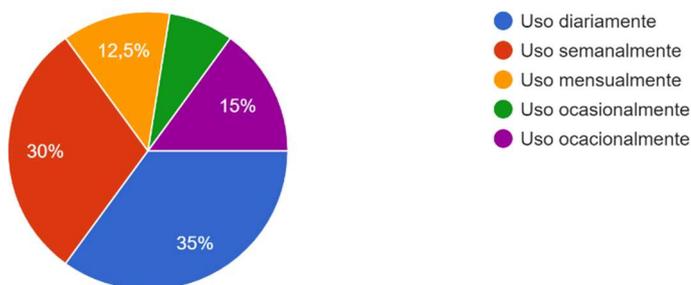


Gráfico N° 7 Resultado Encuesta P7

¿En qué estación del año utilizas más la leña?

39 respuestas

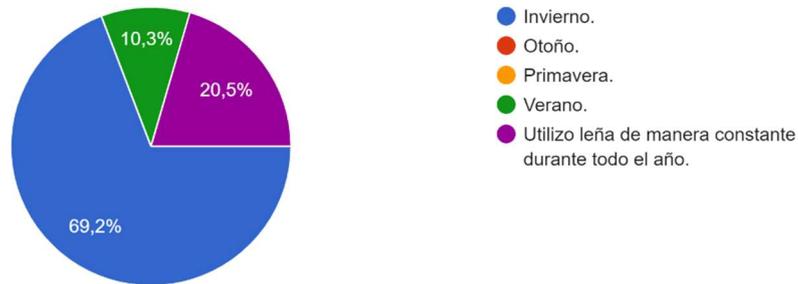


Gráfico N° 8 Resultado Encuesta P8

Normalmente adquiere leña en:

39 respuestas

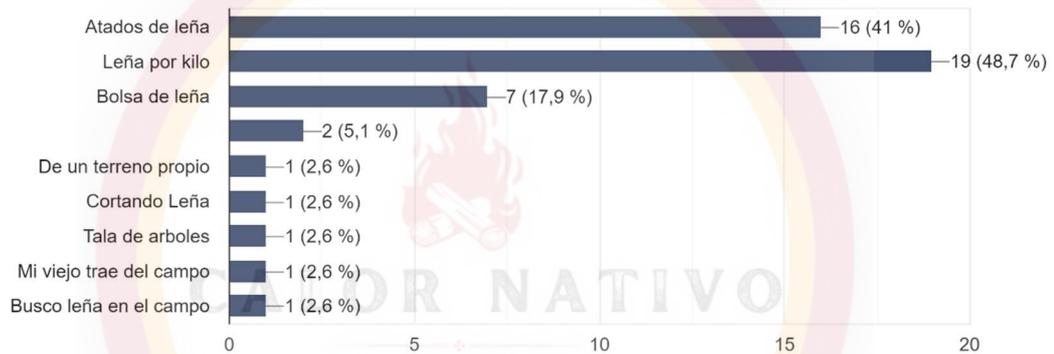


Gráfico N° 9 Resultado Encuesta P9

¿Qué factores influyeron en tu decisión de utilizar leña como combustible?

39 respuestas

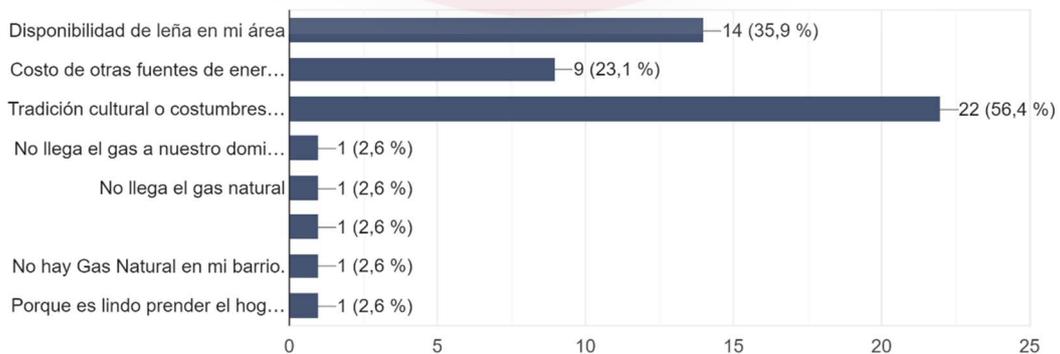


Gráfico N° 10 Resultado Encuesta P10

¿Cuál es tu opinión sobre el uso de la leña como combustible en términos ambientales y de sostenibilidad?

40 respuestas

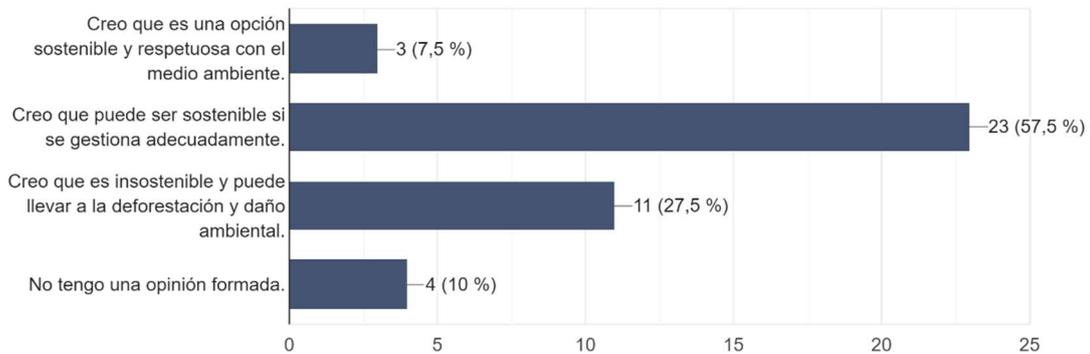


Gráfico N° 11 Resultado Encuesta P11

¿Cuáles consideras que son los principales beneficios del uso de la leña como combustible?

39 respuestas

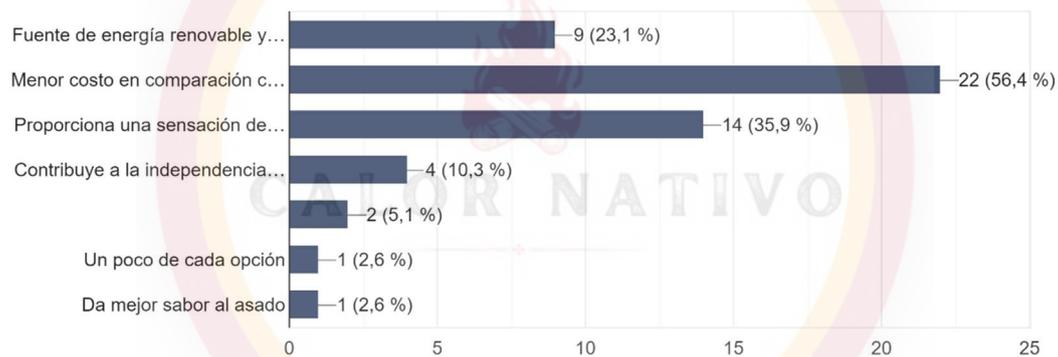


Gráfico N° 12 Resultado Encuesta P12

¿Cuáles consideras que son los principales desafíos o problemas asociados con el uso de la leña como combustible?

42 respuestas

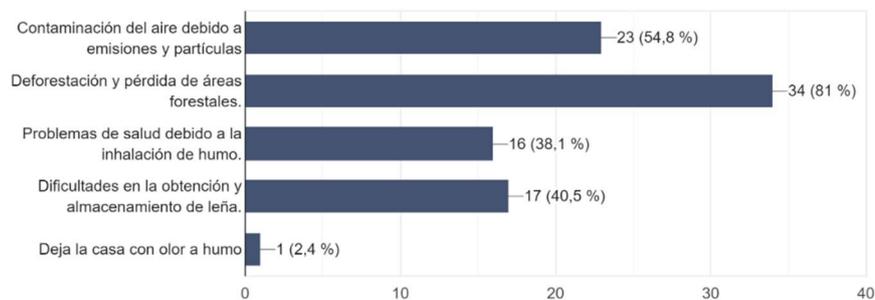


Gráfico N° 13 Resultado Encuesta P13

A modo de conclusión en el estudio de mercado respecto a la demanda de leña en San Rafael, Mendoza, se deduce que la mayoría de las personas utilizan la leña (alrededor de un 48%), mientras que las que no utilizan leña es aproximadamente el otro 52% de los cuales se divide entre los que utilizan gas natural de red, garrafa y electricidad como medio alternativo.

El principal uso que le dan a la leña es el de la calefacción de espacios interiores mientras que el otro propósito secundario termina siendo la cocción de alimentos. El método que más se utiliza para la quema de leña es la estufa a leña, salamandra y fogatas al aire libre en modo recreativo, todas estas actividades con una frecuencia prácticamente diaria o semanalmente.

Como se utiliza la leña para calefaccionar, la estación más solicitada de consumo de leña es el invierno (un 69,2%) mientras hay individuos que la utilizan de manera constante durante todo el año (un 20,5%).

Estos individuos adquieren leña de dos formas muy importantes, ya sea suelta (por kilo) o en atados. En ambos casos estamos hablando de un casi 50% en lo que respecta a la compra de leña suelta y un 40% a lo que respecta a bolsas de leña.

Aun así, más allá del consumo de leña los individuos presentan una opinión respecto a la venta de leña en la cual consideran que puede ser sostenible si se gestiona de manera adecuada y la eligen por las ventajas que tiene respecto a otros servicios ya sea el costo, comodidad o por simple confort. Sin embargo, la gente reconoce que es un problema que si no se controla puede llegar a una deforestación y pérdida de áreas forestales muy grande.

#### 9.4 Análisis de producto

Para lograr un producto atractivo, y que logre captar la atención del público, se ha pensado crear una marca distintiva respecto a la competencia, esta es llamada "CALOR NATIVO". El proceso de producción de atados presenta dificultades al armado para el operario llegando a lastimarlo en las manos con cortes por quemaduras del hilo al querer que los nudos en los atados queden firmes. El producto que se realiza se diferencia del resto ya que cuenta con una bolsa de tejido plástico que permite un armado mucho más fácil y rápido que un atado, evitando lesiones para el operario. Dentro de esta bolsa se coloca un envoltorio de papel, el cual contiene astillas y trozos de cortezas sobrantes del proceso de producción. Estos permitirán al usuario una fácil ignición del fuego donde lo requiera.

La idea es lograr un producto que sea fácilmente reconocible por el público y que se distinga de la competencia, pero que a su vez permita al usuario un fácil manejo de este y sea rápido de producir sin inconveniente para los operarios.



Imagen N° 48 Ejemplificación de producto terminado

## 9.5 Datos para tener en cuenta para la realización del flujo de caja

Según los estudios realizados en la zona, los distintos productores locales tienen distintos proveedores de leña. Estos le entregan cargamentos de leña ya trozada en tamaños grandes que varían según el transporte, en general se estima un total de 10.000 kg a 30.000 kg por chasis trabajados en el mes (varía según el medio de transporte).

El precio del kilogramo de madera de algarrobo está a un valor promedio de \$35 y en general el tiempo de cortado de 10.000 kg de leña está entre los dos y tres días hábiles de trabajo, por lo que, por lo general, con al menos cuatro personas trabajando en el establecimiento se está hablando de un total de 40.000kg al mes. En el caso que se trate de un chasis de 30.000 kg se trabaja con este durante todo el mes. Las bolsas de leña se venden por peso, estos están comprendidos entre los tres y cuatro kilogramos.

Los precios de venta del kg de leña suelta son de \$55 mientras que los atados o bolsas están en un precio de venta de \$500 (dependiendo el lugar de compra, en este caso es el valor de un corralón, no de un lugar de reventa de bolsas de leña).

Con estos datos obtenidos a partir de encuestas realizadas se volcaron los mismos en un libro de Excel para poder realizar un flujo de caja. Esto permitirá saber si se puede amortizar la inversión si se desea adquirir la máquina. El lapso estimado es de 5 años para la inversión.

La idea es trabajar en un lugar con una personal de cuatro personas: Un ingeniero, un técnico y dos peones. Cada uno de ellos colocados en blanco según su gremio y teniendo en cuenta los insumos requeridos para que trabajen cada uno, ya sea herramental y elementos de seguridad.

Se tendrán en cuenta costos fijos y costos variables para la realización del flujo, así como los ingresos generados con una estimación de producción y crecimiento de ventas por año.

En base a los datos obtenidos de la encuesta realizada, se observó que casi un 60% de la gente consume leña suelta, por lo tanto, en el primer año se estima una venta a granel de un 70% de 40.000kg pedidos en el mes. Esto deja un 30% para producción de atados de leña que serían alrededor de 12.000kg. La cantidad de días que se cortan esos 40.000kg son 8 de 20 días hábiles de trabajo en el mes, quedando 12 días destinados específicamente a la producción de atados de leña. Estos atados se venderán por peso siendo estos de 4 kg cada uno, en base a estos datos se estima que se hará una producción de 3000 atados en total en 12 días con una producción 32 atados por hora.

Uno de los objetivos en el flujo es ir aumentando por año el porcentaje de producción de bolsas de leña, partiendo de un 30% y llevarlo a un 40%, ya que estos son los que más ganancia generaran. Como la máquina permite trabajar a la par de los operarios y se puede manejar por una sola persona, la idea es incrementar la cantidad de kilos de leña pedidos de 40.000kg a 50.000kg en el tercer año ya que se espera estar mucho más estables económicamente que en los primeros dos años. Este incremento llevará a una producción en 10 días hábiles de trabajo en el mes a 63 bolsas por hora.

Los datos de la encuesta realizada permiten analizar picos de crecimiento de ventas en los lapsos de los meses más fríos del año (invierno). Esto permitirá analizar un flujo de caja más fluctuante a lo largo del año y poder analizar factores de producción de ventas en el periodo establecido.

Por último, se hará un análisis de VAN y TIR en base al flujo realizado, lo importante es saber qué tasa de descuento se le va a exigir al proyecto. Para saber esto se debe tener en cuenta los riesgos que amenazan al mismo. Estos son:

- Dificultad de la obtención de materia prima o cualquier elemento necesario debido a fenómenos naturales (como incendios e inundaciones).
- Surgimiento de nuevas leyes o decretos que limiten la tala de árboles en la República Argentina.
- Aumento en los precios del combustible y/o falta de este, por lo que aumentan los costos de traslado.
- Mala percepción de la sociedad respecto de la quema de combustibles.
- Baja de precios en servicios tales como gas y electricidad, como consecuencia una caída de ventas por preferencia de otras alternativas.

En base a estos riesgos se analiza el horizonte del proyecto lo que nos permite saber si le exigimos al proyecto una tasa de descuento alta o baja, permitiéndonos recuperar la inversión de manera rápida o lenta.

El primer riesgo es posible en la zona donde se ubica el proyecto ya que hay probabilidades altas de viento zonda, el cual se describe como un viento de altas

velocidades y seco, llegando a generarse la posibilidad de incendios. Ese riesgo se considera alto.

El segundo riesgo ocurre actualmente en la provincia debido a que la tala ilegal para la obtención de leña de algarrobo está prohibida. Por lo cual es necesario permisos y probablemente se deba traer leña desde el norte, San Luis y La Pampa lo cual encarece nuestros costos de obtención de esta. Este riesgo se considera medio debido a que según las entrevistas las zonas a donde se pide más materia prima son a las provincias aledañas.

El tercer riesgo por la situación actual del país se encuentra vigente ya que el precio del combustible aumenta mes a mes y actualmente se encuentra en escases, por lo cual también aumenta nuestros costos de traslado. Este riesgo se considera alto.

El cuarto riesgo que puede llegar a ser el pensamiento de la gente respecto a la venta de leña y lo que respecta a la tala de árboles. Muchos consumen leña y creen que es posible llevarse a cabo siempre y cuando estén los controles necesarios, por lo cual se considera un riesgo bajo.

El quinto y último riesgo es difícil que se lleve a cabo, por el aumento en los servicios de luz y gas. Las tarifas de luz son muy caras y no se compensa el confort de calefaccionar con esta respecto a los costos. Mientras que, si bien la red de gas puede extenderse, los usuarios después deben conectarse a esta para poder estar habilitados a usarlo lo cual conlleva a un gran costo como inversión y aún conectado puede llegar a existir falta de presión en la red. El uso de la garrafa según las encuestas es uso exclusivo para cocinar, hoy en día prácticamente ningún usuario utiliza la garrafa para calefaccionar. Por lo tanto, este se considera un riesgo bajo.

La amenaza más fuerte aparenta ser la probabilidad de incendios en la zona de cuyo y las leyes respecto a la tala de árboles. En base a esto se calcula una tasa de descuento que se le exigirá al proyecto contemplando cada riesgo.

Los datos y resultados del libro de Excel no se mostrarán en el presente informe, sino que se aclara el formato que se tuvo en cuenta para la realización de flujo de caja y su análisis. Para una mayor información se deberá analizar directamente el libro de Excel.

## 10 Anexo

### 10.1 Descripción Bosques de la República Argentina

Nuestro país cuenta con seis regiones forestales diferentes, con características particulares. Estas son la Selva Misionera, la Selva Tucumano-Oranense, mejor conocida como Yungas, el Bosque Andino Patagónico, el Chaco, el Espinal, y el Monte, donde se encuadran todos los bosques de nuestra provincia. Describiremos brevemente cada una de las áreas boscosas argentinas.



#### 10.1.1.1 Selva Misionera

La superficie total de la región forestal de la Selva Misionera es de 3.011.593 ha. (*Atlas de Bosques Nativos 2003*), y está ubicada en el ángulo Nordeste de la República Argentina. Limita al Norte y Este con Brasil, al Sur también con Brasil y con la provincia de Corrientes, y al Oeste con Paraguay. Conforman la selva subtropical húmeda que cubre las cuencas altas de los ríos Paraná y Uruguay, en el Sur de Brasil.

#### **Características principales de los bosques**

La superficie efectivamente ocupada por bosque nativo es de 1.453.381 ha. De esta superficie, 914.823 ha. Corresponden a tierras forestales, las cuales comprenden la Selva del Parque Iguazú, la Selva de cobertura cerrada, la de cobertura abierta y la variable, bosques en galería, cañaverales, dominados por bambúceas (cañas) que forman un bosque denso.

El resto de superficie, unas 538.558 ha incluyen espacios de menor cobertura de árboles o arbustos, o bien árboles de menor altura o bosques en galería. Las tierras mixtas corresponden a zonas de transición muy dinámica entre el ambiente forestal y el ambiente agrícola. Son un conjunto de bosques rurales mezclados en forma de mosaicos con cultivos agrícolas y plantaciones forestales.

Es el ambiente de mayor biodiversidad encontrada en el territorio argentino. El tipo de vegetación dominante es la selva subtropical, con una cobertura formada por seis estratos verticales: **tres arbóreos, uno arbustivo con bambúceas, uno herbáceo y otro muscinal (de musgos) al ras del suelo.**

Entre las arbóreas se destacan **el lapacho, laurel, guatambú blanco, palo rosa, cedro misionero, peteribí** (*Inventario de Bosques Nativos 2005*).

#### **Principales recursos naturales que aporta la selva misionera**

Las principales especies utilizadas para extraer madera son: guatambú, cedro misionero, peteribí, incienso, cañafístula, laurel guaycá y pino paraná (de esta última se ha prohibido la tala de especímenes no implantados por considerarse monumento natural). Además, hay gran cantidad de forestaciones con pinos y eucaliptos. La producción total de madera de la Selva Misionera en el año 2009 fue de 90.904 toneladas, un 36% menos que en el año 2008.

#### 10.1.1.2 Tucumano-Oranense (Yungas)

La región forestal Selva Tucumano-Oranense, más conocida como Yungas, recorre una estrecha franja discontinua desde los 300 a los 3000 metros de altitud, desde el límite con Bolivia hasta la provincia de Catamarca, sobre la ladera Este de la Cordillera Oriental y las Sierras Subandinas, dentro de las provincias de Salta, Jujuy, Tucumán y Catamarca. Su superficie es de aproximadamente 5.480.227 hectáreas (*Atlas de Bosques Nativos 2003*).

### Características principales del bosque

La superficie ocupada por bosque nativo es de 3.726.835 ha (Inventario de Bosques Nativos 2005). En esta cifra se consideran las tierras forestales con una cobertura boscosa continua, otras tierras forestales con una cobertura boscosa discontinua, los bosques ribereños o en galería y los palmares.

La flora típica de esta selva comprende grandes árboles, lianas y epífitas, además de gran cantidad de hierbas y arbustos, dependiendo de la altitud y la humedad. En el piedemonte se da la Selva de Transición dominada por **palo blanco, tipa, lapacho y pacará**. En la Selva Montana, domina **el cedro, el laurel y el nogal**. En las zonas más elevadas, el Bosque Montano, está el **pino del cerro, aliso y queñoa o tabaquillo**.

En la Selva Tucumano Boliviana la producción de madera en el año 2009 alcanzó las 43.016 toneladas, un 19% menos que en el año 2008, según la información declarada por los Servicios Forestales Provinciales (FAO 2010).

Los productos extraídos del bosque son: leña, rollizos y trocillos. (Bosques Nativos 2005)

#### *10.1.1.3 Bosque Andino Patagónico*

Su extensión es de aproximadamente 6.446.523 hectáreas, forma una franja angosta con 2200 kilómetros en dirección Norte-Sur y 75 kilómetros de Este a Oeste, desde el Norte de Neuquén hasta el extremo continental Sur de Santa Cruz y Tierra del Fuego.

### **Características principales de los bosques**

La superficie total de regiones forestales alcanza las 5.604.404 de hectáreas, donde las tierras forestales están muy poco fragmentadas. El tipo de vegetación dominante es el bosque, **caducifolio (hojas caducas) o perennifolio (hojas permanentes)**, de especies nativas como **la lenga, el coihue, el roble pellín, el alerce, el raulí, el ciprés de la cordillera, el pehuén o araucaria y el ñire**.

Se subdividen en:

- Bosque de lenga
- Bosque de coihue
- Bosque mixto
- Bosque de ciprés de la cordillera
- Bosque de pehuén
- Bosque secundario en zonas incendiadas recientemente

(Inventario de Bosques Nativos 2005).

Son comunes también arbustos como el **chin-chín, maqui, michay y calafate, con caña coligüe** y hierbas como el **amancay**, entre otros. Además, hay matorrales de **chacay y maitén** en las orillas de los ríos y juncales en las playas de los lagos.

### Principales recursos naturales que aportan los bosques

La principal actividad se desarrolla alrededor de la industria maderera, la que se dedica a obtener rollos maderables, leña y caña colihue, con una incipiente tecnología consistente en motosierras mecánicas y arrastre por tractor. El transporte hasta los aserraderos se realiza con camiones. Los residuos del aserrado, que anteriormente se descartaban, en la actualidad se comercializan para la fabricación de ladrillos.

#### *10.1.1.4 El Parque Chaqueño*

La región forestal Parque Chaqueño ocupa aproximadamente 67.495.995 ha, este constituye la mayor superficie de la Argentina cubierta por bosque. El bosque se encuentra ubicado en las provincias de Formosa, Chaco, Santiago del Estero, Norte de Santa Fe, San Luis y Córdoba, Este de Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan y Noroeste de Corrientes.

El parque chaqueño está dividido por cuatro sub regiones:

- Chaco Húmedo
- Chaco Semiárido
- Chaco Árido
- Chaco Serrano

El tipo de vegetación característica es el **bosque xerófilo** (adaptado a la escasez de agua), cuyos árboles se vuelven más bajos y ralos hacia el Chaco Árido. También abundan sabanas o pampas y pastizales. Las zonas más altas, dentro del relieve llano, poseen bosques xerófilos de **quebracho colorado santiagueño y quebracho blanco, con mistol e itín**. Estos árboles alcanzan una altura de 25 metros.

En algunas áreas bajas, la salinidad y las restricciones en el drenaje condicionan la composición florística, dando lugar a comunidades de **palosanto, algarrobos y chañar**.

El denominado Chaco Serrano se extiende de Norte a Sur, sobre las Sierras Sabandijas y Pampeanas. La vegetación dominante son bosques xerófilos compuestos por **horco-quebrachos, viscos, churquis y molles de beber**. También son comunes las **palmeras, el caranday, los sauces y en los arenales de los ríos los cardonales, pajonales y juncales**.

### Principales recursos naturales que aportan los bosques

El Parque Chaqueño produjo en el año 2009 un total de 3.348.152 toneladas de productos primarios (Regiones Forestales Producción Primaria 2009). La leña, con 2.821.420 toneladas, es el principal producto de esta región, cuya participación en el total fue del 84%. Los rollizos, con 477.010 toneladas, representaron el 14% de la producción total, los postes un 1%, mientras que los rodrigones, los estacones, los trocillos, los puntales, las varillas y los varejones

no alcanzaron el 1%. Industrialmente de los rollizos se puede obtener taninos, tableros de fibra y madera aserrada.

#### 10.1.1.5 El Espinal

Esta extensa región de aproximadamente 33.001.934 hectáreas ocupa parte del territorio de siete provincias argentinas, desde los 28° hasta los 40° de latitud Sur.

Se manifiesta como una gran variedad de formaciones que responden a múltiples factores. Se subdivide en tres subregiones: **del ñandubay, del algarrobo y del caldén** (*Atlas de Bosques Nativos 2003*).

Tiene forma de arco al Sur del Parque Chaqueño, bordeando el Pastizal Pampeano y abarca áreas de las provincias de Corrientes, Entre Ríos, Santa Fe, Córdoba, San Luis, La Pampa y Buenos Aires.

#### Características principales de los bosques

La superficie real de bosque nativo alcanza las 2.656.747 ha. Es un bosque xerófilo con predominio de **especies de algarrobos** (todos del género *Prosopis* sp.). Es un bosque abierto, con árboles de menos de 10 metros de altura, un estrato arbustivo y otro herbáceo. Alternan con los bosques, los palmares, las sábanas y las estepas de gramíneas. Según la especie arbórea dominante se distinguen tres subregiones: más al **Norte la del ñandubay**, en el **Centro la del algarrobo** y al **Sur la del caldén**.

La subregión del Ñandubay se extiende desde el centro y Sur de Corrientes, el Noroeste de Entre Ríos y hasta el centro de Santa Fe. Es la más rica en cuanto al número de especies, con predominio de **ñandubay y algarrobo negro, acompañados de otros árboles como el espinillo, el chañar, el incienso, el tala, el quebracho blanco, el molle** y otros.

La subregión del Algarrobo abarca las llanuras del centro de Córdoba, parte de Santa Fe hasta la mitad Norte de San Luis. El bosque posee principalmente **algarrobo negro y algarrobo blanco mezclados con chañar y tala**, entre otros.

La Subregión del Caldén se extiende por el Este de San Luis y el centro de La Pampa para terminar en una pequeña franja en el Sur de Buenos Aires. **El bosque de caldén tiene otros árboles como algarrobos, la sombra de toro y el albaricoque; también arbustos, como el piquillín, el atamisqui, el alpataco y la pichana**. También crece aquí el **ombú**, el tallo de esta enorme hierba con aspecto de árbol se engrosa en la base, mientras que en la copa se separa en varios troncos secundarios (*Atlas de Bosques Nativos 2003*).

#### 10.1.1.6 El monte

La Región Forestal del Monte es un semidesierto, con una extensión de 47.380.125 ha. (Morello 1958; Rundel et al. 2007) desde los 24°35 'S en la Quebrada del Toro (Salta) hasta los 44°20'S en Chubut; y desde los 69°50'W al pie de los Andes hasta los 62°54'W en la costa Atlántica. El clima del Monte es árido, debido a que la humedad de la masa de aire del Pacífico no accede a la

región por depositarse en los faldeos occidentales de la montaña, del lado chileno. Toda la región recibe escasas precipitaciones, en general entre 80 y 350 mm. (Villagra et al. 2004).

### **Características principales del bosque**

Es una estepa arbustiva dominada por **jarilla**, con bosques abiertos de algunas **especies de algarrobo** que aparecen cuando hay agua subterránea disponible (Rundel et al. 2007).

En esta región dos especies de algarrobo son las más representativas: **Prosopis flexuosa (algarrobo dulce) y Prosopis chilensis (Roig 1993b)**. La fisonomía del Monte está caracterizada por un mosaico de dos tipos de vegetación: estepa arbustiva, a veces muy abierta, dominada por jarilla (y otras especies de la familia Zigophyllaceae) y en menor medida árboles como el **chañar brea**, que constituyen la típica comunidad del jarillal. El bosque se encuentra exclusivamente en sitios con disponibilidad extra de agua, por la presencia de agua subterránea accesible o cauces, desde los Valles Calchaquíes hasta el Sur de la provincia de Mendoza.

En algunos sectores del Santa Rosa y San Martín, los algarrobos no acceden al agua freática por lo tanto son de menor altura, no superan los 4 metros.

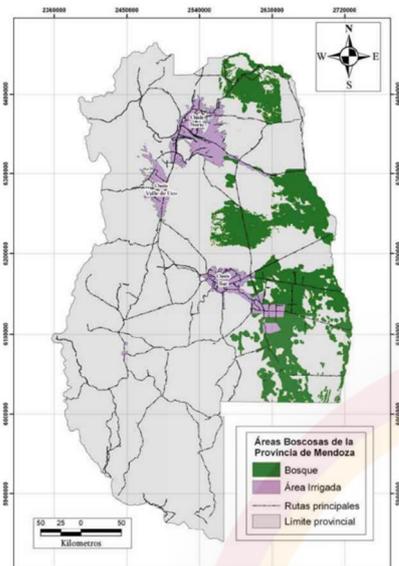
El bosque de *Prosopis* spp., conocido como “algarrobal” presenta un estrato arbóreo muy abierto dominado por las dos especies de algarrobo, acompañados por chañar, el estrato arbustivo es dominado por atamisqui y especies de jarilla (Morello 1958; Cabrera 1976).

El Monte Norte presenta mayor superficie de área boscosa, encontrándose en el Monte Sur árboles aislados o bosquecitos de muy pocos ejemplares. Los árboles dominantes alcanzan hasta 15 m de altura. El estrato arbóreo puede estar formado por individuos de una única especie o de varias, las cuales pueden ser **Prosopis flexuosa, P. chilensis, P. chilensis var. catamarcana, P. chilensis var. riojana y P. alpataco var. lamaro**. También se encuentra el **algarrobo blanco, el retamo, el chañar brea, el chañar, con los arbustos atamisqui y vidriera. Además, P. flexuosa** puede constituir bandas alrededor de depresiones salinas, con un estrato arbustivo formado por zampa y vidriera (Villagra y Villalba 2001; Villagra et al. 2004; Villagra et al. 2005; Álvarez et al. 2006; Villagra y Álvarez 2006; Álvarez et al. 2011).

#### **10.1.1.7 Bosque Mendocino**

Los bosques más extensos de la provincia se encuentran en la vegetación de las travesías, llanuras al este de la Cordillera, y están dominados por el algarrobo dulce. También hay algunos relictos de Maitén, Molle, luma y Chacay en sitios aislados, en algunas quebradas de la Cordillera. La superficie cubierta de bosque nativo alcanza los 2.000.000 de hectáreas en la Provincia de Mendoza (el mapa

muestra su distribución). Las planicies, están divididas por los ríos Tunuyán y Diamante, formando tres llanuras distintas: al Noreste la Travesía de Guanacache (Departamento de Lavalle), en el centro la Travesía del Tunuyán (Departamento de Santa Rosa) y al sur la Travesía de la Varita (Departamento de General Alvear y San Rafael).



La especie arbórea más característica de nuestros bosques es el **algarrobo dulce**, cuyo nombre científico es **Prosopis flexuosa**.

El tamaño y la forma de este árbol varían considerablemente entre poblaciones e individuos, debido a la variabilidad genética e influencias ambientales. Las ramas interiores se secan formando la leña campana. El algarrobo dulce se caracteriza por sus ramas arqueadas o semipéndulas, flexuosas y nudosas; las espinas son fuertes, largas o cortas. En comparación con bosques de algarrobo emplazados más al Norte del país, los bosques de Mendoza poseen menor densidad de individuos de gran porte, los individuos son más bajos (3-12 m), el diámetro de copa es menor (3-6 m), y presentan una mayor proporción de individuos multifustales (con muchos troncos) o con forma decumbente (que tiene los tallos rastreros y tendidos sobre el suelo, pero sin que se arraiguen en él), los fustes son de menor tamaño y la biomasa varía entre 9 y 12 toneladas por hectárea. Una gran variedad de suelos profundos, con distintas granulometrías de arenas, limos o alto contenido de arcilla, pueden brindarle condiciones aptas para su desarrollo. Este árbol habita tanto en los bosques en galería de los ríos como en los bosques de llanura. En Mendoza, está presente en zonas donde puede encontrar agua extra, ya sea en las áreas aledañas a los ríos permanentes, como el Bermejo o el Desaguadero, o en las travesías, formando bosques abiertos donde existe disponibilidad de agua subterránea próximas a la superficie (entre 6 y 12 m). Por esto se dice que se comporta como una freatófita, es decir que tiene la capacidad de consumir agua de las napas freáticas. Sobre esto radica su capacidad para sobrevivir en ambientes de extrema aridez ya que, al alcanzar los reservorios de agua subterránea, puede independizarse de las condiciones externas del ambiente desértico. A pesar de su capacidad de explorar y obtener agua subsuperficial, que le permite evitar el estrés hídrico, numerosas adaptaciones morfofisiológicas le confieren capacidad de tolerar cierto grado de déficit hídrico. Entre estas adaptaciones se ha descrito la reducción foliar, el control de la actividad de las estomas a bajo potencial hídrico, el plegado de las hojas para reducir la superficie de transpiración.

FUENTE : [Manual de Bosques Nativos](#)

## 10.2 Ficha técnica de árboles utilizados como leña

### 10.2.1 Algarrobo

La madera de algarrobo es originaria de Sur América, más concretamente de algunas zonas de Argentina, Paraguay y Chile. Su nombre científico es *Prosopis alba*, y en países anglosajones es conocida como White Algaroba.

La madera de algarrobo se extrae del árbol de igual nombre y se caracteriza por su dureza, fortaleza. Existen alrededor de 45 especies de Algarrobo en el mundo, especialmente en las zonas áridas y secas.

**Color:** El duramente presenta colores que van del amarillo al marrón claro, que se oscurecen con la edad. Mientras que, a la albura, la cual tiende a ser estrecha, es de color amarillo pálido.

**Fibra:** Recta, y en ocasiones entrelazada.

**Grano:** Presenta textura media y heterogénea, con grano oblicuo y diseño floreado en corte tangencial, debido a las bandas de parénquima abundante dispuestas en forma concéntrica.

**Densidad:** Tiene una densidad aproximada de 0,750 a 0,850 g/cm<sup>3</sup> al 12% de humedad. Es por tanto una madera pesada.

**Dureza:** semi-dura y semipesada a pesada

**Estabilidad Dimensional:**

- Buena estabilidad dimensional (no se hincha y contrae en forma pronunciada).

**Distribución geográfica:**

Salta, Jujuy, Tucumán, Catamarca, La Rioja, San Juan, San Luis, Córdoba, Chaco, Formosa y Santiago del Estero (Región del Parque Chaqueño, Monte y Espinal).

La **leña de algarrobo** es muy conocida por su uso para cocinar a la brasa, ya que es la mejor leña para cocinar a la parrilla ya que al quemarse genera brasas, rápidamente, y muy consistentes de larga duración, lo que otorga muy buen poder calorífico.

Es un combustible de alta calidad que tiene un gran valor calórico; produce pocas cenizas. El carbón tiene un rendimiento aproximado del 20%.

**Poder calórico:**

La madera del algarrobo es un buen combustible, presentando en promedio (productos de buena calidad) los siguientes valores: leña, 4.200 kcal/kg (algarrobo blanco) y 4600 kcal/kg (algarrobo negro); carbón: 6500 kcal/kg con una eficiencia de 4 a 5 ton. de leña transformables en 1 ton. de carbón.

# Algarrobo Blanco

## 1. Nombre Vulgar

**Algarrobo Blanco, Ibope pará, Yana tacú.**

## 2. Nombre científico

***Prosopis alba* Griseb.**

Flia. Leguminosas Mimosoideas

## 3. Area de dispersión

Selva tucumano boliviana, Parque chaqueño, Parque pampeano, Monte Occidental, Chaco, Salta, Jujuy, Córdoba, Santiago del Estero La Rioja, San Luis, Catamarca, Tucumán.

## 4. Caracteres anatómicos macroscópicos

Madera con duramen de color castaño rosado amarillenta. Porosa. Porosidad semicircular. Poros medianos, visibles a ojo desnudo, vacíos y también muchos ocluidos con sustancias oscuras, solitarios y múltiples cortos. En leño tardío poco numerosos. Parénquima leñoso visible a simple vista abundante, paratraqueal, vasicentrico, grueso y confluyente grueso en bandas generalmente más anchas que las del tejido fibroso. Radios finos, rectilíneos visibles con lente de mano. Anillos de crecimiento poco demarcados. En corte longitudinal se observa a simple vista el trayecto derecho a oblicuo de los elementos vasculares y su contenido interior negro. En cara radial se aprecia suave jaspeado.

## 5. Caracteres estéticos y organolépticos

Color Albura	<i>Blanco Amarillento</i>
Color duramen	<i>Castaño rosado amarillento</i>
Brillo	<i>Escaso</i>
Olor	<i>Ausente</i>
Gusto	<i>Ausente</i>
Textura	<i>Mediana Heterogénea</i>
Grano	<i>Oblicuo entrecruzado</i>
Diseño	<i>Pronunciado</i>
Corte tangencial	<i>Floreado suave</i>
Corte radial	<i>Jaspeado tenue</i>

## 6. Propiedades físicas

Densidad aparente al 15% de humedad $gr/cm^3$	0,760		
Contracciones totales	Coef. retractsibilidad		
Tangencial %	2,5	Tangencial %	0,18
Radial %	1,9	Radial %	0,06
Volumétrica %	6,6	Volumétrica %	0,24
P. saturación de fibras %	27,5	Índice T/R %	1,31
Porosidad %	50,4	Compacidad %	49,6

Madera con valor de contracción lineal tangencial bajo y volumétrica bajo. Pesada. Muy estable.

## 7. Comportamiento frente al secado

Se comporta notablemente bien tanto en el secado natural como artificial, perdiendo humedad sin acusar defectos en su estructura. En el secado artificial pueden aplicarse normas aceleradas de secado.



## 8. Durabilidad natural

Duramen  
Duramen

*resistente al ataque de hongos.  
resistente al ataque de insectos.  
Albura atacable por insectos.*

Es una madera cuya durabilidad natural al exterior enterrada se estima mayor de 10 a 30 años.

Se la clasifica como  
Madera con duramen

*durable.  
fácilmente penetrable con regular  
absorción de líquidos impregnables.*

## 9. Propiedades mecánicas

Módulo de rotura tracción axial $Nt/mm^2$	20,7
Módulo de elasticidad tracción axial $Nt/mm^2$	-
Módulo de rotura flexión estática axial $Nt/mm^2$	64,7
Módulo de elasticidad flexión estática $Nt/mm^2$	6.122
Modulo de rotura Compresión axial $Nt/mm^2$	49,1
Modulo de elasticidad Compresión axial $Nt/mm^2$	-
T. límite Compresión perpendicular $Nt/mm^2$	-
Módulo de rotura corte paralelo $Nt/mm^2$	-
Módulo de rotura tracción perpendicular $Nt/mm^2$	-
Módulo de rotura clavaje $Nt/mm^2$	-
Flexión dinámica K	-
Dureza janka perpendicular a las fibras	78,5
Dureza Brinell Unidades	6,8
Carga de extracción perpendicular de clavos Kg	-

Considerando su densidad es una madera débilmente resistente a los esfuerzos de flexión y medianamente resistente a los esfuerzos de compresión y corte. Poco flexible, quebradiza frente a esfuerzos dinámicos. Dura.

## 10. Trabajabilidad

Aserrado	<i>No ofrece dificultades en estado verde. Seca es más dificultoso su aserrado pues es algo abrasiva para los elementos cortantes.</i>
Maquinado	<i>No ofrece mayores dificultades en todas las operaciones dando superficies lisas y pulidas. El moldurado sobre madera seca es dificultoso.</i>
Tranchado	-
Debobinado	<i>No ofrece dificultades.</i>
Curvado al vapor	<i>Se puede curvar con vapor.</i>
Encolado	<i>No ofrece dificultades.</i>
Clavado y Atornillado	<i>Ofrece dificultades debido a su dureza. Requiere pretaladrado.</i>
Recubrimiento superficial	<i>Toma bien tintes, lustres y barnices.</i>

## Usos

- muebles / de jardín
- poleas
- tornería • postes
- tonelería
- adoquines
- guarda ganados
- marcos de aberturas
- clisés
- menajes
- parquets
- bancos de carpintero
- escaleras
- puertas, ventanas
- crucetas
- umbrales
- tallas
- carbón

## 10.2.2 Alecrín

**Nombre Vulgar:** Alecrín.

**Nombre Científico:** Holocalyx balansae

**Distribución geográfica:**

Provincia de Misiones en la formación natural de selva. Actualmente restringido al Parque Nacional Iguazú y las Reservas Provinciales.

**Color:**

Madera de color pardo claro amarillento a pardo oscuro.

**Dureza:**

Madera dura y pesada.

**Densidad:**

Su densidad aparente entre 0,960 a 0,990 g/cm<sup>3</sup>.

**Grano:** Presenta textura fina a media y heterogénea, con grano oblicuo y diseño floreado en corte tangencial dado por el parénquima axial en bandas en forma concéntrica. Los anillos de crecimiento son poco demarcados. Presencia de abundante parénquima en bandas. Se aprecia claramente la estructura estratificada en las caras tangenciales de las tablas.

**Usos**

Cabos de herramientas, carpintería general, leña.

**Poder calorífico:**

# Alecrín

**1. Nombre Vulgar**  
Alecrín, Ibirá pepé

**2. Nombre científico**  
*Holocalix balansae*

Flia. Leguminosas Cesalpinoideas

### 3. Área de dispersión

Parque Chaqueño Oriental. Selva Misionera. Chaco, Formosa y Misiones.

### 4. Caracteres anatómicos macroscópicos

Madera de color amarillo claro a castaño amarillento, con falso duramen de color castaño rojizo. Porosa. Porosidad difusa. Poros pequeños, vacíos, solitarios múltiples cortos de 2, visibles con lente de mano. Parénquima leñosa visible con lente de mano, vasicéntrico a confluyente delgado. Radios leñosos finos, visibles con lente de mano. Anillos de crecimiento no demarcados. En corte longitudinal se aprecian las trazas vasculares de trayecto recto y rodeadas de parénquima y la estructura estratificada visible a ojo desnudo.

### 5. Caracteres estéticos y organolépticos

Color Albura	Amarillo parduzco
Color duramen	Castaño amarillento
Brillo	Mediano
Olor	Ausente
Gusto	Ausente
Textura	Fina homogénea
Grano	Derecho
Diseño	Suave
Corte tangencial	Rayado
Corte radial	Rayado

### 6. Propiedades físicas

Densidad aparente al 15% de humedad gr/cm <sup>3</sup>	0,980		
<b>Contracciones totales</b>	<b>Coef. retractibilidad</b>		
Tangencial %	11,2	Tangencial %	0,37
Radial %	7,1	Radial %	0,23
Volumétrica %	18,1	Volumétrica %	0,60
P. saturación de fibras %	30,2	Índice T/R %	1,58
Porosidad %	-	Compacidad %	-

Es una madera con valor de contracción lineal tangencial medio, radial alta y volumétrica alta Pesada. Medianamente estable.

### 7. Comportamiento frente al secado

Requiere un secado lento para obtener material de calidad sin que se produzcan deformaciones, grietas y rajaduras. Estibas con baja ventilación. En el secado artificial requiere normas de secado suaves.

### Usos

- cabos de herramientas
- construcción civil
- construcción hidráulica
- crucetas
- postes
- partes de instrumentos musicales
- combustible



### 8. Durabilidad natural

Duramen *Resistente al ataque de hongos.*  
Duramen *Resistente al ataque de insectos.*

*Es una madera cuya durabilidad natural al exterior enterrada se estima de 10 a 30 años.*

Se la clasifica como *Durable.*

Madera con duramen *Su albura es penetrable, con absorción media de productos impregnantes. Es posible impregnarla.*

### 9. Propiedades mecánicas

Módulo de rotura tracción axial Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de elasticidad tracción axial Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de rotura flexión estática axial Nt/mm <sup>2</sup>	96,17
Módulo de elasticidad flexión estática Nt/mm <sup>2</sup>	9.607
Módulo de rotura Compresión axial Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de elasticidad Compresión axial Nt/mm <sup>2</sup>	-
T. límite Compresión perpendicular Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de rotura corte paralelo Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de rotura tracción perpendicular Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de rotura clivaje Nt/mm <sup>2</sup>	-
Flexión dinámica K	-
Dureza Janka perpendicular a las fibras	91,26
Dureza Brinell Unidades	8,4
Carga de extracción perpendicular de clavos Kg	-

Considerando su densidad es una madera medianamente resistente a los esfuerzos de flexión. Flexible. Dura.

### 10. Trabajabilidad

Aserrado	<i>Ofrece dificultades.</i>
	<i>Es conveniente aserrarla en húmedo.</i>
Maquinado	<i>Se cepilla, moldura y tornea sin dificultad.</i>
	<i>En cepillado da superficies lisas y brillantes.</i>
Tranchado	-
Debobinado	-
Curvado al vapor	-
Encolado	-
Clavado y Atornillado	<i>Dura para clavar</i>
Recubrimiento superficial	-

**Nombre Vulgar**

Eucalipto colorado.

**Nombre Científico**

*Eucalyptus tereticornis*

**Distribución geográfica**

Grupo de especies exóticas originarias de Australia y Tasmania. Su área de implantación en Argentina abarca sudeste de Buenos Aires, Misiones, Corrientes, Entre Ríos.

**Descripción Macroscópica**

Los colores van del castaño rojizo al rosado.

**Densidades:**

Su densidad es de 950 kg/m<sup>3</sup>

**Grano y dureza:**

Difícil de trabajar, clavar y cepillar. Grano derecho y a veces crespó. Textura media y homogénea. Con diseño liso y a veces ondeado suave. Madera poco estable. Requiere de programas de secado adecuados para evitar el colapso y las torceduras.

**Usos**

Popular leña. La madera produce excelente carbón, y exitosamente usada en Brasil para la siderurgia de hierro y de acero. Además, el árbol se usa para [polinización con abejas](#) en Brasil y en Argentina.



# Eucaliptus Tereticornis

**1. Nombre Vulgar**  
Eucaliptus Tereticornis, Forest Red Gum

**2. Nombre científico**  
*Eucaliptus tereticornis, Smith*

Flia. Mirtáceas.

### 3. Área de dispersión

Misiones, Corrientes, Chaco, Santa Fe, Entre Ríos, Salta y Jujuy.

### 4. Caracteres anatómicos macroscópicos

Duramen rosado a rojo oscuro. Porosa con porosidad difusa. Poros dispuestos diagonalmente en líneas de 4 o 5. Poros solitarios en su mayoría, escasos múltiples radiales de 2. Ovals circulares. Parénquima visible de tipo vasicéntrico mediano. Radios rectilíneos visibles con lupa. Anillos no demarcados.

### 5. Caracteres estéticos y organolépticos

Color Albura	<i>Blanco amarillenta</i>
Color duramen	<i>Ócre a castaño muy claro</i>
Brillo	<i>Mediano</i>
Olor	<i>Ausente</i>
Gusto	<i>Ausente</i>
Textura	<i>Fina</i>
Grano	<i>Entrecruzado</i>
Diseño	<i>Suave</i>
Corte tangencial	<i>Floreado suave</i>
Corte radial	<i>Espigado</i>

### 6. Propiedades físicas

Densidad aparente al 15% de humedad gr/cm <sup>3</sup>	0,950		
<b>Contracciones totales</b>	<b>Coef. retractibilidad</b>		
Tangencial %	13,4	Tangencial %	0,40
Radial %	6,6	Radial %	0,20
Volumétrica %	20,1	Volumétrica %	0,60
P. saturación de fibras %	32	Índice T/R %	2,03
Porosidad %	43	Compacidad %	57

Madera con valor de contracción lineal tangencial alto, radial alto y volumétrica alto. Pesada. Poco estable dimensionalmente.

### 7. Comportamiento frente al secado

Es una madera de estacionamiento y secado fácil. Tiene fuerte tendencia al colapso. Se recomienda tratamientos contra la polilla. Requiere un secado cuidadoso. Requiere estibas con ventilación intermedia.

En el secado artificial requiere un secado cuidadoso aplicando normas de secado suaves, con temperaturas que no superen los 60° y requiere tratamiento para corrección de colapso.



### 8. Durabilidad natural

Duramen

*Resistente al ataque de hongos.  
Resistente a los parásitos marinos.*

Duramen

*Susceptible al ataque de insectos.  
La albura es susceptible al ataque de polilla.*

*Es una madera cuya durabilidad natural al exterior y en contacto con el suelo se estima entre 10 a 20 años. Se la clasifica como durable. Madera poco penetrable por líquidos impregnantes. La albura se impregna con facilidad.*

### 9. Propiedades mecánicas

Módulo de rotura tracción axial Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de elasticidad tracción axial Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de rotura flexión estática axial Nt/mm <sup>2</sup>	154,6
Módulo de elasticidad flexión estática Nt/mm <sup>2</sup>	13.071
Módulo de rotura Compresión axial Nt/mm <sup>2</sup>	68,49
Módulo de elasticidad Compresión axial Nt/mm <sup>2</sup>	16.074
T. límite Compresión perpendicular Nt/mm <sup>2</sup>	19,72
Módulo de rotura corte paralelo Nt/mm <sup>2</sup>	13,7
Módulo de rotura tracción perpendicular Nt/mm <sup>2</sup>	11,7
Módulo de rotura clavaje Nt/mm <sup>2</sup>	1,07
Flexión dinámica K	0,94
Dureza Janka perpendicular a las fibras	82,04
Dureza Brinell Unidades	-
Carga de extracción perpendicular de clavos Kg	-

*Considerando su densidad es una madera medianamente resistente a los esfuerzos de flexión, compresión paralela, dinámicos y corte. Resistente a la compresión perpendicular. Dura.*

### 10. Trabajabilidad

Aserrado

*Ofrece dificultades. Requiere elementos de corte bien afilados.*

Maquinado

*Se cepilla, moldura y tornea sin dificultades.*

Tranchado

*No ofrece dificultades.*

Debobinado

-

Curvado al vapor

-

Encolado

*No ofrece dificultades.*

Clavado y Atomillado

*Ofrece cierta dificultad debido a su dureza y grano entrecruzado. Tiende a rajar.*

Recubrimiento superficial

*Toma bien barnices, tintes y lustres dando superficies de acabado satisfactorias.*

#### Usos

- postes
- pisos
- vigas
- puntales
- varillas para alambrado
- construcciones pesadas
- pilotes sin impregnar
- construcciones hidráulicas
- muebles
- durmientes
- hidráulicas
- leña

#### 10.2.4 Espina Corona

**Nombre Vulgar:** Espina corona, Coronillo.

**Nombre Científico:** *Gleditsia amorphoides*.

**Distribución geográfica**

Provincias de Salta, Jujuy, Chaco, Formosa, Santa Fe, Corrientes, Entre ríos y Misiones, en la formación del Parque Chaqueño y en la Selva Misionera.

**Descripción Macroscópica**

Madera de color castaño rojizo a oscuro.

**Dureza:**

Madera dura y pesada,

**Densidad:**

Tiene densidad aparente de 0.800 a 0.890 g/cm<sup>3</sup>.

**Grano:**

Presenta textura fina y suavemente heterogénea, con grano oblicuo y diseño liso. Los anillos de crecimiento son poco demarcados. Con parénquima confluyente abundante que se visualiza claramente en el corte transversal. Porosidad difusa.

**Usos**

Parquet, pisos tarugados, chapas, marcos de puertas y ventanas, ebanistería, leña y carbón.

# Espina de Corona

**1. Nombre Vulgar**  
Espina Corona. Coronillo, Quillai

**2. Nombre científico**  
*Gleditsia amorphoides (Gris) Taub.*

Flia. Leguminosas Cesalpinoideas

### 3. Área de dispersión

Parque Chaqueño Oriental, Selva Misionera, Chaco, Formosa, Santa Fe, Misiones y Corrientes.

### 4. Caracteres anatómicos macroscópicos

Madera de color castaño rosado a morado con vetas longitudinales. Porosa. Porosidad difusa o semicircular. Poros pequeños a medianos, vacíos, solitarios y múltiples cortos de 2-3, visibles con lupa y aún a ojo desnudo. Presenta parénquima leñoso, vasicéntrico grueso y confluyente, visible a ojo desnudo. Radios leñosos finos, rectilíneos, visibles con lente de mano. Anillos de crecimiento medianamente demarcados.

En cortes longitudinales se observa aún a ojo desnudo el recorrido rectilíneo a oblicuo de los vasos.

### 5. Caracteres estéticos y organolépticos

Color Albura	<i>Blanco amarillenta</i>
Color duramen	<i>Castaño rosado morado</i>
Brillo	<i>Suave</i>
Olor	<i>Ausente</i>
Gusto	<i>Ausente</i>
Textura	<i>Fina y heterogénea</i>
Grano	<i>Derecho a oblicuo</i>
Diseño	<i>Suave</i>
Corte tangencial	<i>Floreado</i>
Corte radial	<i>Veteado cromático</i>

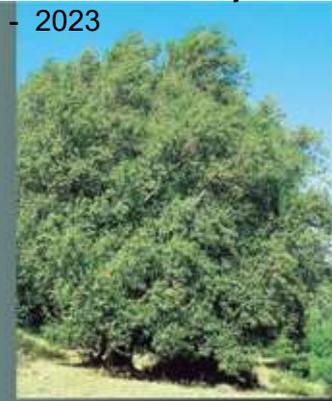
### 6. Propiedades físicas

Densidad aparente al 15% de humedad gr/cm <sup>3</sup>	0,800		
<b>Contracciones totales</b>	<b>Coef. retractibilidad</b>		
Tangencial %	8,5	Tangencial %	0,34
Radial %	3,6	Radial %	0,14
Volumétrica %	13,4	Volumétrica %	0,52
P. saturación de fibras %	29,1	Índice T/R %	2,36
Porosidad %	46,7	Compacidad %	53,3

Es una madera con valor de contracción lineal mediano y volumétrica mediano. Poco estable dimensionalmente. Pesada.

### 7. Comportamiento frente al secado

Es una madera algo difícil de secar con tendencia a deformar debido a las diferencias entre sus contracciones radial y tangencial. Con tendencia al rajado. En el secado artificial requiere un secado lento y suave.



### 8. Durabilidad natural

Duramen  
Duramen

*Poco resistente al ataque de hongos.  
Resistente al ataque de insectos.  
La albura es sensible al ataque de Lyctus*

*Es una madera cuya durabilidad natural al exterior y en contacto con el suelo se estima entre 5 a 10 años.*

Se la clasifica como  
Madera con duramen

*Poco durable.  
Poco penetrable. No es posible  
impregnarla.*

### 9. Propiedades mecánicas

Módulo de rotura tracción axial Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de elasticidad tracción axial Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de rotura flexión estática axial Nt/mm <sup>2</sup>	83,70
Módulo de elasticidad flexión estática Nt/mm <sup>2</sup>	10.323
Módulo de rotura Compresión axial Nt/mm <sup>2</sup>	41,82
Módulo de elasticidad Compresión axial Nt/mm <sup>2</sup>	11.200
T. límite Compresión perpendicular Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de rotura corte paralelo Nt/mm <sup>2</sup>	13,73
Módulo de rotura tracción perpendicular Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de rotura clivaje Nt/mm <sup>2</sup>	-
Flexión dinámica K	-
Dureza Janka perpendicular a las fibras	85
Dureza Brinell Unidades	7,1
Carga de extracción perpendicular de clavos Kg	-

*Considerando su densidad es una madera medianamente resistente a los esfuerzos de flexión, compresión y corte. Dura.*

### 10. Trabajabilidad

A serrado	<i>Presenta dificultades. Algo abrasiva. Es recomendable aserrarla en húmedo o utilizar sierras de acero especiales.</i>
Maquinado	<i>Con elementos de corte apropiados se cepilla, ranura moldura y tornea sin dificultad superficies lisas y pulidas.</i>
Tranchado	<i>No ofrece dificultades.</i>
Debobinado	-
Curvado al vapor	-
Encolado	-
Clavado y Atornillado	<i>Presenta dificultades debido a su dureza. Requiere pretaladrado.</i>
Recubrimiento superficial	-

#### Usos

- Marcos
- Tirantería
- Cabos de Cuchillos
- Puertas
- Carpintería interior
- Masas de Ruedas
- Ventanas
- Menajes
- Carbón

### 10.2.5 Guayacán

**Nombre Vulgar**

Guayacán, Ibirá-verá

**Nombre Científico**

*Libidibia paraguariensis*

**Distribución geográfica**

Provincias de Chaco, Formosa, Santiago del Estero, Santa Fe, en la formación del Parque Chaqueño.

**Descripción Macroscópica**

Madera de color castaño oscuro violáceo a negro.

**Dureza:**

Madera muy dura y pesada,

**Densidad:**

Densidad aparente de 1.195 g/cm<sup>3</sup>.

**Grano:**

Presenta textura fina y homogénea, con grano entrecruzado y diseño liso. Difícil de trabajar por su grano. Muy durable a la intemperie y bajo el agua por su alto porcentaje de taninos. Los anillos de crecimiento son poco demarcados. Porosidad difusa, poros muy pequeños.

**Usos:**

Postes, durmientes, puentes, tornería, partes de instrumentos musicales, botones, leña y carbón.

# Guayacán

**1. Nombre Vulgar**  
Guayacán, Ibirá Verá

**2. Nombre científico**  
*Caesalpinia paraguariensis* Burk.

### 3. Área de dispersión

Parque Chaqueño Oriental, Chaco y Formosa

### 4. Caracteres anatómicos macroscópicos

Madera de color castaño rojizo a violeta oscuro casi negra. Porosa. Porosidad difusa. Poros pequeños, vacíos, solitarios en su mayoría y múltiples cortos, visibles con lupa.

Parénquima leñoso visible con lupa, vasicéntico y confluyente delgado. radios leñosos muy finos, visibles con lente de mano. Anillos de crecimiento no visibles. En corte longitudinal tangencial se aprecia con lupa el trayecto sinuoso de los vasos y la estructura estratificada.

### 5. Caracteres estéticos y organolépticos

Color Albura	<i>Blanco rosada</i>
Color duramen	<i>Castaño rojizo a violáceo</i>
Brillo	<i>Suave</i>
Olor	<i>Ausente</i>
Gusto	<i>Ausente</i>
Textura	<i>Fina homogénea</i>
Grano	<i>Entrecruzado</i>
Diseño	<i>Suave</i>
Corte tangencial	<i>Liso</i>
Corte radial	<i>Liso</i>

### 6. Propiedades físicas

Densidad aparente al 15% de humedad gr/cm <sup>3</sup>	1,180		
<b>Contracciones totales</b>	<b>Coef. retractibilidad</b>		
Tangencial %	6,4	Tangencial %	0,21
Radial %	5,5	Radial %	0,18
Volumétrica %	14	Volumétrica %	0,45
P. saturación de fibras %	24,5	Índice T/R %	1,16
Porosidad %	21,4	Compacidad %	78,6

Es una madera con valor de contracción lineal tangencial bajo, radial medio y volumétrica medio. estable dimensionalmente. Muy pesada.

### 7. Comportamiento frente al secado

No ofrece mayores problemas, tanto en el secado natural como artificial en el cual se recomienda aplicar normas de secado suaves.



### 8. Durabilidad natural

Duramen *Resistente al ataque de hongos.*  
Duramen *Resistente al ataque de insectos.*

*Es una madera cuya durabilidad natural al exterior y en contacto con el suelo se estima mayor a 30 años.*

Se la clasifica como *Muy durable.*  
Madera con duramen *Impenetrable. No es posible impregnarla.*

### 9. Propiedades mecánicas

Módulo de rotura tracción axial Nt/mm <sup>2</sup>	99,22
Módulo de elasticidad tracción axial Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de rotura flexión estática axial Nt/mm <sup>2</sup>	148,6
Módulo de elasticidad flexión estática Nt/mm <sup>2</sup>	15.702
Módulo de rotura Compresión axial Nt/mm <sup>2</sup>	84,39
Módulo de elasticidad Compresión axial Nt/mm <sup>2</sup>	14.289
T. límite Compresión perpendicular Nt/mm <sup>2</sup>	49,36
Módulo de rotura corte paralelo Nt/mm <sup>2</sup>	15,79
Módulo de rotura tracción perpendicular Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de rotura clavaje Nt/mm <sup>2</sup>	-
Flexión dinámica K	-
Dureza Janka perpendicular a las fibras	171,72
Dureza Brinell Unidades	12,3
Carga de extracción perpendicular de clavos Kg	-

Considerando su densidad es una madera medianamente resistente a la flexión y compresión paralela y corte. Poco flexible. Resistente a la compresión perpendicular.

### 10. Trabajabilidad

Aserrado	<i>Presenta dificultad en el aserrado, debido a su dureza y grano entrecruzado. Es recomendable el uso de sierras estelitadas. En el cepillado se aconseja el empleo de elementos cortantes con ángulo de ataque reducido entre 15 y 20° da superficies lisas y brillantes. Se tornea sin dificultad.</i>
Maquinado	<i>Presenta dificultad en el aserrado, debido a su dureza y grano entrecruzado. Es recomendable el uso de sierras estelitadas. En el cepillado se aconseja el empleo de elementos cortantes con ángulo de ataque reducido entre 15 y 20° da superficies lisas y brillantes. Se tornea sin dificultad.</i>
Tranchado	-
Debobinado	-
Curvado al vapor	-
Encolado	<i>No ofrece dificultades.</i>
Clavado y Atornillado	<i>Ofrece dificultades por su dureza y requiere pretaladrado previo.</i>
Recubrimiento superficial	<i>Toma bien lustres y barnices dando superficies de acabado satisfactorio.</i>

#### Usos

- postes
- varillas
- durmientes
- pisos umbrales
- escaleras
- construcciones hidráulicas
- muelles

- malecones
- crucetas
- puentes
- marcos de puertas y ventanas
- construcc. rurales
- bretes
- bebederos

- tranqueras
- tornería
- instrumentos musicales
- ruchillos

### 10.2.6 Quebracho Blanco

**Nombre Vulgar**

Quebracho blanco

**Nombre Científico**

*Aspidosperma quebracho-blanco*

**Distribución geográfica**

Su área de distribución natural es el Parque Chaqueño, abarcando Catamarca, La Rioja, San Juan, Mendoza, San Luis, Chaco, Formosa, Santiago del Estero, norte de Santa Fé y Córdoba. La explotación indiscriminada ha disminuido drásticamente el número de ejemplares añosos y su distribución.

**Descripción Macroscópica**

Madera de color amarillo ocre a veces con coloración rosada,

**Dureza:**

Dura y pesada

**Densidad:**

Densidad de 0,850 g/cm<sup>3</sup>.

**Grano:**

Difícil de trabajar, aserrar, clavar y cepillar por su grano entrecruzado y su dureza. Textura fina y homogénea. Con diseño espigado suave o liso. Presenta problemas de estabilidad dimensional ya que tiene tendencia a sufrir contracciones e hinchamientos. Anillos de crecimiento poco demarcados, poros solitarios, parénquima no visible.

**Usos**

Se utiliza en carpintería rural, postes, tirantearía, tablas, tablonés, tornería, leña de alto poder calorífico (ramas).

# Quebracho Blanco

**1. Nombre Vulgar**  
Quebracho blanco

**2. Nombre científico**  
*Aspidosperma quebracho blanco Schlecth*

Fila Apocináceas

### 3. Área de dispersión

Parque chaqueño Monte xerófilo, Chaco, Formosa, Salta, Jujuy, Tucumán, Santiago del Estero, Santa Fé, Catamarca, La Rioja, San Juan, Mendoza

### 4. Caracteres anatómicos macroscópicos

Madera de color amarillo claro a ligeramente rosado, a menudo con falso corazón rosado. Porosa. Porosidad difusa. Poros pequeños, vacíos, solitarios, visibles con lupa. Parénquima leñoso no visible con lupa. Radios leñosos muy finos, rectilíneos, apenas visibles con lupa. Anillos de crecimiento poco demarcado. En corte longitudinal recién aserrada se aprecia con lupa las trazas vasculares amarillentas sobre fondo rosado.

### 5. Caracteres estéticos y organolépticos

Color Albura	Amarillo Ocráceo
Color duramen	Amarillo Ocre Rosado
Brillo	Suave
Olor	Ausente
Gusto	Ausente
Textura	Fina homogénea
Grano	Oblicuo entrecruzado
Diseño	Suave
Corte tangencial	Liso
Corte radial	Liso

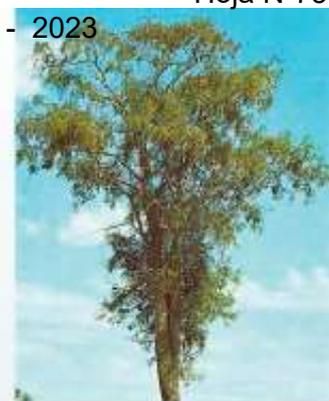
### 6. Propiedades físicas

Densidad aparente al 15% de humedad gr/cm <sup>3</sup>	0,880		
Contracciones totales	Coef. retractsibilidad		
Tangencial %	10,9	Tangencial %	0,39
Radial %	5,3	Radial %	0,19
Volumétrica %	15,6	Volumétrica %	0,58
P. saturación de fibras %	27,7	Índice T/R%	2,05
Porosidad %	28,1	Compacidad %	71,9

Madera con valor de contracción lineal tangencial, radial medio y volumétrica alto. Pesada. Poco estable.

### 7. Comportamiento frente al secado

Es una madera difícil de secar susceptible a la deformación, formación de grietas y rajaduras durante el secado, por ello se recomienda un secado lento y cuidadoso. Es ambientes húmedos es atacada rápidamente por mohos. Tiene cierta tendencia al colapso y por ello es recomendable el tratamiento para corregir el colapso.



### 8. Durabilidad natural

Duramen *Poco resistente al ataque de hongos.*  
Duramen *Resistente al ataque de insectos.*

Es una madera cuya durabilidad natural al exterior enterrada se estima 5 a 10 años.

Se la clasifica como *Poco durable.*  
Madera con duramen *Penetrable. Es posible impregnarla fácilmente con diferentes impregnantes.*

### 9. Propiedades mecánicas

Módulo de rotura tracción axial Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de elasticidad tracción axial Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de rotura flexión estática axial Nt/mm <sup>2</sup>	101,75
Módulo de elasticidad flexión estática Nt/mm <sup>2</sup>	9.026
Módulo de rotura Compresión axial Nt/mm <sup>2</sup>	43,69
Módulo de elasticidad Compresión axial Nt/mm <sup>2</sup>	5.701
T. límite Compresión perpendicular Nt/mm <sup>2</sup>	26,48
Módulo de rotura corte paralelo Nt/mm <sup>2</sup>	9,91
Módulo de rotura tracción perpendicular Nt/mm <sup>2</sup>	6,18
Módulo de rotura clavaje Nt/mm <sup>2</sup>	4,18
Flexión dinámica K	0,63
Dureza Janka perpendicular a las fibras	94,4
Dureza Brinell Unidades	7,6
Carga de extracción perpendicular de clavos Kg	-

Considerando su densidad es una madera medianamente resistente a los esfuerzos de flexión, compresión paralelo, corte, Medianamente resistente al choque y con muy buena resistencia a la compresión perpendicular, Dura.

### 10. Trabajabilidad

Aserrado	<i>Presenta dificultades en su aserrado, algo abrasiva es recomendable aserrarla en húmedo o utilizar sierras estelitadas, equipos de gran potencia.</i>
Maquinado	<i>Con elementos de corte apropiados, se cepilla, ranura moldura y torneó sin dificultad superficies lisas y pulidas. Se torneó con facilidad</i>
Tranchado	-
Debobinado	-
Curvado al vapor	-
Encolado	-
Clavado y Atornillado	<i>Es dificultoso su clavado y atornillado debido a su dureza requiere de pretaladrado.</i>
Recubrimiento superficial	<i>Toma bien lustras, tintes y pinturas.</i>

### Usos

- carrocerías
- varas de ruedas
- carros
- (BARRAS PARA RADIAL)
- Plataformas de coches
- Jern de alios

- mangos de herramientas
- artículos deportivos
- paralelas
- clavos
- esquies
- piezas de ajedrez
- tacos de zapatos

- yeguillos
- estribos
- armazón de monturas
- carbón e impregnada
- durmientes
- construcciones rurales
- viviendas

### 10.2.7 Quebracho Colorado

**Nombre Vulgar**

Quebracho Colorado Chaqueño.

**Nombre Científico**

*Schinopsis balansae*

**Distribución geográfica**

Su área de distribución natural es el Parque Chaqueño, abarcando Chaco, Formosa, Santiago del Estero, norte de Santa Fé y Córdoba. La explotación indiscriminada para la fabricación de durmientes y la extracción de taninos ha disminuido drásticamente el número de ejemplares añosos y su distribución.

**Descripción Macroscópica****Color:**

Madera de color castaño rojizo oscuro,

**Dureza:**

Muy dura y pesada,

**Densidad:**

Su densidad es 1.250 g/cm<sup>3</sup>.

**Grano:**

Difícil de trabajar, aserrar, clavar y cepillar por su grano entrecruzado y su dureza. Textura fina y homogénea. Con diseño espigado suave. Su mayor valor es la durabilidad natural. Anillos de crecimiento no demarcados, porosidad difusa, poros muy pequeños con tílides.

**Usos**

Se utiliza en carpintería rural, postes, durmientes, tirantearía, tablas, tablonés, usos a la intemperie, extracción de taninos, leña de alto poder calorífico.

# Quebracho colorado Chaqueño

## 1. Nombre Vulgar

Quebracho colorado chaqueño, Ibirá yíibi

## 2. Nombre científico

*Schinopsis balansae Engl.*

Filia Anacardiáceas

## 3. Área de dispersión

Parque chaqueño oriental, Chaco, Formosa, Santa Fé, Noroeste de Corrientes.

## 4. Caracteres anatómicos macroscópicos

Madera de color castaño rojizo oscuro. Porosa. Porosidad difusa. Poros muy pequeños múltiples cortos en su mayoría y solitarios ocluidos por sustancias negras (tilos y tanino), visibles con lupa. Parénquima leñoso visible apenas con lupa, vasicéntrico delgado y terminal. Radios leñosos muy finos, rectilíneos, visibles con lente de mano. Anillos de crecimiento poco demarcados y muy estrechos. En corte longitudinal tangencial se aprecia con lupa los elementos vasculares ocluidos por sustancias negruzcas y los radios como rayitas naviculares.

## 5. Caracteres estéticos y organolépticos

Color Albura	<i>Bianco rosada</i>
Color duramen	<i>Castaño rojizo oscuro</i>
Brillo	<i>Mediano</i>
Olor	<i>Ausente</i>
Gusto	<i>Astringente</i>
Textura	<i>Fina homogénea</i>
Grano	<i>Oblicuo entrecruzado</i>
Diseño	<i>Suave</i>
Corte tangencial	<i>Liso</i>
Corte radial	<i>Bandeado</i>

## 6. Propiedades físicas

Densidad aparente al 15% de humedad $gr/cm^3$	1,250		
<b>Contracciones totales</b>	<b>Coef. retractibilidad</b>		
Tangencial %	7,4	Tangencial %	0,25
Radial %	4,3	Radial %	0,15
Volumétrica %	11,8	Volumétrica %	0,40
P. saturación de fibras %	29,2	Índice T/R %	1,74
Porosidad %	18,3	Compacidad %	81,7

Madera con valor de contracción lineal tangencial bajo, radial medio y volumétrica medio. Muy pesada. Medianamente estable.

## 7. Comportamiento frente al secado

Requiere secado lento. Mayor tendencia a rajar que el quebracho colorado santiagueño por su mayor contenido de taninos. En el secado artificial admite normas de secado acelerado.



## 8. Durabilidad natural

Duramen

*Muy resistente al ataque de hongos.*

Duramen

*Resistente al ataque de insectos y termitas. Albura es susceptible al ataque de hongos cromógenos y taladros.*

*Es una madera cuya durabilidad natural al exterior enterrada en el suelo se estima mayor a 30 años.*

Se la clasifica como Madera con duramen

*Muy durable.*

*Impenetrable. Imposible impregnarla.*

## 9. Propiedades mecánicas

Módulo de rotura tracción axial $Nt/mm^2$	142,29
Módulo de elasticidad tracción axial $Nt/mm^2$	-
Módulo de rotura flexión estática axial $Nt/mm^2$	137,38
Módulo de elasticidad flexión estática $Nt/mm^2$	15.112
Módulo de rotura Compresión axial $Nt/mm^2$	83,41
Módulo de elasticidad Compresión axial $Nt/mm^2$	-
T. límite Compresión perpendicular $Nt/mm^2$	44,36
Módulo de rotura corte paralelo $Nt/mm^2$	19,92
Módulo de rotura tracción perpendicular $Nt/mm^2$	-
Módulo de rotura clavaje $Nt/mm^2$	-
Flexión dinámica K	-
Dureza Janka perpendicular a las fibras	117,76
Dureza Brinell Unidades	12,3
Carga de extracción perpendicular de clavos Kg	-

Considerando su densidad es una madera muy resistente a los esfuerzos de compresión, flexión y corte. Muy dura.

## 10. Trabajabilidad

Aserrado	<i>Es difícil de aserrar. Madera abrasiva. Se recomienda para su aserrado el uso de equipos de gran potencia y sierras estelitadas.</i>
Maquinado	<i>Presenta dificultades debido a su dureza y grano entrelazado. Se recomienda utilizar elementos de corte de carburo tungsteno y ángulos de ataque de 15°. Da superficies lisas pulidas, se tornea bien.</i>
Trancho	-
Debobinado	-
Curvado al vapor	-
Encolado	-
Clavado y Atornillado	<i>Ofrece dificultades dado su dureza, requiere de pretaladrado.</i>
Recubrimiento superficial	<i>Puede presentar problemas debido a la presencia de taninos, se recomienda emplear selladores previo a dar el acabado final y barnices poliuretánicos.</i>

### Usos

- revestimiento exterior
- ventanas y puertas exteriores
- persianas y cortinas
- tejuelas

- cielorrasos
- placares
- pisos
- cubiertas de embarcaciones
- piraguas

- colmenas tubos
- conductores de agua
- terciados
- carpintería general

### 10.2.8 Tala

**Nombre Vulgar**

Tala

**Nombre Científico**

Celtis ehrenbergiana

**Distribución geográfica**

Provincias de Buenos Aires (noreste y este), Entre Ríos, Corrientes, Misiones, Santa Fe, Córdoba, Chaco, Formosa, Salta (Parque Chaqueño y Espinal).

**Descripción Macroscópica****Color:**

Madera clara de color amarillo ocre.

**Dureza:**

Madera semipesado a pesada y dura,

**Densidad:**

Densidad aparente de 0,780 a 0,820 g/cm<sup>3</sup>.

**Grano:**

Textura media y levemente heterogénea y grano derecho a oblicuo. Con diseño floreado marcado principalmente por el parénquima en bandas concéntricas muy abundante. No presenta olor característico. Poco durable a la intemperie.

Los anillos de crecimiento están poco demarcados, debido a que la gran cantidad de parénquima en bandas enmascara su límite. Porosidad difusa.

**Usos**

Leña, carbón, mangos de herramientas, artículos torneados, útiles de dibujo, piezas de ajedrez, botones.

## Tala

### 1. Nombre Vulgar

Tala

### 2. Nombre científico

*Celtis spinosa Spreng.*

Fliá. Ulmaceae

### 3. Área de dispersión

Entre Ríos, Córdoba, Santa Fé, Buenos Aires.

### 4. Caracteres anatómicos macroscópicos

Madera de color amarillo ocráceo. Porosa. Porosidad difusa. Poros pequeños, vacíos, solitarios, múltiples cortos de 2-3 y múltiples largos, visibles con lupa. Parénquima leñoso confluyente mediano en bandas, visible con lupa. Radios leñosos finos, rectilíneos, visibles con lente de mano. Anillos demarcados. En corte longitudinal se aprecia el trayecto recto a oblicuo de los vasos. En cortes longitudinales se aprecia a ojo desnudo el trayecto de los vasos rodeados por parénquima más claro que el fondo fibroso. En corte radial se observa suave jaspeado.

### 5. Caracteres estéticos y organolépticos

Color Albura	<i>Amarillenta</i>
Color duramen	<i>Amarillo ocráceo</i>
Brillo	<i>Suave</i>
Olor	<i>Ausente</i>
Gusto	<i>Ausente</i>
Textura	<i>Fina heterogénea</i>
Grano	<i>Oblicuo</i>
Diseño	<i>Suave</i>
Corte tangencial	<i>Floreado</i>
Corte radial	<i>Veteado</i>

### 6. Propiedades físicas

Densidad aparente al 15% de humedad gr/cm <sup>3</sup>	0,770		
<b>Contracciones totales</b>	<b>Coef. retractibilidad</b>		
Tangencial %	11,01	Tangencial %	0,38
Radial %	6,06	Radial %	0,21
Volumétrica %	17,1	Volumétrica %	0,60
P. saturación de fibras %	28,35	Índice T/R %	1,81
Porosidad %	51	Compacidad %	49

Madera con valor de contracción lineal tangencial medio, radial bajo y volumétrica medio. Semipesada. Poco estable dimensionalmente.

### 7. Comportamiento frente al secado

Es una madera que durante su estacionamiento debido a las diferencias que existen entre sus contracciones lineales tiende a agrietarse, rajarse y deformarse, pero no son comunes estos defectos. Es sensible al manchado por hongos. Se recomienda tratamientos preventivos anti mancha. Requiere un secado cuidadoso. Requiere estibas con ventilación intermedia. En el secado artificial requiere normas de secado intermedias.



### 8. Durabilidad natural

Duramen

*Medianamente resistente al ataque de hongos.*

Duramen

*Poco resistente al ataque de insectos.*

*Es una madera cuya durabilidad natural al exterior enterrada se estima entre 10 y 20 años.*

Se la clasifica como Madera con duramen

*Medianamente durable. Penetrable por líquidos impregnantes. Se impregna con facilidad.*

### 9. Propiedades mecánicas

Módulo de rotura tracción axial Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de elasticidad tracción axial Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de rotura flexión estática axial Nt/mm <sup>2</sup>	112
Módulo de elasticidad flexión estática Nt/mm <sup>2</sup>	107,7
Módulo de rotura Compresión axial Nt/mm <sup>2</sup>	47,5
Módulo de elasticidad Compresión axial Nt/mm <sup>2</sup>	11.316
T. límite Compresión perpendicular Nt/mm <sup>2</sup>	14,3
Módulo de rotura corte paralelo Nt/mm <sup>2</sup>	12,1
Módulo de rotura tracción perpendicular Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de rotura clavaje Nt/mm <sup>2</sup>	-
Flexión dinámica K	-
Dureza Janka perpendicular a las fibras	54,8
Dureza Brinell Unidades	-
Carga de extracción perpendicular de clavos Kg	-

Considerando su densidad es una madera resistente a los esfuerzos de flexión, compresión perpendicular y corte, medianamente resistente a la compresión paralela. Dura.

### 10. Trabajabilidad

Aserrado

*Ofrece dificultades. Requiere elementos de corte bien afilados.*

Maquinado

*No ofrece dificultad.*

Tranchado

-

Debobinado

-

Curvado al vapor

-

Encolado

*Ofrece dificultad. Tiende a rajar.*

Clavado y Atornillado

*No ofrece dificultad.*

Recubrimiento superficial

*Toma bien barnices, tintes y lustres dando superficies de acabado satisfactorias.*

#### Usos

- construcción civil
- estructuras

### 10.2.9 Urunday

**Nombre Vulgar**

Urunday

**Nombre Científico**

*Astronium balansae*

**Distribución geográfica**

Especie característica de la región oriental húmeda del Parque Chaqueño, abarcando las provincias de Santa Fe, Chaco, Formosa, noreste de Corrientes y sur de Misiones

**Descripción Macroscópica****Color:**

Madera de color castaño rojizo muy oscuro, con frecuencia presenta vetas negras longitudinales que rápidamente se homogenizan con el resto del tejido al oxidarse.

**Dureza:**

Muy dura y pesada.

**Densidad:**

Densidad de 1.175 g/cm<sup>3</sup>.

**Grano:**

Difícil de trabajar, clavar y cepillar por su grano entrecruzado. Textura fina y homogénea y diseño espigado. Su mayor valor es la durabilidad natural, incluso bajo el agua.

**Usos**

Se utiliza en carpintería rural, postes, durmientes, tablas, uso a la intemperie, leña y carbón.

## Urunday

### 1. Nombre Vulgar

**Urunday Colorado, Urunday Crespo, Urunday Pichai, Urunday Pardo**

### 2. Nombre científico

***Astronium balansae* L.**

Filia. Anacardiaceae

### 3. Área de dispersión

Parque Chaqueño Oriental, Selva Misionera, Chaco, Formosa, Misiones.

### 4. Caracteres anatómicos macroscópicos

Madera de color castaño rosado a rojizo, con franjas violáceas oscuras. Porosa. Porosidad difusa. Poros muy pequeños, ocluidos por taninos o tilides, solitarios, múltiples cortos, visibles con lente de mano. Parénquima leñoso apenas visible con lente de mano, vasicéntrico delgado. Radios leñosos muy finos, rectilíneos, apenas visibles con lente de mano. Anillos de crecimiento no demarcados. En corte longitudinal se aprecian las trazas vasculares llenas de sustancias negruzcas.

### 5. Caracteres estéticos y organolépticos

Color Albura	<i>Amarillo rosada</i>
Color duramen	<i>Castaño rojizo con vetas violáceas</i>
Brillo	<i>Suave</i>
Olor	<i>Ausente</i>
Gusto	<i>Ausente</i>
Textura	<i>Fina heterogénea</i>
Grano	<i>Oblicuo Entrecruzado Crespo</i>
Diseño	<i>Pronunciado</i>
Corte tangencial	<i>Veteado cromático</i>
Corte radial	<i>Veteado cromático</i>

### 6. Propiedades físicas

Densidad aparente al 15% de humedad gr/cm <sup>3</sup>	1,100		
<b>Contracciones totales</b>	<b>Coef. retractibilidad</b>		
Tangencial %	9,9	Tangencial %	0,35
Radial %	5,5	Radial %	0,19
Volumétrica %	15,6	Volumétrica %	0,55
P. saturación de fibras %	27,7	Índice T/R %	1,8
Porosidad %	28,1	Compacidad %	71,9

Madera con valor de contracción lineal tangencial medio, radial medio y volumétrica alto. Muy pesada. Medianamente estable. Alta contracción volumétrica.

### 7. Comportamiento frente al secado

Requiere un secado lento para obtener material de calidad sin que se produzcan deformaciones grietas y rajaduras, dada su alta contracción volumétrica. En el secado artificial requiere normas de secado intermedias.

### Usos

- carpintería interior
- ventanas y puertas
- muebles
- tallar



### 8. Durabilidad natural

Duramen  
Duramen

*Resistente al ataque de hongos.  
Resistente al ataque de insectos. Albura atacable por insectos.*

*Es una madera cuya durabilidad natural al exterior se estima mayor a 30 años.*

Se la clasifica como  
Madera con duramen

*Muy durable.  
Impenetrable. No es posible impregnarla debido a la oclusión que presentan los vasos por tilides y taninos.*

### 9. Propiedades mecánicas

Módulo de rotura tracción axial Nt/mm <sup>2</sup>	112,86
Módulo de elasticidad tracción axial Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de rotura flexión estática axial Nt/mm <sup>2</sup>	118,94
Módulo de elasticidad flexión estática Nt/mm <sup>2</sup>	10,745
Módulo de rotura Compresión axial Nt/mm <sup>2</sup>	61,33
Módulo de elasticidad Compresión axial Nt/mm <sup>2</sup>	18,351
T. límite Compresión perpendicular Nt/mm <sup>2</sup>	39,96
Módulo de rotura corte paralelo Nt/mm <sup>2</sup>	21,8
Módulo de rotura tracción perpendicular Nt/mm <sup>2</sup>	8,4
Módulo de rotura clavaje Nt/mm <sup>2</sup>	11,9
Flexión dinámica K	0,85
Dureza Janka perpendicular a las fibras	107,94
Dureza Brinell Unidades	10,1
Carga de extracción perpendicular de clavos Kg	-

Considerando su densidad es una madera medianamente resistente a los esfuerzos flexión, compresión paralela, corte, clavaje. Resistente a esfuerzos dinámicos, compresión perpendicular y desgaste. Muy dura.

### 10. Trabajabilidad

Aserrado	<i>Presenta dificultad en el aserrado. Es abrasiva. Desafilan rápidamente los elementos de corte. Se recomienda el uso de sierras estelíticas y ángulos de ataque no mayores a 15°.</i>
Maquinado	<i>Desafilan los elementos de corte. En el cepillado se recomienda el uso de ángulos de ataque pequeños y el uso de elementos de corte de carburo tungsteno, da superficies lisas y pulidas. Se tornea bien.</i>
Tranchado	-
Debobinado	-
Curvado al vapor	-
Encolado	<i>Presenta dificultades.</i>
Clavado y Atornillado	<i>Ofrece dificultades debido a su dureza, requiere pretaladrado.</i>
Recubrimiento superficial	<i>Presenta dificultades en el pintado. En el barnizado se aconseja el uso de primers y selladores.</i>

## 10.2.10 Ñandubay

**Nombre Vulgar**

Ñandubay – Espinillo Colorado - Espinillo

**Nombre Científico**

*Prosopis algarrobilla - Gris*

**Distribución geográfica**

Especie característica de la región oriental húmeda del Parque Chaqueño, abarcando las provincias de Santa Fe, Chaco, Formosa, noreste de Corrientes y sur de Misiones y parque Mesopotámico.

**Descripción Macroscópica****Color:**

Madera de color castaño rojizo oscuro.

**Dureza:**

Duro

**Densidad:**

Densidad de 0.960 g/cm<sup>3</sup>.

**Grano:**

Difícil de trabajar, clavar y cepillar por su grano entrecruzado. Textura fina y homogénea y diseño espigado. Su mayor valor es la durabilidad natural, incluso bajo el agua.

**Usos**

Se utiliza en carpintería rural, construcciones al intemperie, palenques, postes, durmientes, tablas, leña y carbón.



# Ñandubay

**1. Nombre Vulgar**  
Ñandubay, Espinillo colorado, Espinillo

**2. Nombre científico**  
*Prosopis algarrobilla. Gris.*

Flia. Leguminosas Mimosoideas.

### 3. Área de dispersión

Parque chaqueño, Parque mesopotámico  
Chaco, Formosa, Santa Fe, Corrientes, Entre Ríos.

### 4. Caracteres anatómicos macroscópicos

Madera de color castaño rosado a castaño oscuro. Porosa. Porosidad semicircular. Poros medianos, con sustancias oscuras en su interior, solitarios y múltiples cortos de 2-3, visibles con lupa y aún a ojo desnudo. Parénquima leñoso visible a ojo desnudo, vasicéntrico grueso, confluyente grueso. Radios leñosos medianos, rectilíneos, visibles con lente de mano. Anillos de crecimiento poco demarcado. En corte longitudinal se aprecia con lupa, el trayecto oblicuo a sinuoso de los vasos llenos de sustancias oscuras. Corte radial se observa suave jaspeado.

### 5. Caracteres estéticos y organolépticos

Color Albura	Amarillenta
Color duramen	Castaño rosado a oscuro
Brillo	Suave
Olor	Ausente
Gusto	Ausente
Textura	Mediana heterogénea
Grano	Oblicuo entrecruzado
Diseño	Pronunciado
Corte tangencial	Flareado
Corte radial	Jaspeado leve

### 6. Propiedades físicas

Densidad aparente al 15% de humedad gr/cm <sup>3</sup>	0.960		
<b>Contracciones totales</b>	<b>Coef. reactividad</b>		
Tangencial %	7,2	Tangencial %	0,28
Radial %	4,1	Radial %	0,15
Volumétrica %	11,5	Volumétrica %	0,46
P. saturación de fibras %	25	Índice T/R %	1,64
Porosidad %	36	Compacidad %	64

Es una madera pesada y medianamente estable. Estabilidad dimensional. Con contracción volumétrica, tangencial y radial media.

### 7. Comportamiento frente al secado

Secado al aire no ofrece demasiados problemas. Acepta estibas con distinto grado de ventilación.



### 8. Durabilidad natural

Duramen *Resistente al ataque de hongos.*  
Duramen *Resistente al ataque de insectos.*

*Es una madera cuya durabilidad natural al exterior se estima mayor a 30 años.*

Se la clasifica como *Muy durable.*  
Madera con duramen *Impenetrable. No es posible impregnarla.*

### 9. Propiedades mecánicas

Módulo de rotura tracción axial Nt/mm <sup>2</sup>	81,35
Módulo de elasticidad tracción axial Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de rotura flexión estática axial Nt/mm <sup>2</sup>	45,5
Módulo de elasticidad flexión estática Nt/mm <sup>2</sup>	9.970
Módulo de rotura Compresión axial Nt/mm <sup>2</sup>	49,5
Módulo de elasticidad Compresión axial Nt/mm <sup>2</sup>	11,776
T. límite Compresión perpendicular Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de rotura corte paralelo Nt/mm <sup>2</sup>	17,6
Módulo de rotura tracción perpendicular Nt/mm <sup>2</sup>	-
Módulo de rotura clavaje Nt/mm <sup>2</sup>	-
Flexión dinámica K	0,44
Dureza Janka perpendicular a las fibras	92,24
Dureza Brinell Unidades	8,25
Carga de extracción perpendicular de clavos Kg	-

Considerando su densidad es una madera débilmente resistente a los esfuerzos de compresión paralela y flexión; medianamente resistente al corte y al impacto. Dura.

### 10. Trabajabilidad

Aserrado	<i>Presenta dificultades en su aserrado, algo abrasiva es recomendable aserrarla en húmedo o utilizar sierras de aceros especiales. Con elementos de corte apropiados, se cepilla, ranura moldura y tornea sin dificultad dando superficies lisas y pulidas.</i>
Maquinado	
Tranchado	-
Debobinado	-
Curvado al vapor	-
Encolado	-
Clavado y Atornillado	<i>Es dificultoso su clavado y atornillado debido a su dureza requiere de pre-taladrado.</i>
Recubrimiento superficial	<i>Toma bien ceras, tintes y lustres.</i>

#### Usos

- construcciones a la intemperie
- mangas
- postes y varillas de alambrado
- palenques
- bebederos
- tranqueras
- leña
- bañaderos
- umbrales
- carbón

### 10.3 Tabla Resumen

[Propiedades Madera](#) ←(Vinculo a la tabla de Excel)

### 10.4 Ensayos de laboratorio

Para la elaboración del presente proyecto, se requiere determinar la carga necesaria con la cual se puede partir un tronco con una cuña. Para ello se recurrió a investigaciones de libros y ensayos, donde se ha podido observar el comportamiento de la fuerza de corte a lo largo del recorrido del tronco y se mostró que existen tres etapas, las cuales se muestran a continuación.

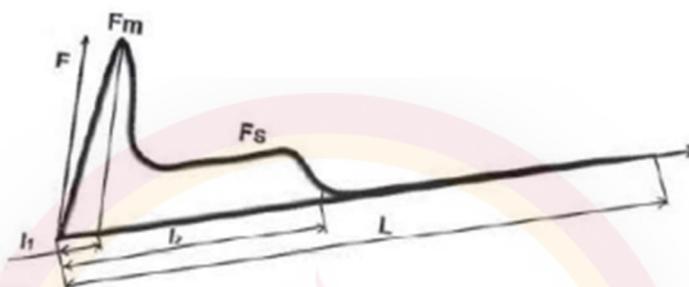


Imagen N° 49 Grafico de esfuerzo de corte de la madera

En la primera etapa la cual abarca  $1/20$  de la longitud total aproximadamente (tramo  $l_1$ ), la fuerza se comporta de manera proporcional a la distancia recorrida de la cuchilla ya que esta penetra entre las fibras del tronco hasta alcanzar un valor máximo. En la siguiente etapa, la fuerza decrece a lo largo del recorrido de la cuchilla con una tendencia inversa a la primera etapa y termina en aproximadamente  $1/10$  de la longitud del tronco. En la etapa final, la cual dura aproximadamente  $1/6$  de la longitud del tronco (tramo  $l_2$ ), la fuerza tiende a ser constante hasta terminar de cortar el tronco. Además, se sabe que existe una influencia sobre la fuerza de partición del tronco por parte del ángulo de incidencia de la cuchilla.

Para poder determinar la fuerza y analizar la influencia del ángulo de incidencia se realizaron ensayos en una maquina perteneciente a la facultad en el laboratorio de materiales, la misma es una prensa hidráulica que se utiliza para el ensayo destructivo de maderas.



*Imagen N° 50 Prensa hidráulica para realizar ensayo*



*Imagen N° 51 Equipo de medicion de fuerza de los ensayos*

De acuerdo con el estudio, un ángulo muy pequeño permite una mayor facilidad de penetración hacia el tronco, sin embargo, el tronco se adhiere más a la cuña al final de la carrera, lo que puede dificultar la descarga del tronco procesado, por lo tanto, un ángulo medio requiere de una mayor fuerza con el beneficio de una mayor facilidad de separación de las piezas, de manera que se podría abrir el tronco incluso antes de que se termine la carrera. Debido a que se desea facilitar la salida del tronco se diseñó una cuchilla de ángulo medio de  $30^\circ$ .

Primero se fabricó el soporte con corredera para poder ajustar el montaje a la prensa hidráulica. Luego se cortó una planchuela generando un ángulo de  $15^\circ$  que superpuestas con su contra parte formaban el ángulo de  $30^\circ$









*Imagen N° 52 Proceso de fabricación de las cuchillas*

Por último, antes de realizar las pruebas en el laboratorio se hizo una prueba a mano de esta en una madera de algarrobo, para corroborar que esta resista a la penetración en la madera y no se rompa en el proceso.



*Imagen N° 53 Primer ensayo realizado mediante impacto*

Para este ensayo se cortaron nueve piezas rectangulares de 4cm x 5cm x 2cm de algarrobo, la cual es la madera mas utilizada para la venta de atados de leña, pero a su vez es una madera de gran dureza. El ensayo consistio en medir la fuerza de ruptura de cada pieza ensayada. Una vez realizadas estas pruebas se trabajo con un libro de Excel para volver los datos en este.



*Imagen N° 54 realización de ensayo en prensa hidráulica*

En este programa lo que se realizó fue un promedio de las fuerzas obtenidos en los ensayos realizados y en base al ancho de la cuchilla que se utilizó generar una función, de modo de obtener en base a la longitud de la cuchilla implementada un valor de fuerza requerida. Por lo tanto luego se cargó la longitud de la cuchilla utilizada en el diseño de la maquina, con el fin de obtener una fuerza principal en base a la cuchilla implementada en el diseño de la maquina. El valor de la misma fue de 19.000kgf, para el dimensionamiento y calculo de la cuchilla se utilizo un valor de 30.000kgf.

## 10.5 Vínculos y bibliografía consultado

### 10.5.1 Vínculos

- El uso doméstico de leña en los países en desarrollo y sus repercusiones en la salud
- Historia y usos de la leña como fuente de energía
- Preocupa a los científicos el uso de maderas nativas como leña - fundación instituto leloir
- Prácticas en torno al uso de la leña de plantas- conicet
- Uso de leña en la comunidad rural - uncama.edu.ar
- Fichas técnicas de maderas- cema.com.ar
- Enciclopedia de madera- maderame.com
- Ficha tecnica eucalipto - www.maderasdesudamerica.com
- La madera como combustible - Jorge zarate
- Fichas técnicas de maderas – cema – cámara de empresarios madereros y afines
- Algarrobos (Prosopis sp)
- FORRAJERAS, HERBÁCEAS
- Pontificia universidad católica del Perú - Facultad de ciencias e ingeniería - Diseño de una maquina hidráulica astilladora de troncos - Carlos Enrique Campodónico Morales
- ¿Qué madera es buena para leña? Conocimiento botánico local en "leñeras" del partido de La Plata (Buenos Aires, Argentina) (scielo.org.ar)
- Cómo es vivir sin gas natural en invierno en San Rafael - MDZ Online (mdzol.com)
- En 2021, Mendoza ya decomisó más de un millón de kilos de leña ilegales - Mendoza Post

### Anexo

- Pontificia universidad católica del Perú - Facultad de ciencias e ingeniería - Diseño de una maquina hidráulica astilladora de troncos - Carlos Enrique Campodónico Morales

### 10.5.2 Bibliografía

- Diseño en ingeniería mecánica de Shigley – Richard G. Budynas y J. Keith Nisbett – Octava edición.
- EL ACERO EN LA CONSTRUCCIÓN – Manual para el proyecto, calculo y ejecución de CONSTRUCCIONES EN ACERO.
- PROYECTOS DE INVERSIÓN Formulación y Evaluación – Segunda edición – NASIIR SAPAG CHAIN.

## 10.6 Índice de imágenes

Imagen N° 1 Partes del tronco .....	5
Imagen N° 2 Representación formación de la madera.....	5
Imagen N° 3 Almacenaje de leña .....	14
Imagen N° 4 Sierra circular utilizada para cortar leña .....	14
Imagen N° 5 Prensa hidráulica para trozar leña.....	15
Imagen N° 6 Ubicación de la leñera visitada.....	16
Imagen N° 9 Sierra sin fin utilizada para trozar troncos .....	17
Imagen N° 10 Cilindro Oleo-hidráulico utilizado para partir troncos.....	18
Imagen N° 11- Troncos de gran porte.....	19
Imagen N° 12- Zona de almacenaje.....	20
Imagen N° 13- Sierra sin fin utilizada para cortar troncos .....	20
Imagen N° 14- Sierra circular utilizada para cortar troncos.....	21
Imagen N° 15 - Prensa hidráulica con cuña.....	21
Imagen N° 16 - Cilindro hidráulico utilizado para astillar madera.....	22
Imagen N° 17- Carretilla usada para transportar troncos de gran porte.....	23
Imagen N° 18- Personas transportando un tronco .....	23
Imagen N° 19 Carro para trasladar troncos .....	24
Imagen N° 20 Carro para trasladar troncos .....	24
Imagen N° 21- Malacate manual - vidaxl.es.....	25
Imagen N° 22- Malacate motorizado -offroadatvsite.blogspot.com.au .....	25
Imagen N° 23- Malacate siendo utilizado para el traslado de troncos.....	26
Imagen N° 24 - Motosierra- jardinizados.com .....	27
Imagen N° 25 - Sierra Circular - sierracircular.pro .....	27
Imagen N° 26 Madera ya astillada .....	28
Imagen N° 27 Hacha manual .....	29
Imagen N° 28 Uso del hacha .....	30
Imagen N° 29 Tornillo sin fin encargado de partir la madera .....	31
Imagen N° 30 Astilladora a tornillo.....	31
Imagen N° 31 Astilladora de Cuña hidráulica.....	32
Imagen N° 32 Esquema del principio de una astilladora de cuña mecánica.....	32
Imagen N° 33 Cuña de una etapa.....	33
Imagen N° 34 Esquema de astilladora con soporte curvo .....	33

Imagen N° 35 Esquema de astilladora de dos etapas .....	33
Imagen N° 36 Cuchilla de tres etapas.....	34
Imagen N° 37 Cuña de dos filos.....	34
Imagen N° 38 Cuña de dos filos móvil (izquierda) .....	35
Imagen N° 39 Atado le leña terminado .....	36
Imagen N° 40 Envolvedora .....	37
Imagen N° 41 Envolvedora Manual.....	37
Imagen N° 42 Malacate eléctrico genérico.....	39
Imagen N° 43 Rampa de elevación de troncos.....	40
Imagen N° 44 Modelo de trozado de madera mediante motosierra.....	41
Imagen N° 45 Cuchilla de varios filos.....	41
Imagen N° 46 Mapa hídrico y de rutas de Mendoza .....	43
Imagen N° 47 Mapa de San Rafael de las tres leñeras principales .....	45
Imagen N° 48 Camión cargado con algarrobo –Foto extraída de www.actualidadchaco.com.ar.....	47
Imagen N° 49 Bolsas y bolsas de leña – Foto extraída de www.actualidadchaco.com.ar.....	47
Imagen N° 50 Ejemplificación de producto terminado.....	54
Imagen N° 51 Grafico de esfuerzo de corte de la madera .....	84
Imagen N° 52 Prensa hidráulica para realizar ensayo .....	85
Imagen N° 53 Equipo de medicion de fuerza de los ensayos .....	86
Imagen N° 54 Proceso de fabricación de las cuchillas.....	89
Imagen N° 55 Primer ensayo realizado mediante impacto .....	89
Imagen N° 56 realización de ensayo en prensa hidráulica .....	90

### 10.7 Indicé de gráficos

Gráfico N° 1 Resultado encuestas P1 .....	48
Gráfico N° 2 Resultado Encuesta P2 .....	49
Gráfico N° 3 Resultado Encuesta P3 .....	49
Gráfico N° 4 Resultado Encuesta P4 .....	49
Gráfico N° 5 Resultado Encuesta P5 .....	50
Gráfico N° 6 Resultado Encuesta P6 .....	50
Gráfico N° 7 Resultado Encuesta P7 .....	50
Gráfico N° 8 Resultado Encuesta P8 .....	51

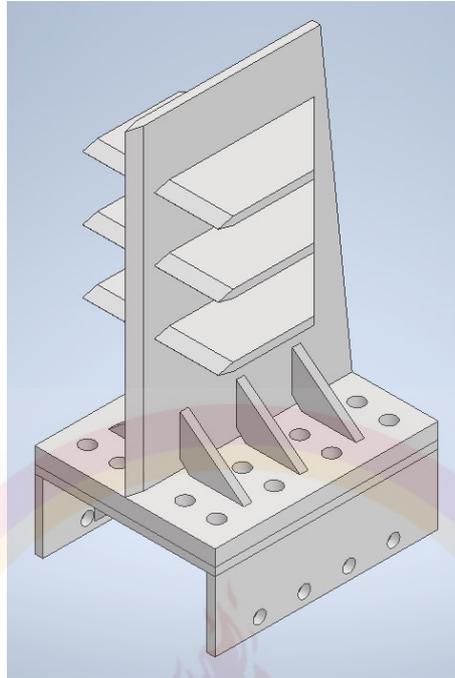
Gráfico N° 9 Resultado Encuesta P9 .....	51
Gráfico N° 10 Resultado Encuesta P10 .....	51
Gráfico N° 11 Resultado Encuesta P11 .....	52
Gráfico N° 12 Resultado Encuesta P12 .....	52
Gráfico N° 13 Resultado Encuesta P13 .....	52

## 10.8 Ingeniería de detalle

### 10.8.1 Cálculos y memoria descriptiva



## Diseño de cuchilla



### Datos:

$$F := 30 \text{ tonf} = 266.893 \text{ kN}$$

$$l_{\text{corte}} := 400 \text{ mm} \quad (\text{distancia de corte de la cuchilla principal})$$

$$d := 300 \text{ mm} \quad (\text{distancia donde se aplica la fuerza, respecto de la base})$$

$$P_{\text{cuchilla\_principal}} := 15.668 \text{ kg}$$

$$P_{\text{cuchilla\_secundaria}} := 1.88 \text{ kg}$$

$$q_{\text{fuerza}} := \frac{F}{l_{\text{corte}}} = 0.667 \frac{\text{kN}}{\text{mm}}$$

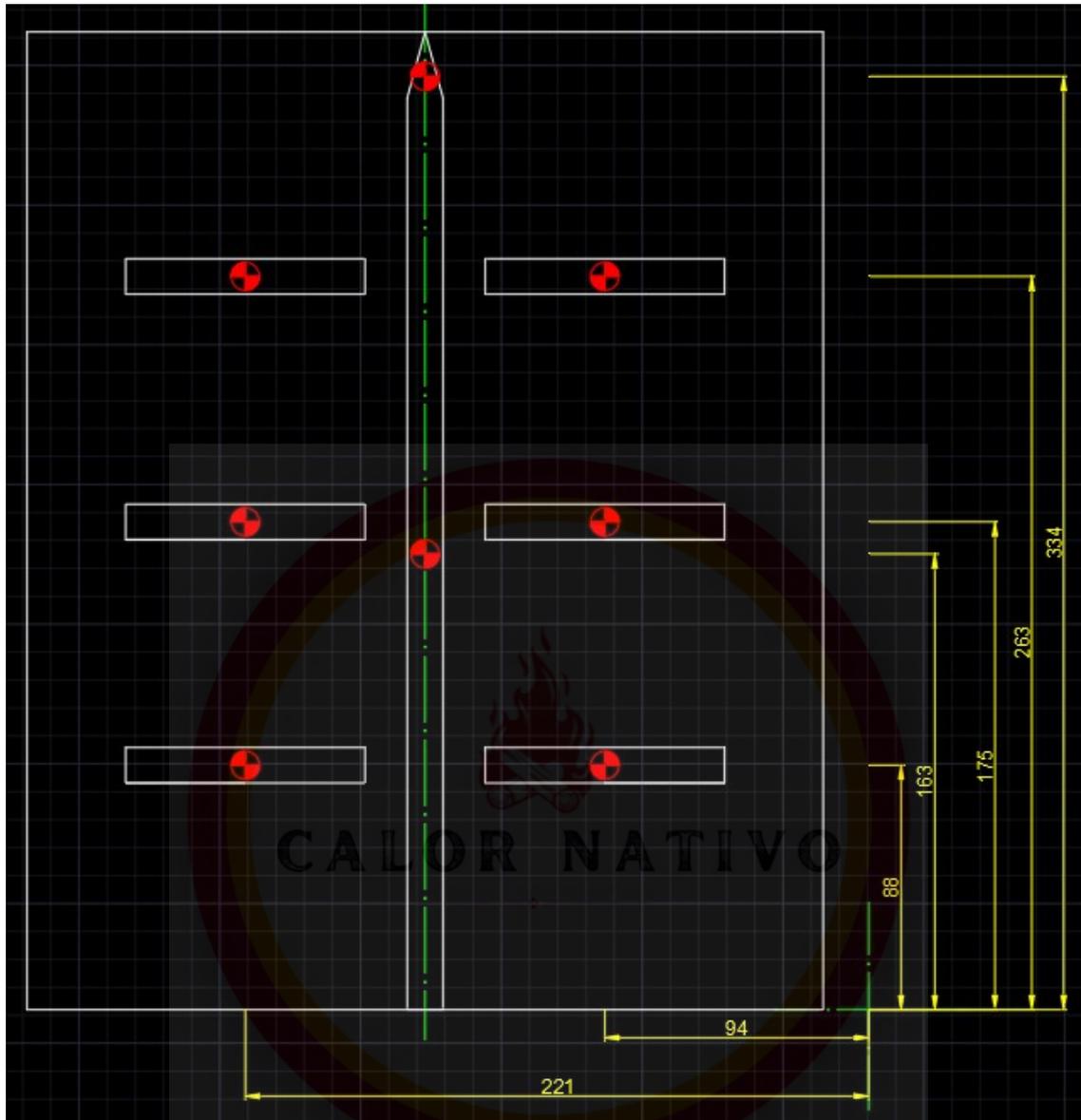
## Calculo por carga estática de las cuchillas

### Calculo de momento flector y resultantes

$$R_z := P_{\text{cuchilla\_principal}} + 6 \cdot P_{\text{cuchilla\_secundaria}} = 26.948 \text{ kg}$$

$$R_y := q_{\text{fuerza}} \cdot l_{\text{corte}} = 266.893 \text{ kN}$$

$$M_{fx} := q_{\text{fuerza}} \cdot l_{\text{corte}} \cdot d = 80.068 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Calculo del baricentro de la pieza


$$A1 := 85 \text{ mm} \cdot \frac{1}{2} \text{ in} = 1079.5 \text{ mm}^2$$

$$A2 := 326.4 \text{ mm} \cdot \frac{1}{2} \text{ in} = 4145.28 \text{ mm}^2$$

$$A3 := 2 \cdot \frac{\left( \frac{1}{4} \text{ in} \cdot 23.6 \text{ mm} \right)}{2} = 149.86 \text{ mm}^2$$

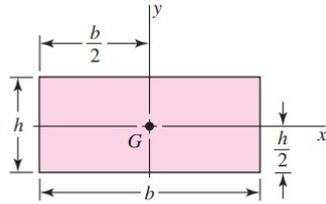
$$A_{total} := A1 \cdot 6 + A2 + A3 = 10772.14 \text{ mm}^2$$

$$X_{baricentro} := \frac{3 \cdot A1 \cdot 94 \text{ mm} + 3 \cdot A1 \cdot 221 \text{ mm} + A2 \cdot 158 \text{ mm} + A3 \cdot 158 \text{ mm}}{A_{total}} = 157.699 \text{ mm}$$

$$Y_{\text{baricentro}} := \frac{2 \cdot A1 \cdot 87.5 \text{ mm} + 2 \cdot A1 \cdot 175 \text{ mm} + 2 \cdot A1 \cdot 262.5 \text{ mm} \downarrow + A2 \cdot 163 \text{ mm} + A3 \cdot 334 \text{ mm}}{A_{\text{total}}} = 172.594 \text{ mm}$$

### Calculo de los momentos de inercia y los momentos resistentes

Rectángulo



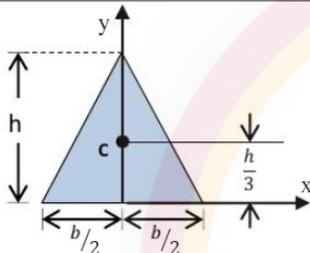
$$b1 := 85 \text{ mm}$$

$$b2 := 350 \text{ mm} - 23.6 \text{ mm} = 326.4 \text{ mm}$$

$$h := \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$A = bh \quad I_x = \frac{bh^3}{12} \quad I_y = \frac{b^3h}{12} \quad I_{xy} = 0$$

Triángulo Isósceles



$$b3 := \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$h3 := 23.6 \text{ mm}$$

$$\bar{I}_x = \frac{bh^3}{36} \quad \bar{I}_y = \frac{b^3h}{48} \quad \bar{I}_{xy} = 0$$

$$I_x = \frac{bh^3}{12} \quad I_{xy} = 0$$

$$Ix1 := \frac{b1 \cdot h^3}{12} = 1.451 \text{ cm}^4$$

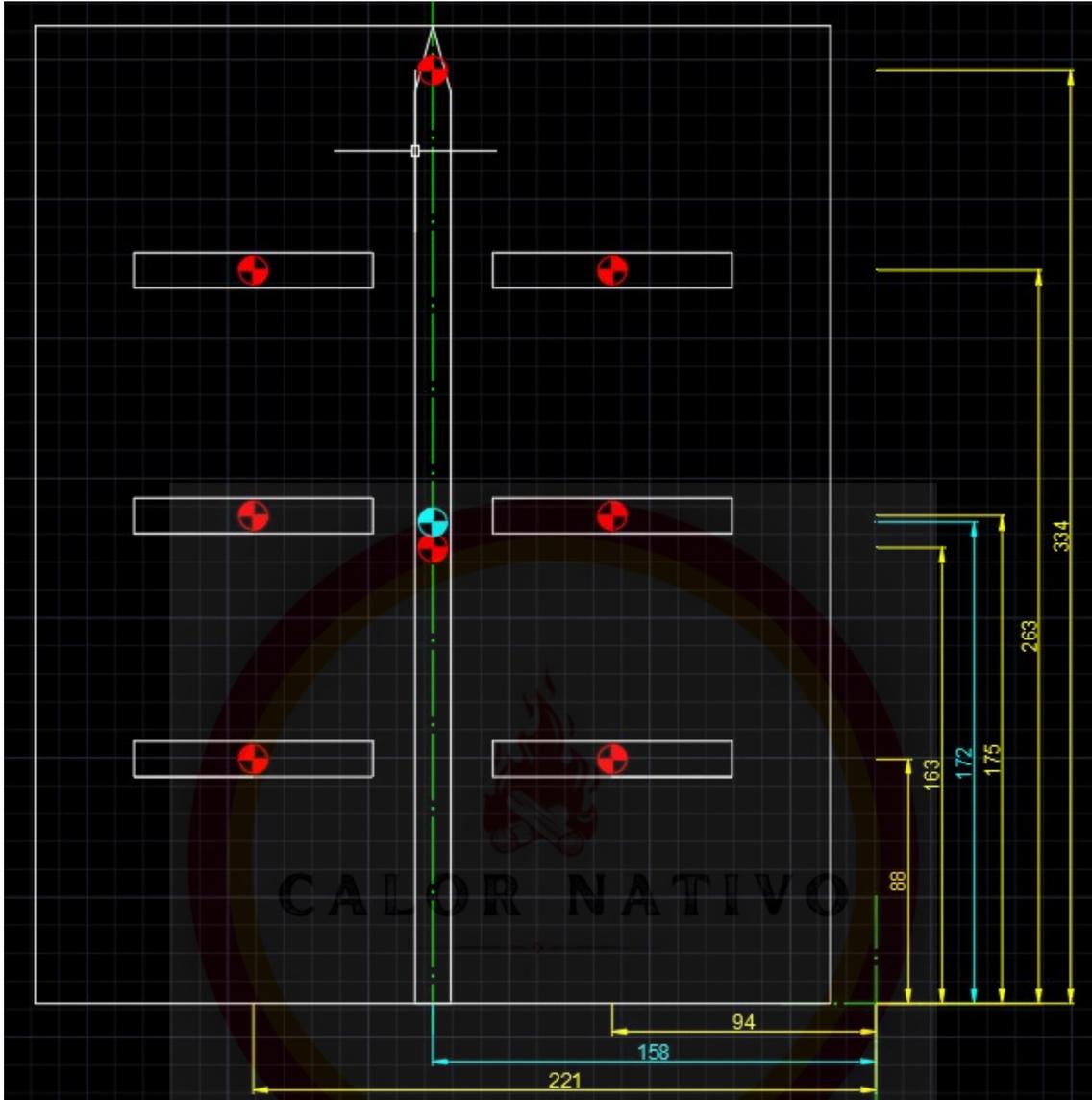
$$Iy1 := \frac{b1^3 \cdot h}{12} = 64.995 \text{ cm}^4$$

$$Ix2 := \frac{b2 \cdot h^3}{12} = 5.572 \text{ cm}^4$$

$$Iy2 := \frac{b2^3 \cdot h}{12} = 3680.213 \text{ cm}^4$$

$$Ix3 := \frac{b3 \cdot h3^3}{36} = 0.464 \text{ cm}^4$$

$$Iy3 := \frac{b3^3 \cdot h3}{48} = 0.101 \text{ cm}^4$$



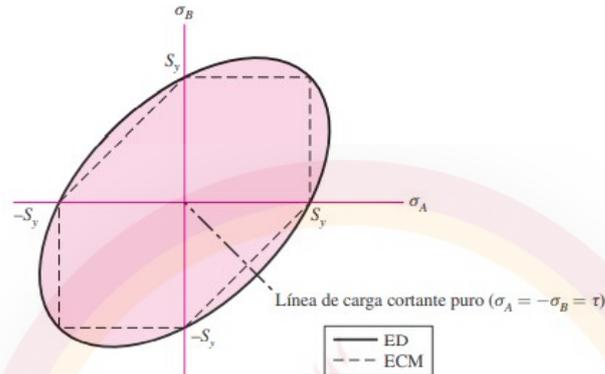
$$\begin{aligned}
 I_{xc} := & \left( 2 \cdot I_{x1} + 2 \cdot A1 \cdot (172 \text{ mm} - 88 \text{ mm})^2 \right) \downarrow = 7429.453 \text{ cm}^4 \\
 & + \left( 2 \cdot I_{x1} + 2 \cdot A1 \cdot (175 \text{ mm} - 172 \text{ mm})^2 \right) \downarrow \\
 & + \left( 2 \cdot I_{x1} + 2 \cdot A1 \cdot (263 \text{ mm} - 172 \text{ mm})^2 \right) \downarrow \\
 & + \left( I_{x3} + A3 \cdot (334 \text{ mm} - 172 \text{ mm})^2 \right) \downarrow \\
 & + \left( I_{y2} + A2 \cdot (172 \text{ mm} - 163 \text{ mm})^2 \right)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 I_{yc} := & \left( 3 \cdot I_{y1} + 3 \cdot A1 \cdot (158 \text{ mm} - 94 \text{ mm})^2 \right) \downarrow = 3007.492 \text{ cm}^4 \\
 & + \left( 3 \cdot I_{y1} + 3 \cdot A1 \cdot (221 \text{ mm} - 158 \text{ mm})^2 \right) + (I_{y3}) + (I_{x2})
 \end{aligned}$$

$$W_{xc} := \frac{I_{xc}}{177.7 \text{ mm}} = 418.09 \text{ cm}^3$$

$$W_{yc} := \frac{I_{yc}}{106.35 \text{ mm}} = 282.792 \text{ cm}^3$$

Calculo de la tensión de trabajo por medio de la teoría de la energía de distorsión para materiales dúctiles



Usando las componentes xyz del esfuerzo tridimensional, el esfuerzo Von Mises puede escribirse como:

$$\sigma' = \frac{1}{\sqrt{2}} [(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)]^{1/2}$$

Y para el esfuerzo plano

$$\sigma' = (\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)^{1/2}$$

$$\sigma_{flexion\_z} := \frac{Mfx}{W_{xc}} = 1952.85 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{zy} := \frac{Ry}{A_{total}} = 252.647 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{Von\_Mises} = (\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$\sigma_{Von\_Mises} := (\sigma_{flexion\_z}^2 + 3 \cdot \tau_{zy}^2)^{\frac{1}{2}} = 2001.278 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia		Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
			a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)			
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

$$\sigma_{r_{SAE\_1010\_HR}} := 320 \text{ MPa} = 3263.092 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad (\text{HR: Rolado en caliente})$$

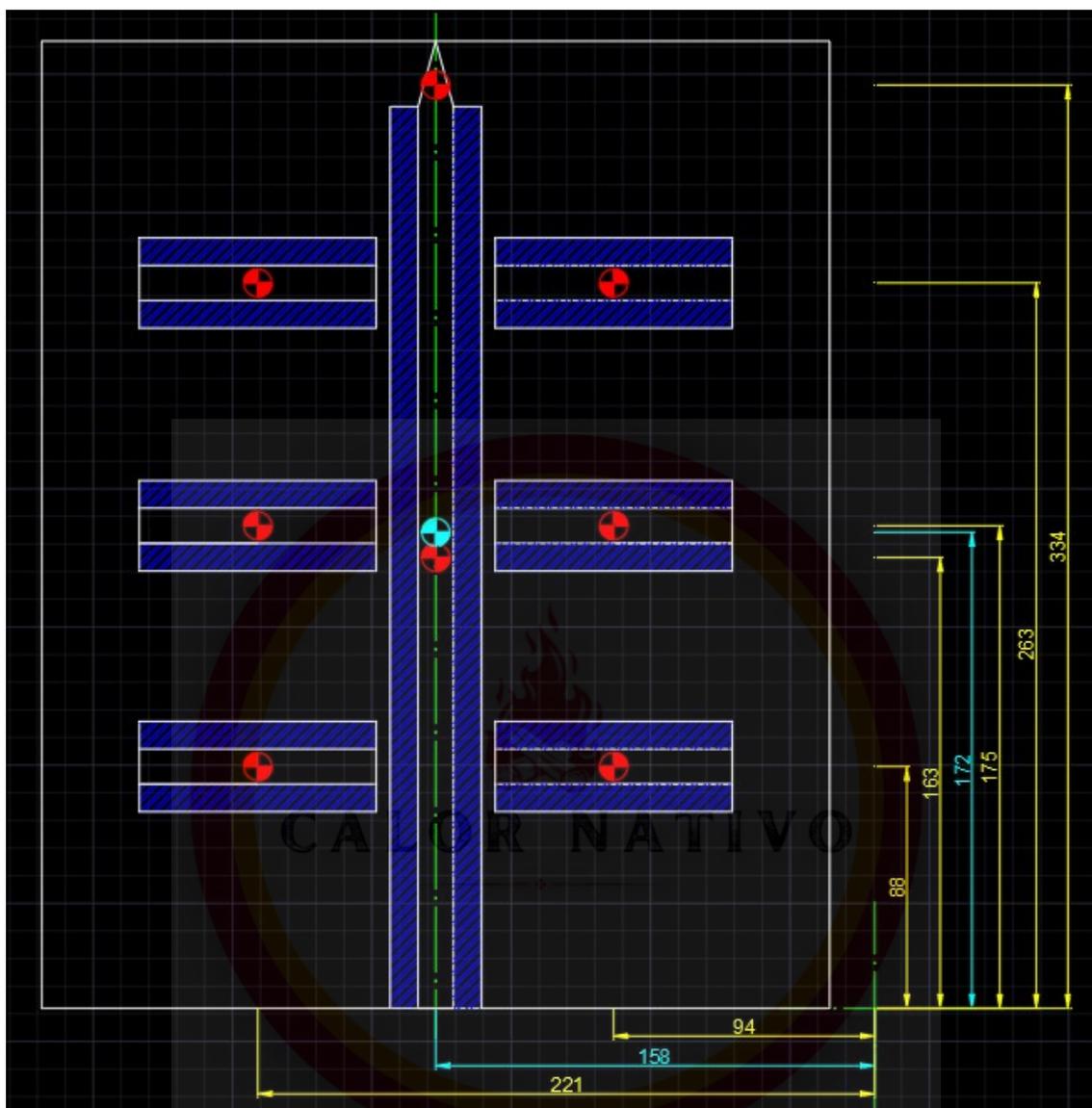
$$\sigma_{f_{SAE\_1010\_HR}} := 180 \text{ MPa} = 1835.489 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{r_{SAE\_1010\_CD}} := 370 \text{ MPa} = 3772.95 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

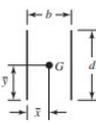
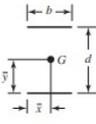
$$\sigma_{f_{SAE\_1010\_CD}} := 300 \text{ MPa} = 3059.149 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad (\text{CD: Estirado en frio})$$

$$n1_{\text{cuchilla\_principal}} := \frac{\sigma_{f_{SAE\_1010\_HR}}}{\sigma_{\text{Von\_Mises}}} = 0.917 \quad n2_{\text{cuchillas\_principal}} := \frac{\sigma_{f_{SAE\_1010\_CD}}}{\sigma_{\text{Von\_Mises}}} = 1.529$$

## Calculo de soldaduras de la cuchilla principal con la base



### Calculo del baricentro de las soldaduras

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_o = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_o = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_o = \frac{bd^2}{2}$

$$h := 10 \text{ mm} \quad (\text{Ancho de la soldadura de filete})$$

$$A1 := (1.414 \cdot h \cdot 85 \text{ mm}) = 1201.9 \text{ mm}^2$$

$$A2 := (1.414 \cdot h \cdot 326 \text{ mm}) = 4609.64 \text{ mm}^2$$

$$A_{total\_soldadura} := A1 \cdot 6 + A2$$

$$X_{baricentro\_soldaduras} := \frac{3 \cdot A1 \cdot 94 \text{ mm} + 3 \cdot A1 \cdot 221 \text{ mm} + A2 \cdot 158 \text{ mm}}{A_{total\_soldadura}} = 157.695 \text{ mm}$$

$$Y_{baricentro\_soldaduras} := \frac{2 \cdot A1 \cdot 88 \text{ mm} + 2 \cdot A1 \cdot 175 \text{ mm} \downarrow + 2 \cdot A1 \cdot 263 \text{ mm} + A2 \cdot 163 \text{ mm}}{A_{total\_soldadura}} = 170.524 \text{ mm}$$

**Nota:** El baricentro da aproximadamente igual que el de la configuración de las piezas por lo cual se toma el mismo que a sido calculado antes.

### Calculo de los momentos de inercia

$$I1_{soldadura} := \frac{0.707 \cdot h \cdot 85 \text{ mm} \cdot \left(\frac{1}{2} \text{ in}\right)^2}{2} = 4.846 \text{ cm}^4$$

$$I2_{soldadura} := \frac{0.707 \cdot h \cdot (326 \text{ mm})^3}{6} = 4082.451 \text{ cm}^4$$

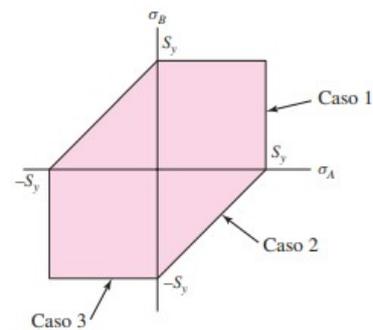
$$Ixc_{soldadura} := 2 \cdot \left( I1_{soldadura} + A1 \cdot (172 \text{ mm} - 88 \text{ mm})^2 \right) \downarrow + 2 \cdot \left( I1_{soldadura} + A1 \cdot (175 \text{ mm} - 172 \text{ mm})^2 \right) \downarrow + 2 \cdot \left( I1_{soldadura} + A1 \cdot (263 \text{ mm} - 172 \text{ mm})^2 \right) \downarrow + \left( I2_{soldadura} + A1 \cdot (172 \text{ mm} - 163 \text{ mm})^2 \right) = 7810.136 \text{ cm}^4$$

### Calculo de las tensiones de trabajo por medio de la teoría del esfuerzo cortante máximo para materiales dúctiles

$$\tau'_{primario} := \frac{Ry}{A_{total\_soldadura}} = 230.23 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau''_{secundario} := \frac{Mfx \cdot 172.3 \text{ mm}}{Ixc_{soldadura}} = 1801.212 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{resultante} := \sqrt{\tau'_{primario}^2 + \tau''_{secundario}^2} = 1815.867 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$



Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

**Tabla 9-5**

 Factores de concentración del esfuerzo,  $K_{fs}$ 

Tipo de soldadura	$K_{fs}$
A tope reforzada	1.2
De filete transversal, en la punta	1.5
De filetes paralelos, en el extremo	2.7
A tope en T, con esquinas agudas	2.0

$$\tau_{\max} = \frac{S_y}{2n}$$

$$\sigma_{f_{E90xx}} := 531 \text{ MPa} = 5414.693 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad (\text{Electrodo utilizado para soldar})$$

$$\tau_{adm\_esfuerzo\_cortante\_maximo} := \frac{\sigma_{f_{E90xx}}}{2} = 2707.347 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n_{soldadura\_electrodo\_cuchilla\_principal} := \frac{\tau_{adm\_esfuerzo\_cortante\_maximo}}{\tau_{resultante}} = 1.491$$

(El material de aporte tiene una resistencia satisfactoria)

## Calculo por fatiga de las soldaduras

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e \quad (6-18)$$

 $k_a$  = factor de modificación de la condición superficial

 $k_b$  = factor de modificación del tamaño

 $k_c$  = factor de modificación de la carga

 $k_d$  = factor de modificación de la temperatura

 $k_e$  = factor de confiabilidad<sup>13</sup>
 $k_f$  = factor de modificación de efectos varios

 $S'_e$  = límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

 $S_e$  = límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso.

Tipo de soldadura	$K_{fs}$
A tope reforzada	1.2
De filete transversal, en la punta	1.5
De filetes paralelos, en el extremo	2.7
A tope en T, con esquinas agudas	2.0

$$\sigma_{r_{SAE\_1010\_CD}} := 370 \text{ MPa} = 3772.95 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$S'_e := 0.5 \cdot \sigma_{r_{SAE\_1010\_CD}} = 1886.475 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

### Factor de superficie $k_a$

$$a := 272 \text{ MPa} \quad b := -0.995$$

$$S_{ut} := \sigma_{r_{SAE\_1010\_CD}} \cdot \frac{1}{\text{MPa}} = 370$$

$$k_a := \left( \frac{a}{\text{MPa}} \cdot (S_{ut})^b \right) = 0.757$$

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	$S_{ut}$ kpsi	$S_{ut}$ MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

### Factor de tamaño $k_b$

$$k_b := 1$$

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

### Factor de modificación de carga $k_c$

$$k_c := 1$$

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

### Factor de temperatura $k_d$

$$k_d := 1$$

Temperatura, °C	$S_T/S_{RT}$	Temperatura, °F	$S_T/S_{RT}$
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.877
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

### Factor de confiabilidad $k_e$

$$k_e := 1$$

Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_o$	Factor de confiabilidad $k_o$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

### Factor de efectos varios $k_f$

$$k_f := 1$$

### Límite de resistencia a la fatiga

$$\sigma_{fl_{soldadura}} := S'_e \cdot k_a \cdot k_b \cdot k_c \cdot k_d \cdot k_e \cdot k_f = 1428.431 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

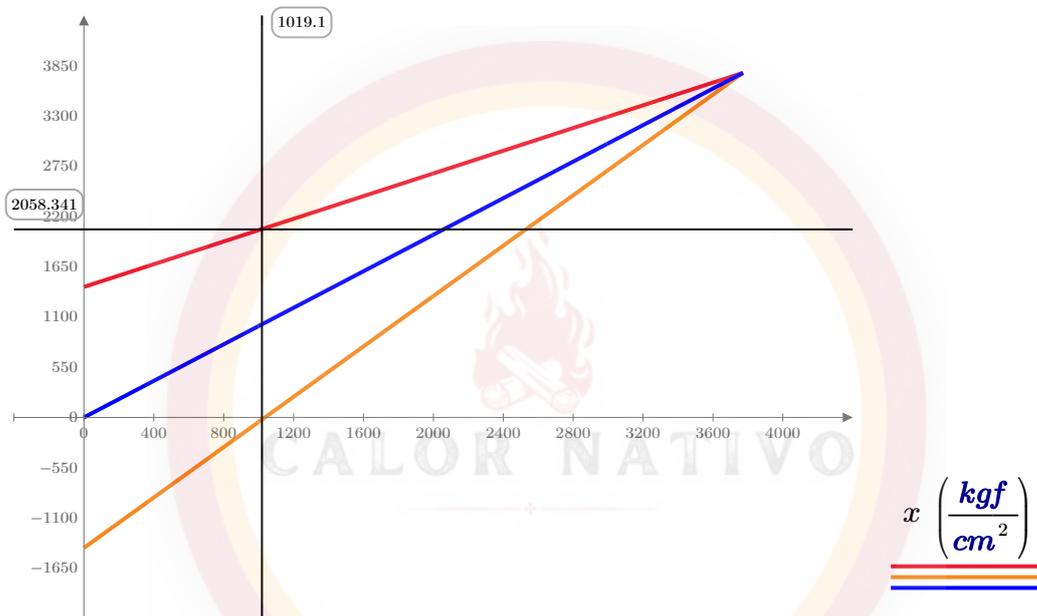
Diagrama de Goodman

$$x := 0 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}, 2 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \cdot \sigma_{rSAE\_1010\_CD}$$

$$\frac{\sigma_{fl_{soldadura}} + \frac{\sigma_{rSAE\_1010\_CD} - \sigma_{fl_{soldadura}}}{\sigma_{rSAE\_1010\_CD}} \cdot x \left( \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)}{}$$

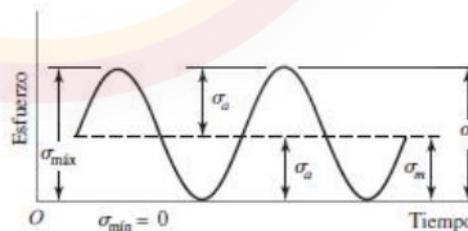
$$\frac{-\sigma_{fl_{soldadura}} + \frac{\sigma_{rSAE\_1010\_CD} + \sigma_{fl_{soldadura}}}{\sigma_{rSAE\_1010\_CD}} \cdot x \left( \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)}{}$$

$$x \left( \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)$$



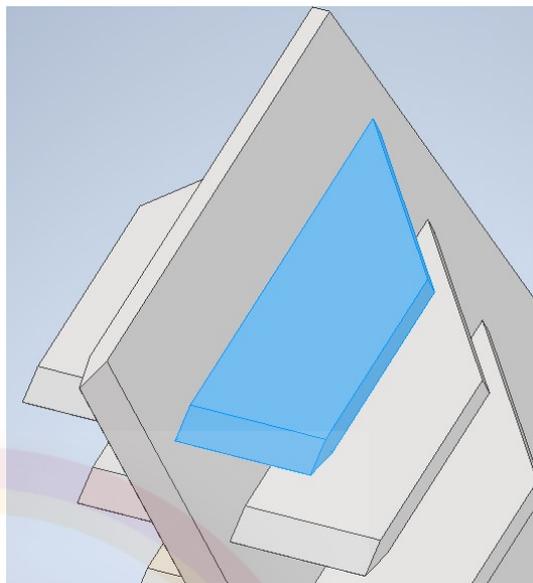
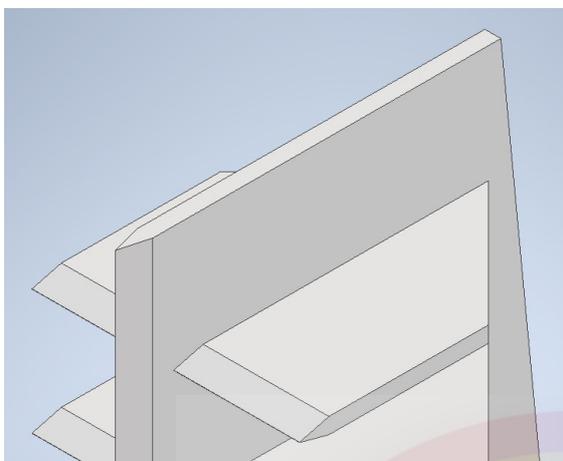
$$\sigma_{max} := 2058.341 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{fSAE\_1010\_CD} = 3059.149 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

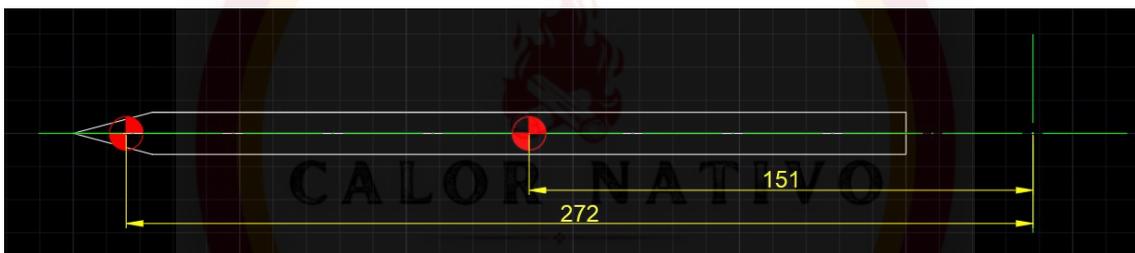


$$n_{fatiga\_soldadura\_cuchilla\_principal} := \frac{\sigma_{fSAE\_1010\_CD}}{\sigma_{max}} = 1.486$$

## Calculo de la cuchilla principal con las secundaria por carga estática



### Calculo de baricentro de la cuchilla secundaria



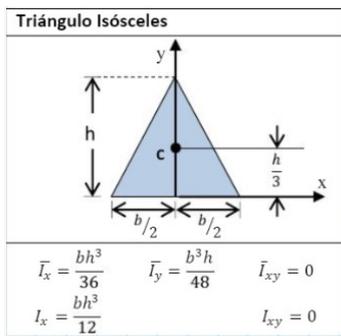
$$A1 := 2 \cdot \frac{\left(\frac{1}{4} \text{ in} \cdot 23.6 \text{ mm}\right)}{2} = 1.499 \text{ cm}^2$$

$$A2 := 226.4 \text{ mm} \cdot \frac{1}{2} \text{ in} = 28.753 \text{ cm}^2$$

$$x_{c_{\text{cuchilla\_secundaria}}} := \frac{A1 \cdot 272 \text{ mm} + A2 \cdot 151 \text{ mm}}{A1 + A2} = 156.994 \text{ mm}$$



### Calculo de momentos de inercia

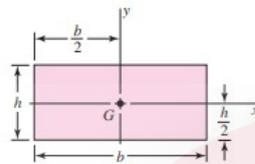


$$h1 := 23.6 \text{ mm} \quad b1 := \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$Ix1 := \frac{b1 \cdot h1^3}{36} = 0.464 \text{ cm}^4$$

$$Iy1 := \frac{b1^3 \cdot h1}{48} = 0.101 \text{ cm}^4$$

Rectángulo



$$b2 := 226.4 \text{ mm}$$

$$h2 := \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$A = bh \quad I_x = \frac{bh^3}{12} \quad I_y = \frac{b^3h}{12} \quad I_{xy} = 0$$

$$Ix2 := \frac{b2 \cdot h^3}{12} = 1.887 \text{ cm}^4$$

$$Iy2 := \frac{b2^3 \cdot h}{12} = 967.048 \text{ cm}^4$$

$$Iyc := (Ix1 + (A1 \cdot (272 \text{ mm} - 157 \text{ mm})^2)) + (Iy2 + (A2 \cdot (157 \text{ mm} - 151 \text{ mm})^2)) = 1176.053 \text{ cm}^4$$

### Calculo de esfuerzos

$$F_{cuchilla} := \frac{F}{2} = 15 \text{ tonf}$$

$$d := 100 \text{ mm} \quad (\text{Distancia a la que se considera que se aplica la fuerza})$$

$$Mf_y := F_{cuchilla} \cdot d = 1360.777 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{flexion} := \frac{Mf_y}{\frac{Iyc}{131 \text{ mm}}} = 1515.764 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

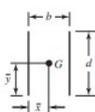
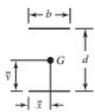
$$\tau_{corte} := \frac{F_{cuchilla}}{A1 + A2} = 449.823 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{Von\_Mises\_cuchilla\_secundaria} := \sqrt{\sigma_{flexion}^2 + 3 \cdot \tau_{corte}^2} = 1704.278 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n_{cuchilla\_secundaria} := \frac{\sigma_{fSAE\_1010\_CD}}{\sigma_{Von\_Mises\_cuchilla\_secundaria}} = 1.795$$

## Calculo de soldaduras de la cuchilla secundaria con la principal

### Calculo del momento de inercia de la soldadura

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{2}$

$$h_{soldadura} := 10 \text{ mm}$$

$$d_{soldadura} := 250 \text{ mm} - 23.6 \text{ mm} = 226.4 \text{ mm}$$

$$b_{soldadura} := \frac{1}{2} \text{ in} = 12.7 \text{ mm}$$

$$A_{soldadura} := 1.414 \cdot h_{soldadura} \cdot d_{soldadura} = 32.013 \text{ cm}^2$$

$$I_u := \frac{d_{soldadura}^3}{6} = 1934.096 \text{ cm}^3 \quad (\text{Inercia unitaria de la soldadura})$$

$$I_{soldadura} := 0.707 \cdot h_{soldadura} \cdot I_u = 1367.406 \text{ cm}^4 \quad (\text{Inercia de la soldadura en base a la garganta de la soldadura})$$

### Calculo de las tensiones de trabajo por medio de la teoría del esfuerzo cortante máximo para materiales dúctiles

$$\tau' := \frac{F_{cuchilla}}{A_{soldadura}} = 425.071 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau'' := \frac{Mf_y}{\frac{I_{soldadura}}{d_{soldadura}}} = 1126.512 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{resultante} := \sqrt{\tau'^2 + \tau''^2} = 1204.041 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

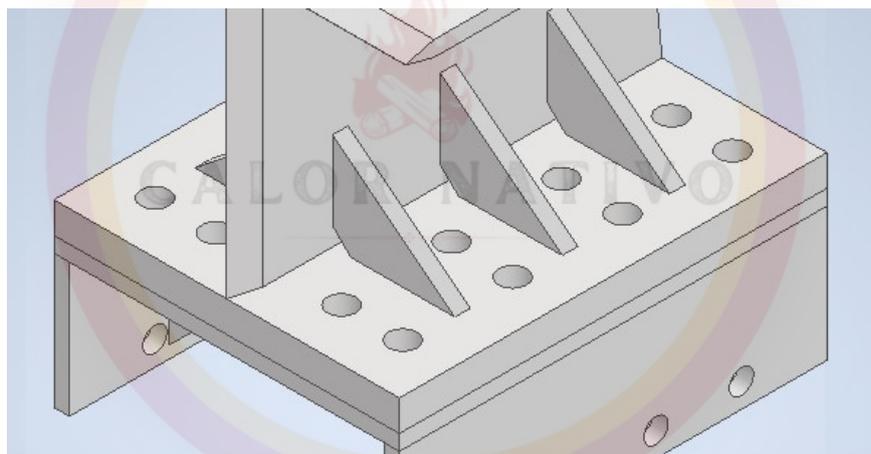
$$\sigma_{f_{E90xx}} := 531 \text{ MPa} = 5414.693 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{adm\_esfuerzo\_cortante\_maximo} := \frac{\sigma_{f_{E90xx}}}{2} = 2707.347 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n_{soldadura\_electrodo\_cuchilla\_secundaria} := \frac{\tau_{adm\_esfuerzo\_cortante\_maximo}}{\tau_{resultante}} = 2.249$$

(El material de aporte tiene una resistencia satisfactoria)

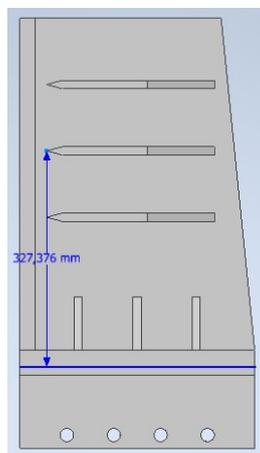
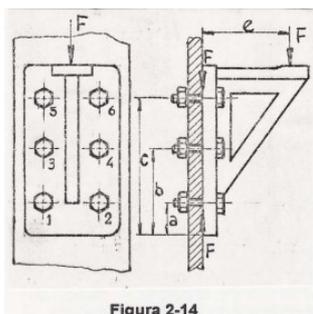
## Calculo de bulones



## Calculo de la fuerza

$$Mfx = 8164662.66 \text{ kgf} \cdot \text{mm}$$

$$X := 325.4 \text{ mm}$$



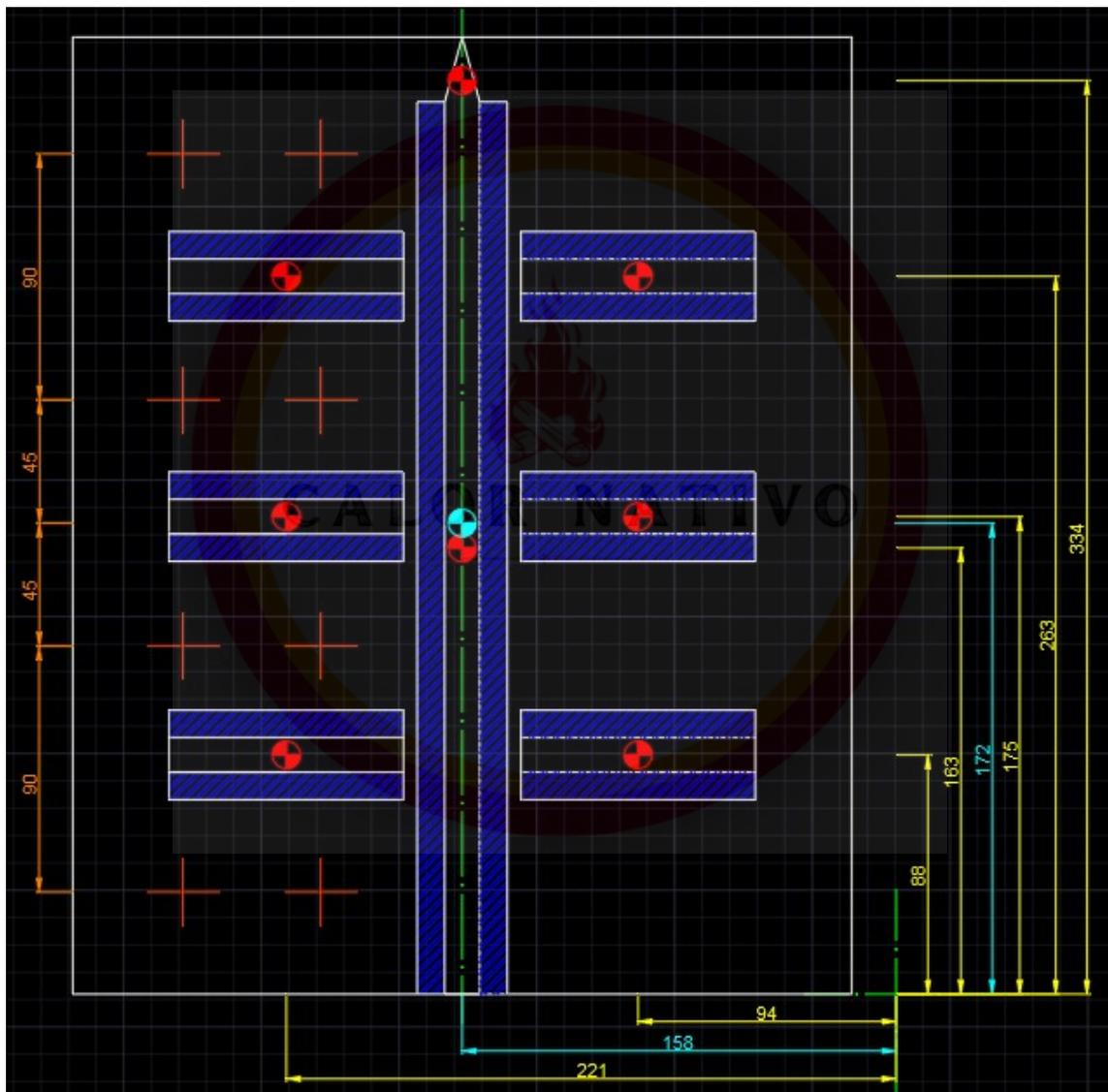
$$F_e = (F_1 + F_2)a + (F_3 + F_4)b + (F_5 + F_6)c \quad (\text{Ec. 2.39})$$

$$F_e = 2 F_2 a + 2 F_4 b + 2 F_6 c \quad (\text{Ec. 2.40})$$

$$F_e = 2 \frac{a^2}{c^2} F_6 + 2 \frac{b^2}{c^2} F_6 + 2 F_6 \quad (\text{Ec. 2.41})$$

$$M = \left( \frac{a^2}{c^2} + \frac{b^2}{c^2} + 1 \right) F_6 \quad (\text{Ec. 2.42})$$

$$F_6 = \frac{M c^2}{2(a^2 + b^2 + c^2)} \quad (\text{Ec. 2.43})$$



$$a := 37.3 \text{ mm}$$

$$b := a + 90 \text{ mm} = 127.3 \text{ mm}$$

$$c := b + 90 \text{ mm}$$

$$d := c + 90 \text{ mm} = 307.3 \text{ mm}$$

$$F \cdot X = 86.847 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$F \cdot X = 4 \cdot F1 \cdot a + 4 \cdot F2 \cdot b + 4 \cdot F3 \cdot c$$

$$F4 := \frac{(F \cdot X)}{4 \cdot \left( \frac{a^2}{d} + \frac{b^2}{d} + \frac{c^2}{d} + \frac{d^2}{d} \right)} = 4272.282 \text{ kgf}$$

### Selección del bulón

Grado SAE núm.	Intervalo de tamaños, de inclusive, pulg	Resistencia de prueba mínima,* kpsi	Resistencia mínima a la tensión,* kpsi	Resistencia mínima a la fluencia,* kpsi	Material	Marca en la cabeza
1	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	33	60	36	Acero de bajo o medio carbono	
2	$\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$ $\frac{7}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	55	74	57	Acero de bajo o medio carbono	
		33	60	36		
4	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	65	115	100	Acero de medio carbono, estirado en frío	
5	$\frac{1}{4}$ -1 $1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$	85	120	92	Acero de medio carbono, T y R	
		74	105	81		
5.2	$\frac{1}{4}$ -1	85	120	92	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	
7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	105	133	115	Acero de aleación de medio carbono, T y R	
8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$	120	150	130	Acero de aleación de medio carbono T y R	
8.2	$\frac{1}{4}$ -1	120	150	130	Acero martensítico de bajo carbono, T y R	

### Grado SAE número 8

$$R_{prueba\_min} := 120000 \text{ psi} = 8436.835 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$R_{min\_tension} := 150000 \text{ psi}$$

$$R_{min\_fluencia} := 130000 \text{ psi}$$

**Tabla 8-2**

Diámetros y área de roscas unificadas de tornillo UNC y UNF\*

Designación de tamaño	Serie gruesa-UNC				Serie fina-UNF		
	Diámetro mayor nominal pulg	Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , pulg <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_r$ , pulg <sup>2</sup>	Roscas por pulgada, N	Área de esfuerzo de tensión $A_t$ , pulg <sup>2</sup>	Área del diámetro menor $A_r$ , pulg <sup>2</sup>
0	0.0600				80	0.001 80	0.001 51
1	0.0730	64	0.002 63	0.002 18	72	0.002 78	0.002 37
2	0.0860	56	0.003 70	0.003 10	64	0.003 94	0.003 39
3	0.0990	48	0.004 87	0.004 06	56	0.005 23	0.004 51
4	0.1120	40	0.006 04	0.004 96	48	0.006 61	0.005 66
5	0.1250	40	0.007 96	0.006 72	44	0.008 80	0.007 16
6	0.1380	32	0.009 09	0.007 45	40	0.010 15	0.008 74
8	0.1640	32	0.014 0	0.011 96	36	0.014 74	0.012 85
10	0.1900	24	0.017 5	0.014 50	32	0.020 0	0.017 5
12	0.2160	24	0.024 2	0.020 6	28	0.025 8	0.022 6
$\frac{1}{4}$	0.2500	20	0.031 8	0.026 9	28	0.036 4	0.032 6
$\frac{1}{16}$	0.3125	18	0.052 4	0.045 4	24	0.058 0	0.052 4
$\frac{3}{16}$	0.3750	16	0.077 5	0.067 8	24	0.087 8	0.080 9
$\frac{7}{16}$	0.4375	14	0.106 3	0.093 3	20	0.118 7	0.109 0
$\frac{1}{2}$	0.5000	13	0.141 9	0.125 7	20	0.159 9	0.148 6
$\frac{9}{16}$	0.5625	12	0.182	0.162	18	0.203	0.189
$\frac{5}{8}$	0.6250	11	0.226	0.202	18	0.256	0.240
$\frac{11}{16}$	0.7500	10	0.334	0.302	16	0.373	0.351
$\frac{3}{4}$	0.8750	9	0.462	0.419	14	0.509	0.480
1	1.0000	8	0.606	0.551	12	0.663	0.625
$1\frac{1}{2}$	1.2500	7	0.969	0.890	12	1.073	1.024
$1\frac{1}{2}$	1.5000	6	1.405	1.294	12	1.581	1.521

\*Esta tabla se compiló de la norma ANSI B1.1-1974. El diámetro menor se determinó mediante la ecuación  $d_r = d - 1.299\ 038p$  y el diámetro de paso a partir de  $d_p = d - 0.649\ 519p$ . Para calcular el área de esfuerzo de tensión se usaron la media del diámetro de paso y el diámetro menor.

### Designación de tamaño 7/8, serie UNC (rosca gruesa)

$$d_{bulon} := \frac{7}{8} \text{ in} = 22.225 \text{ mm}$$

$$\text{Roscas\_por\_pulgada} := 9$$

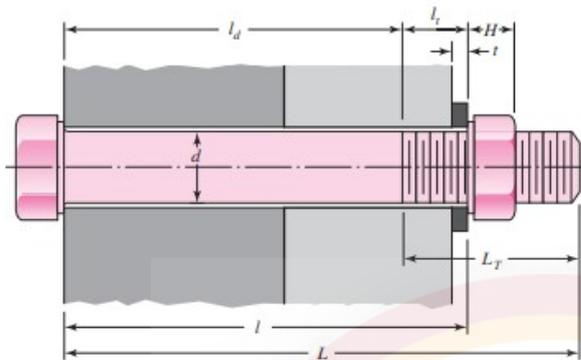
$$A_t := 0.462 \text{ in}^2 \quad (\text{Área de esfuerzo de tensión})$$

$$A_r := 0.419 \text{ in}^2 \quad (\text{Área del diámetro menor})$$

## Fuerza de precarga

$$F_i := 0.7 \cdot R_{prueba\_min} \cdot A_t = 17603.013 \text{ kgf}$$

## Calculo de la rigidez del sujetador



Espesor de la arandela de la tabla  
 A-32 o A-33  
 Longitud rosca  $L_T$   
 Serie en pulgadas:

$$L_T = \begin{cases} 2d + \frac{1}{4} \text{ pulg}, & L \leq 6 \text{ pulg} \\ 2d + \frac{1}{2} \text{ pulg}, & L > 6 \text{ pulg} \end{cases}$$

Longitud de la parte útil  
 sin rosca:  $l_d = L - L_T$   
 Longitud de la parte rosca:  
 $l_t = L - l_d$

Área de la parte sin rosca:

$$A_d = \pi d^2 / 4$$

Área de la parte rosca:

$A_t$ , tabla 8-1 o 8-2

Rigidez del sujetador:

$$k_b = \frac{A_d A_t E}{A_d l_t + A_t l_d}$$

Material usado	Relación de Poisson	Módulo de elasticidad, GPa	Módulo de elasticidad, Mpsi	A	B
Acero	0.291	207	30.0	0.787 15	0.628 73
Aluminio	0.334	71	10.3	0.796 70	0.638 16
Cobre	0.326	119	17.3	0.795 68	0.635 53
Hierro fundido gris	0.211	100	14.5	0.778 71	0.616 16
Expresión general				0.789 52	0.629 14

$$L_{union} := \frac{1}{2} \text{ in} + 1 \text{ in} = 38.1 \text{ mm} \quad (\text{Longitud de la unión})$$

$$L_{total} := 2 \cdot d_{bulon} + L_{union} = 82.55 \text{ mm} \quad (\text{Longitud total})$$

$$L_{rosca} := \begin{cases} \text{if } L_{total} \leq 6 \text{ in} \\ \left| \left| 2 \cdot d_{bulon} + 0.25 \text{ in} \right| \right| \\ \text{if } L_{total} > 6 \text{ in} \\ \left| \left| 2 \cdot d_{bulon} + 0.5 \text{ in} \right| \right| \end{cases} = 50.8 \text{ mm} \quad (\text{Longitud de la parte rosca})$$

$$L_{vastago} := L_{total} - L_{rosca} = 31.75 \text{ mm} \quad (\text{Longitud del vástago})$$

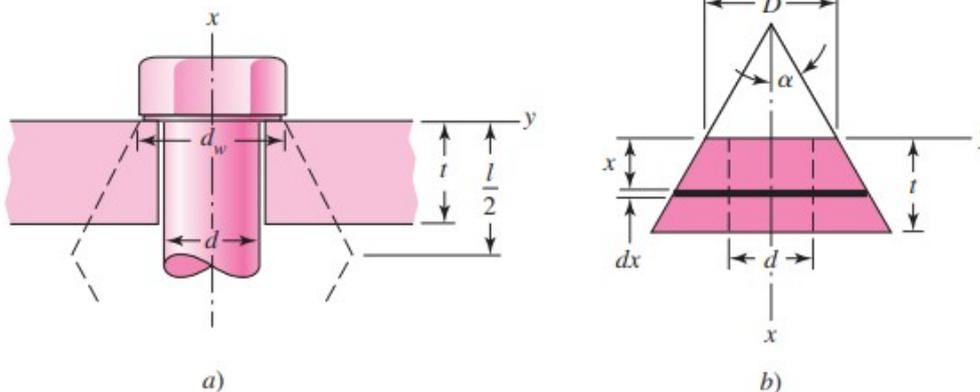
$$A_{vastago} := \frac{\pi \cdot d_{bulon}^2}{4} = 387.948 \text{ mm}^2 \quad (\text{Área de la parte sin rosca})$$

$$A_{rosca} := A_t = 298.064 \text{ mm}^2 \quad (\text{Área de la parte rosca})$$

$$E := 2.1 \cdot 10^6 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad (\text{Modulo de elasticidad})$$

$$k_b := \frac{1}{\frac{L_{rosca}}{A_{rosca} \cdot E} + \frac{L_{vastago}}{A_{vastago} \cdot E}} = 832427.821 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}} \quad (\text{Constante de rigidez del bulón})$$

Calculo de la rigidez del material (longitudes del cono de apriete)



$$l'_{2\_conos} := \frac{d_{bulon}}{0.4} = 55.563 \text{ mm}$$

(Longitud de agarre efectivo del cono sometido a los esfuerzos por el apriete)

$$l_{cono} := \frac{l'_{2\_conos}}{2} = 27.781 \text{ mm}$$

$$l_1 := 1 \text{ in} = 25.4 \text{ mm}$$

$$k = \frac{0.5774\pi Ed}{\ln \frac{(1.155t + D - d)(D + d)}{(1.155t + D + d)(D - d)}}$$

$$l_2 := l_{cono} - 1 \text{ in} = 2.381 \text{ mm}$$

$$l_3 := L_{union} - l_1 - l_2 = 10.319 \text{ mm}$$

$$l_4 := l'_{2\_conos} - l_1 - l_2 - l_3 = 17.463 \text{ mm}$$

Calculo de la rigidez del material (diámetro de los conos de apriete)

$$D1 := 1.5 \cdot d_{bulon} = 33.338 \text{ mm} \quad (\text{El diámetro primero se coincidiera por la arandela y típicamente esta se toma un 50\% mayor que el diámetro de la espiga del bulón})$$

$$D_{mayor\_cono} := \tan(30^\circ) \cdot 2 \cdot l_{cono} = 32.079 \text{ mm}$$

$$\tan(30^\circ) = \frac{(D2 - D1)}{2 \cdot l_4}$$

$$D2 := \tan(30^\circ) \cdot 2 \cdot l_3 + D1 = 45.253 \text{ mm}$$

Valores de prueba	$D2 := 0 \text{ mm}$	$D3 := 0 \text{ mm}$	$D4 := 0 \text{ mm}$
Restricciones	$\tan(30^\circ) = \frac{(D2 - D1)}{2 \cdot (l_1 + l_2)} \quad \tan(30^\circ) = \frac{(D3 - D1)}{2 \cdot (l_4)}$		
Solver	$sol := \text{find}(D2, D3) = \begin{bmatrix} 65.417 \\ 53.501 \end{bmatrix} \text{ mm}$		

$$D2 := 65.417 \text{ mm} \quad D3 := 53.501 \text{ mm} \quad D4 := 0 \text{ mm}$$

### Calculo de la rigidez del material

$$kl_1 := \frac{0.5774 \cdot \pi \cdot E \cdot d_{bulon}}{\ln\left(\frac{(1.155 \cdot l_1 + D1 - d_{bulon}) \cdot (D1 + d_{bulon})}{(1.155 \cdot l_1 + D1 + d_{bulon}) \cdot (D1 - d_{bulon})}\right)} = 9753398.932 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}}$$

$$kl_2 := \frac{0.5774 \cdot \pi \cdot E \cdot d_{bulon}}{\ln\left(\frac{(1.155 \cdot l_2 + D2 - d_{bulon}) \cdot (D2 + d_{bulon})}{(1.155 \cdot l_2 + D2 + d_{bulon}) \cdot (D2 - d_{bulon})}\right)} = 274584722.931 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}}$$

$$kl_3 := \frac{0.5774 \cdot \pi \cdot E \cdot d_{bulon}}{\ln\left(\frac{(1.155 \cdot l_3 + D3 - d_{bulon}) \cdot (D3 + d_{bulon})}{(1.155 \cdot l_3 + D3 + d_{bulon}) \cdot (D3 - d_{bulon})}\right)} = 47915249.986 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}}$$

$$km := \frac{1}{\frac{1}{kl_1} + \frac{1}{kl_2} + \frac{1}{kl_3}} = 7871511.381 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}}$$

### Constante de rigidez

$$C := \frac{kb}{kb + km} = 0.096$$

### Fuerza sobre el bulón y el material

$$Fb := C \cdot F4 + Fi = 18011.605 \text{ kgf}$$

$$Fm := (1 - C) \cdot F4 - Fi = -13739.323 \text{ kgf}$$

### Calculo de esfuerzos

$$kf := 5.7 + 0.02682 \cdot \frac{d_{bulon}}{mm} = 6.296 \quad (\text{Coeficiente de concentración de bulones})$$

$$\sigma_a := kf \cdot \frac{Fb - Fi}{2 \cdot A_t} = 431.54 \frac{kgf}{cm^2} \quad (\text{Esfuerzo alternante})$$

$$\sigma_m := \sigma_a + \frac{Fi}{A_t} = 6337.325 \frac{kgf}{cm^2} \quad (\text{Esfuerzo medio})$$

$$\sigma_{min} := \frac{Fi}{A_t} = 5905.784 \frac{kgf}{cm^2} \quad (\text{Esfuerzo mínimo})$$

$$\sigma_{max} := \sigma_m + \sigma_a = 6768.865 \frac{kgf}{cm^2} \quad (\text{Esfuerzo máximo})$$

### Calculo de la resistencia a la fatiga

**Tabla 8-17**

Resistencias a la fatiga completamente corregidas de pernos y tornillos con roscas laminadas\*

Grado o clase	Intervalo de tamaños	Resistencia a la fatiga
SAE 5	$\frac{1}{4}$ -1 pulg	18.6 kpsi
	$1\frac{1}{8}$ - $1\frac{1}{2}$ pulg	16.3 kpsi
SAE 7	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$ pulg	20.6 kpsi
SAE 8	$\frac{1}{4}$ - $1\frac{1}{2}$ pulg	23.2 kpsi
ISO 8.8	M16-M36	129 MPa
ISO 9.8	M16-M16	140 MPa
ISO 10.9	M5-M36	162 MPa
ISO 12.9	M16-M36	190 MPa

\*Carga axial, repetidamente aplicada, completamente corregida.

$$\sigma fl_{bulon} := 23.2 \cdot 1000 \text{ psi} = 1631.121 \frac{kgf}{cm^2}$$

### Coeficiente de seguridad

$$S_a = \frac{S_e(S_{ut} - \sigma_i)}{S_{ut} + S_e}$$

$$S_a := \frac{\sigma fl_{bulon} \cdot (R_{min\_tension} - \sigma_{min})}{R_{min\_tension} + \sigma fl_{bulon}} = 621.559 \frac{kgf}{cm^2} \quad (\text{Tensión alternante máxima})$$

$$n_{Goodman\_bulon} := \frac{S_a}{\sigma_a} = 1.44$$

### Coeficiente de seguridad del bulón para el apriete

$$C_{\text{momento}} := 0.15 \quad (\text{Lubricado})$$

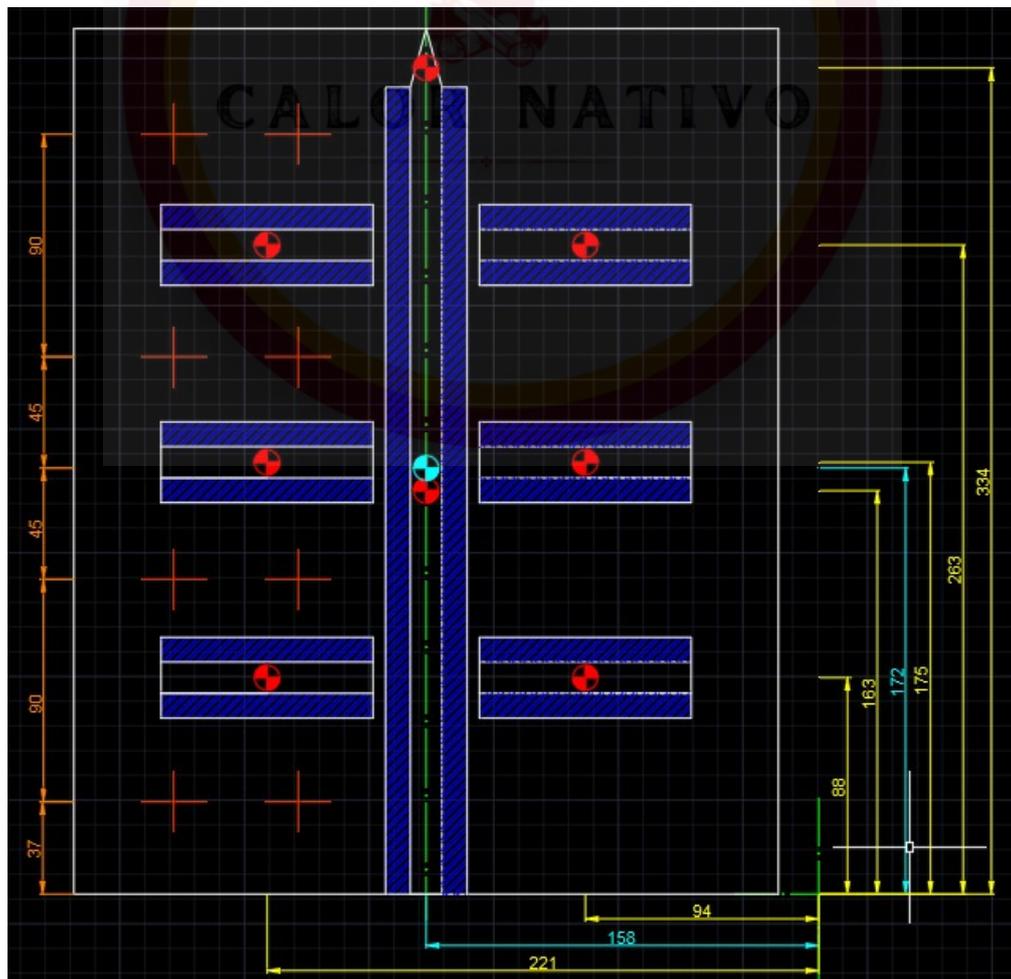
$$M_{\text{torsor\_aplicado}} := C_{\text{momento}} \cdot d_{\text{bulon}} \cdot Fi = 0.575 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$d_{\text{rosca}} := \sqrt[2]{A_t \cdot \frac{4}{\pi}} = 19.481 \text{ mm}$$

$$\tau_M := \frac{M_{\text{torsor\_aplicado}}}{\left( \frac{\pi \cdot d_{\text{rosca}}^4}{32} \right) \cdot \frac{d_{\text{rosca}}}{2}} = 4042.601 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{\text{Von\_Mises\_bulon}} := \sqrt{3 \cdot \tau_M^2} = 7001.99 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n_{\text{bulon}} := \frac{R_{\text{min\_fluencia}}}{\sigma_{\text{Von\_Mises\_bulon}}} = 1.305$$



### Calculo por aplastamiento

$$d_{bulon} = 22.225 \text{ mm} \quad F = 30 \text{ tonf} \quad \sigma_{f_{SAE\_1010\_CD}} = 3059.149 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$F_{aplastamiento} := \frac{F}{16} = 1700.971 \text{ kgf}$$

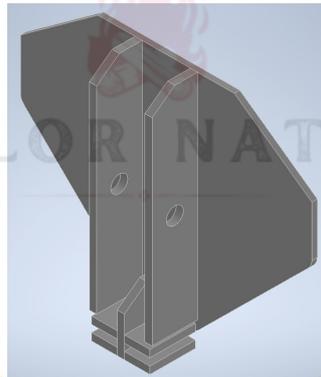
$$A_{aplastamiento} := \frac{(d_{bulon} \cdot \pi)}{2} \cdot \frac{1}{2} \text{ in} = 443.369 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_{aplastamiento} := \frac{F_{aplastamiento}}{A_{aplastamiento}} = 383.647 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

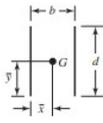
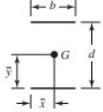
### Coefficiente de seguridad de aplastamiento

$$n_{aplastamiento} := \frac{\sigma_{f_{SAE\_1010\_CD}}}{\sigma_{aplastamiento}} = 7.974$$

## Calculo de soldadura para el empujador de madera



### Calculo del área de la soldadura

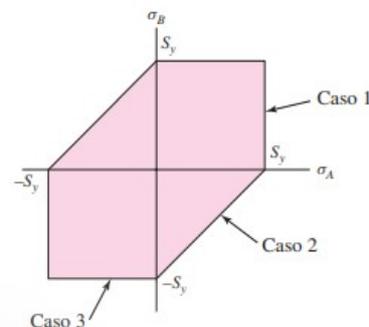
Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_u = \frac{bd^2}{2}$

$$h := 10 \text{ mm} \quad d := 380 \text{ mm} \quad F = 30 \text{ tonf} \quad F_{\text{soldadura}} := \frac{F}{2} = 15 \text{ tonf}$$

$$A_{\text{soldadura}} := 1.414 \cdot h \cdot d = 53.732 \text{ cm}^2$$

### Calculo de las tensiones de trabajo por medio de la teoría del esfuerzo cortante máximo para materiales dúctiles

$$\tau_{\text{corte}} := \frac{F_{\text{soldadura}}}{A_{\text{soldadura}}} = 253.253 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$



Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

**Tabla 9-5**

 Factores de concentración del esfuerzo,  $K_f$ 
**Tipo de soldadura**
 **$K_{fs}$** 

A tope reforzada	1.2
De filete transversal, en la punta	1.5
De filetes paralelos, en el extremo	2.7
A tope en T, con esquinas agudas	2.0

$$\sigma_{f_{E90xx}} := 531 \text{ MPa} = 5414.693 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad (\text{Electrodo utilizado para soldar})$$

$$\tau_{\text{adm\_esfuerzo\_cortante\_maximo}} := \frac{\sigma_{f_{E90xx}}}{2} = 2707.347 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n_{\text{soldadura\_electrodo\_cuchilla\_principal}} := \frac{\tau_{\text{adm\_esfuerzo\_cortante\_maximo}}}{\tau_{\text{corte}}} = 10.69$$

(El material de aporte tiene una resistencia satisfactoria)

## Calculo por fatiga de las soldaduras

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f S'_e \quad (6-18)$$

$k_a$  = factor de modificación de la condición superficial

$k_b$  = factor de modificación del tamaño

$k_c$  = factor de modificación de la carga

$k_d$  = factor de modificación de la temperatura

$k_e$  = factor de confiabilidad<sup>13</sup>

$k_f$  = factor de modificación de efectos varios

$S'_e$  = límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

$S_e$  = límite de resistencia a la fatiga en la ubicación crítica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso.

Tipo de soldadura	$K_{fs}$
A tope reforzada	1.2
De filete transversal, en la punta	1.5
De filetes paralelos, en el extremo	2.7
A tope en T, con esquinas agudas	2.0

$$\sigma_{r_{SAE\_1010\_CD}} := 370 \text{ MPa} = 3772.95 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$S'_e := 0.5 \cdot \sigma_{r_{SAE\_1010\_CD}} = 1886.475 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

### Factor de superficie $k_a$

$$a := 272 \text{ MPa}$$

$$b := -0.995$$

$$S_{ut} := \sigma_{r_{SAE\_1010\_CD}} \cdot \frac{1}{\text{MPa}} = 370$$

$$k_a := \left( \frac{a}{\text{MPa}} \cdot (S_{ut})^b \right) = 0.757$$

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	$S_{ur}$ kpsi	$S_{ur}$ MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

### Factor de tamaño $k_b$

$$k_b := 1$$

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

### Factor de modificación de carga $k_c$

$$k_c := 1$$

$$k_c = \begin{cases} 1 & \text{flexión} \\ 0.85 & \text{axial} \\ 0.59 & \text{torsión}^{17} \end{cases}$$

Factor de temperatura kd

$$kd := 1$$

Temperatura, °C	$S_T / S_{RT}$	Temperatura, °F	$S_T / S_{RT}$
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.877
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

Factor de confiabilidad ke

$$ke := 1$$

Confiabilidad, %	Variación de transformación $z_\alpha$	Factor de confiabilidad $k_\alpha$
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Factor de efectos varios kf

$$kf := 1$$

Limite de resistencia a la fatiga

$$\sigma_{fl_{soldadura}} := S'_e \cdot ka \cdot kb \cdot kc \cdot kd \cdot ke \cdot kf = 1428.431 \frac{kgf}{cm^2}$$

CALOR NATIVO

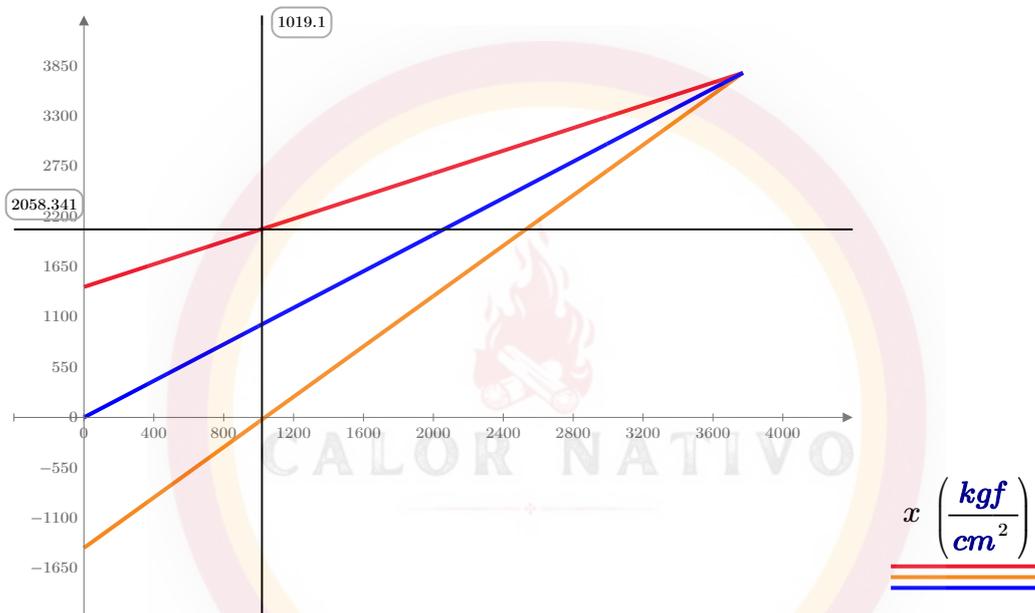
Diagrama de Goodman

$$x := 0 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}, 2 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \cdot \sigma_{rSAE\_1010\_CD}$$

$$\frac{\sigma_{fl_{soldadura}} + \frac{\sigma_{rSAE\_1010\_CD} - \sigma_{fl_{soldadura}}}{\sigma_{rSAE\_1010\_CD}} \cdot x \left( \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)}{}$$

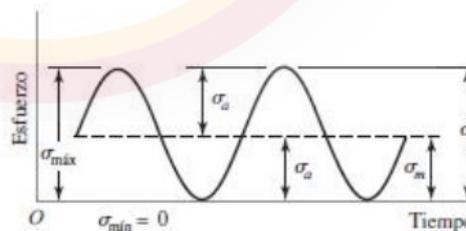
$$\frac{-\sigma_{fl_{soldadura}} + \frac{\sigma_{rSAE\_1010\_CD} + \sigma_{fl_{soldadura}}}{\sigma_{rSAE\_1010\_CD}} \cdot x \left( \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)}{}$$

$$x \left( \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \right)$$



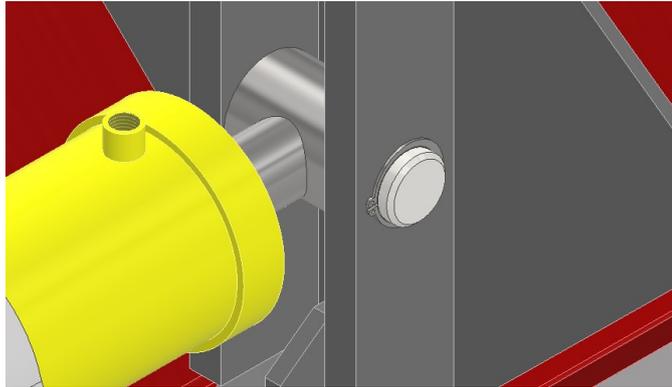
$$\sigma_{max} := 2058.341 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{fSAE\_1010\_CD} = 3059.149 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$



$$n_{fatiga\_soldadura\_cuchilla\_principal} := \frac{\sigma_{fSAE\_1010\_CD}}{\sigma_{max}} = 1.486$$

## Calculo del eje sujetador de la partidora



### Esfuerzos y diagrama del eje

$$l_q := 85 \text{ mm}$$

$$F_{\text{cilindro\_hidraulico}} := 25 \text{ tonf}$$

$$q := \frac{F_{\text{cilindro\_hidraulico}}}{l_q} = 266.819 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}}$$

$$P := q \cdot l_q = 25 \text{ tonf}$$

$$l_{\text{eje}} := 160 \text{ mm}$$

$$l_{\text{apoyos}} := l_q + 2 \cdot 1 \text{ in} = 135.8 \text{ mm}$$

$$l_a := \frac{l_{\text{eje}} - l_{\text{apoyos}}}{2} = 12.1 \text{ mm}$$

$$l_b := l_{\text{apoyos}} = 135.8 \text{ mm}$$

$$l_c := l_a = 12.1 \text{ mm}$$

### Calculo de reacciones - sumatoria de momentos en A

$$0 = q \cdot l_q \cdot \frac{l_b}{2} - R_b \cdot l_b$$

$$R_b := \frac{\left( q \cdot l_q \cdot \frac{l_b}{2} \right)}{l_b} = 12.5 \text{ tonf}$$

### Calculo de reacciones - sumatoria de fuerzas en Y

$$0 = -R_a - R_b + q \cdot l_q$$

$$R_a := -R_b + q \cdot l_q = 12.5 \text{ tonf}$$

### Calculo de momentos flectores

$$Mf_a := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Mf_P := R_a \cdot \frac{l_b}{2} = 7.551 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Mf_b := R_a \cdot l_b - q \cdot l_q \cdot \frac{l_b}{2} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Dimensionamiento del eje - calculo de tensiones

No se tiene en cuenta la norma ASME para calculo de ejes, ya que esta se utiliza nada mas que cuando el eje presenta un momento torsor constante, por lo cual se calcula como una viga simplemente apoyada. Por lo tanto se calcula sometido a flexión y a corte .

### Material del eje -SAE 1045

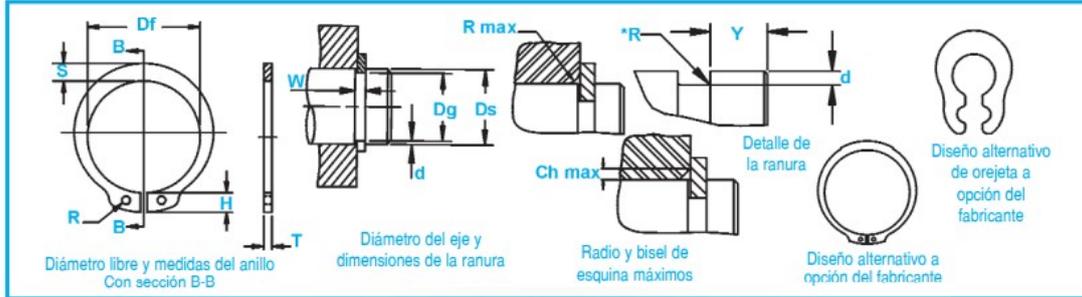
1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

$$\sigma_{R_{SAE\_1045\_HR}} := 570 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{f_{SAE\_1045\_HR}} := 310 \text{ MPa}$$

Tabla de seguro seeger a utilizar

# Anillos DSH (DIN 471)



No. de Anillo	EJE				TAMANO DE RANURA				TAMANO Y PESO DEL ANILLO						DATOS SUPLEMENTARIOS					
	DIAM. (mm)	DIAMETRO	TOL.	ANCHUR	PROFU DIDAD	ESPESOR ***	DIAMETRO LIBRE		ALTURA DE LA OREJETA	SECCIO MAX.	DIAMETR DEL AGUJERO.	PESO	MARGE DEL BORDE	CARGA DE EMPUJE Anillo	CARGA DE EMPUJE Ranura	Radio y bisel admisibles	Carga máx. c/Ch máx.	LÍMITE DE RPM		
							Ds	Dg											H Max.	S Ref.
DSH-3	3	2.8		0.50	0.10	0.40	2.7		1.9	0.8	1.0	0.017	0.3	0.47	0.1	0.5	0.27	360000		
DSH-4	4	3.8	-0,04	0.50	0.10	0.40	3.7	+0,04	2.2	0.9	1.0	0.022	0.3	0.50	0.2	0.5	0.30	211000		
DSH-5	5	4.8		0.70	0.10	0.60	4.7	-0,15	2.5	1.1	1.0	0.066	0.3	1.00	0.2	0.5	0.80	154000		
DSH-6	6	5.7		0.80	0.15	0.70	5.6		2.7	1.3	1.2	0.084	0.5	1.45	0.4	0.5	0.90	114000		
DSH-7	7	6.7		0.90	0.15	0.80	6.5	+0,06	3.1	1.4	1.2	0.121	0.5	2.60	0.5	0.5	1.40	121000		
DSH-8	8	7.6	-0,06	0.90	0.20	0.80	7.4	-0,18	3.2	1.5	1.2	0.158	0.6	3.00	0.8	0.5	2.00	96000		
DSH-9	9	8.6		1.10	0.20	1.00	8.4		3.3	1.7	1.2	0.300	0.6	3.50	0.9	0.5	2.40	85000		
DSH-10	10	9.6		1.10	0.20	1.00	9.3		3.3	1.8	1.5	0.340	0.6	4.00	1.0	1.0	2.40	84000		
DSH-11	11	10.5		1.10	0.25	1.00	10.2		3.3	1.8	1.5	0.410	0.8	4.50	1.4	1.0	2.40	70000		
DSH-12	12	11.5		1.10	0.25	1.00	11.0		3.3	1.8	1.7	0.500	0.8	5.00	1.5	1.0	2.40	75000		
DSH-13	13	12.4		1.10	0.30	1.00	11.9	+0,10	3.4	2.0	1.7	0.530	0.9	5.80	2.0	1.0	2.40	66000		
DSH-14	14	13.4	-0,11	1.10	0.30	1.00	12.9	-0,36	3.5	2.1	1.7	0.640	0.9	6.40	2.1	1.0	2.40	58000		
DSH-15	15	14.3		1.10	0.35	1.00	13.8		3.6	2.2	1.7	0.670	1.1	6.90	2.6	1.0	2.40	50000		
DSH-16	16	15.2		1.10	0.40	1.00	14.7		3.7	2.2	1.7	0.700	1.2	7.40	3.2	1.0	2.40	45000		
DSH-17	17	16.2		1.10	0.40	1.00	15.7		3.8	2.3	1.7	0.820	1.2	8.00	3.4	1.0	2.40	41000		
DSH-18	18	17.0		1.30	0.50	1.20	16.5		3.9	2.4	2.0	1.110	1.5	17.00	4.5	1.5	3.75	39000		
DSH-19	19	18.0		1.30	0.50	1.20	17.5		3.9	2.5	2.0	1.220	1.5	17.00	4.8	1.5	3.80	35000		
DSH-20	20	19.0		1.30	0.50	1.20	18.5		4.0	2.6	2.0	1.300	1.5	17.10	5.0	1.5	3.85	32000		
DSH-21	21	20.0	-0,13	1.30	0.50	1.20	19.5	+0,13	4.1	2.7	2.0	1.420	1.5	16.80	5.3	1.5	3.75	29000		
DSH-22	22	21.0		1.30	0.50	1.20	20.5	-0,42	4.2	2.8	2.0	1.500	1.5	16.90	5.6	1.5	3.80	27000		
DSH-23	23	22.0	-0,15	1.30	0.50	1.20	21.5		4.3	2.9	2.0	1.630	1.5	16.60	5.9	1.5	3.80	25000		
DSH-24	24	22.9		1.30	0.55	1.20	22.2		4.4	3.0	2.0	1.770	1.7	16.10	6.7	1.5	3.65	27000		
DSH-25	25	23.9		1.30	0.55	1.20	23.2		4.4	3.0	2.0	1.900	1.7	16.20	7.0	1.5	3.70	25000		
DSH-26	26	24.9		1.30	0.55	1.20	24.2		4.5	3.1	2.0	1.950	1.7	16.10	7.3	1.5	3.70	24000		
DSH-27	27	25.6	-0,21	1.30	0.70	1.20	24.9	+0,21	4.6	3.1	2.0	2.080	2.1	16.40	9.6	1.5	3.80	22500		
DSH-28	28	26.6		1.60	0.70	1.50	25.9	-0,42	4.7	3.2	2.0	2.920	2.1	32.10	10.0	1.5	7.50	21200		
DSH-29	29	27.6		1.60	0.70	1.50	26.9		4.8	3.4	2.0	3.200	2.1	31.80	10.3	1.5	7.45	20000		
DSH-30	30	28.6		1.60	0.70	1.50	27.9		5.0	3.5	2.0	3.320	2.1	32.10	10.7	1.5	7.65	18900		
DSH-31	31	29.3		1.60	0.85	1.50	28.6		5.1	3.5	2.5	3.450	2.6	31.50	13.4	2.0	5.60	17900		
DSH-32	32	30.3		1.60	0.85	1.50	29.6		5.2	3.6	2.5	3.540	2.6	31.20	13.8	2.0	5.55	16900		
DSH-33	33	31.3		1.60	0.85	1.50	30.5		5.2	3.7	2.5	3.690	2.6	31.60	14.3	2.0	5.65	17400		
DSH-34	34	32.3		1.60	0.85	1.50	31.5		5.4	3.8	2.5	3.800	2.6	31.30	14.7	2.0	5.60	16100		
DSH-35	35	33.0		1.60	1.00	1.50	32.2	+0,25	5.6	3.9	2.5	4.000	3.0	30.80	17.8	2.0	5.55	15500		
DSH-36	36	34.0		1.85	1.00	1.75	33.2	-0,50	5.6	4.0	2.5	5.000	3.0	49.40	18.3	2.0	9.00	14500		
DSH-37	37	35.0		1.85	1.00	1.75	34.2		5.7	4.1	2.5	5.370	3.0	50.00	18.8	2.0	9.15	14100		
DSH-38	38	36.0		1.85	1.00	1.75	35.2		5.8	4.2	2.5	5.620	3.0	49.50	19.3	2.0	9.10	13600		
DSH-39	39	37.0	-0,25	1.85	1.00	1.75	36.0		5.9	4.3	2.5	5.850	3.0	49.80	19.9	2.0	9.25	14500		
DSH-40	40	37.5		1.85	1.25	1.75	36.5		6.0	4.4	2.5	6.030	3.8	51.00	25.3	2.0	9.50	14300		
DSH-41	41	38.5		1.85	1.25	1.75	37.5		6.2	4.5	2.5	6.215	3.8	50.10	26.0	2.0	9.40	13500		
DSH-42	42	39.5		1.85	1.25	1.75	38.5	+0,39	6.5	4.5	2.5	6.500	3.8	50.00	26.7	2.0	9.45	13000		
DSH-44	44	41.5		1.85	1.25	1.75	40.5	-0,90	6.6	4.6	2.5	7.000	3.8	48.50	28.0	2.0	9.20	11800		
DSH-45	45	42.5		1.85	1.25	1.75	41.5		6.7	4.7	2.5	7.500	3.8	49.0	28.6	2.0	9.35	11400		
DSH-46	46	43.5		1.85	1.25	1.75	42.5		6.7	4.8	2.5	7.600	3.8	48.9	29.4	2.0	9.40	10900		
DSH-47	47	44.5		1.85	1.25	1.75	43.5		6.8	4.9	2.5	7.500	3.8	49.5	30.0	2.0	9.55	11000		
DSH-48	48	45.5		1.85	1.25	1.75	44.5		6.9	5.0	2.5	7.900	3.8	49.4	30.7	2.0	9.55	10000		
DSH-50	50	47.0		2.15	1.50	2.00	45.8		6.9	5.1	2.5	10.20	4.5	73.3	38.0	2.0	14.40	11000		
DSH-52	52	49.0		2.15	1.50	2.00	47.8		7.0	5.2	2.5	11.10	4.5	73.1	39.7	2.5	11.50	10000		
DSH-54	54	51.0		2.15	1.50	2.00	49.8		7.1	5.3	2.5	11.30	4.5	71.2	41.2	2.5	11.30	9000		
DSH-55	55	52.0	-0,30	2.15	1.50	2.00	50.8	+0,45-1,10	7.2	5.4	2.5	11.40	4.5	71.4	42.0	2.5	11.40	9000		

TODAS LAS DIMENSIONES SON EN MILIMETROS.

### Tensión por flexión

El eje lleva dos seguros seeger por lo cual, se considera al diámetro del eje como el diámetro interior que tiene el seguro y no el diámetro exterior real del eje para calcular las tensiones.

$$d_{eje} := 38.1 \text{ mm} \quad d_{interior\_seguro} := 36 \text{ mm}$$

$$I_{eje} := \frac{\pi \cdot d_{interior\_seguro}^4}{64} = 8.245 \text{ cm}^4$$

$$W_{eje} := \frac{I_{eje} \cdot 2}{d_{interior\_seguro}} = 4.58 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{flexion} := \frac{Mf_P}{W_{eje}} = 16810.016 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n := \frac{\sigma_{SAE\_1045\_HR}}{\sigma_{flexion}} = 0.188 \quad \text{No Verifica}$$

El diámetro del eje es de 38.1 mm según el ojal del actuador, por lo cual se hará mecanizar este agujero para llevarlo a un diámetro interno de 48 mm y se cambiara el acero por uno 4140. De este modo queda el diámetro interno debido a la ranura en 45.5mm

### Material del eje - SAE 4140

**Tabla A-21** (continuación)

Propiedades mecánicas medias de algunos aceros tratados térmicamente [Éstas son propiedades típicas de materiales normalizados y recocidos. Las propiedades de aceros templados y revenidos (TyR) son de una sola colada. Debido a las muchas variables, las propiedades listadas son promedios generales. En todos los casos, los datos se obtuvieron de piezas con diámetro de 0.505 pulg, maquinadas a partir de barras redondas de 1 pulg y la longitud de calibración es de 2 pulg. A menos que se especifique otra cosa, todas las piezas se templaron en aceite] Fuente: ASM Metals Reference Book, 2a. ed., American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1983.

1	2	3	4	5	6	7	8
AISI núm.	Tratamiento	Temperatura, °C (°F)	Resistencia a la tensión MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación, %	Reducción del área, %	Dureza Brinell
4130	TyR*	205 (400)	1 630 (236)	1 460 (212)	10	41	467
	TyR*	315 (600)	1 500 (217)	1 380 (200)	11	43	435
	TyR*	425 (800)	1 280 (186)	1 190 (173)	13	49	380
	TyR*	540 (1 000)	1 030 (150)	910 (132)	17	57	315
	TyR*	650 (1 200)	814 (118)	703 (102)	22	64	245
	Normalizado	870 (1 600)	670 (97)	436 (63)	25	59	197
	Recocido	865 (1 585)	560 (81)	361 (52)	28	56	156
4140	TyR	205 (400)	1 770 (257)	1 640 (238)	8	38	510
	TyR	315 (600)	1 550 (225)	1 430 (208)	9	43	445
	TyR	425 (800)	1 250 (181)	1 140 (165)	13	49	370
	TyR	540 (1 000)	951 (138)	834 (121)	18	58	285
	TyR	650 (1 200)	758 (110)	655 (95)	22	63	230
	Normalizado	870 (1 600)	1 020 (148)	655 (95)	18	47	302
	Recocido	815 (1 500)	655 (95)	417 (61)	26	57	197
4340	TyR	315 (600)	1 720 (250)	1 590 (230)	10	40	486
	TyR	425 (800)	1 470 (213)	1 360 (198)	10	44	430
	TyR	540 (1 000)	1 170 (170)	1 080 (156)	13	51	360
	TyR	650 (1 200)	965 (140)	855 (124)	19	60	280

\*Templado en agua.

$$\sigma_{R_{SAE\_4140\_TyR}} := 1770 \text{ MPa} \quad \sigma_{f_{SAE\_4140\_TyR}} := 1640 \text{ MPa}$$

### Tensión por flexión

$$d_{eje} := 48 \text{ mm} \quad d_{interior\_seguro} := 45.5 \text{ mm}$$

$$I_{eje} := \frac{\pi \cdot d_{interior\_seguro}^4}{64} = 21.039 \text{ cm}^4$$

$$W_{eje} := \frac{I_{eje} \cdot 2}{d_{interior\_seguro}} = 9.248 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{flexion} := \frac{Mf_P}{W_{eje}} = 8326.096 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n := \frac{\sigma_{f_{SAE\_4140\_TyR}}}{\sigma_{flexion}} = 2.009 \quad \text{Verifica}$$

### Tensión por corte

$$\tau_{corte} := \frac{R_a}{\frac{\pi}{4} \cdot d_{interior\_seguro}^2} = 697.418 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad d_{interior\_seguro} = 45.5 \text{ mm}$$

Según la teoría del máximo trabajo de distorsión

$$\tau_{adm\_eje} := 0.557 \cdot \sigma_{f_{SAE\_4140\_TyR}} = 9314.904 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n := \frac{\tau_{adm\_eje}}{\tau_{corte}} = 13.356 \quad \text{Verifica}$$

### Tensión de aplastamiento al eje

$$A_{aplas\_1} := l_q \cdot \pi \cdot d_{eje} = 128.177 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{aplas\_4140\_eje} := \frac{q \cdot l_q}{A_{aplas\_1}} = 176.94 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n := \frac{\sigma_{f_{SAE\_4140\_TyR}}}{\sigma_{aplas\_4140\_eje}} = 94.514$$

$$d_{eje} = 48 \text{ mm} \quad l_q = 85 \text{ mm}$$

$$q = 266.819 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}}$$

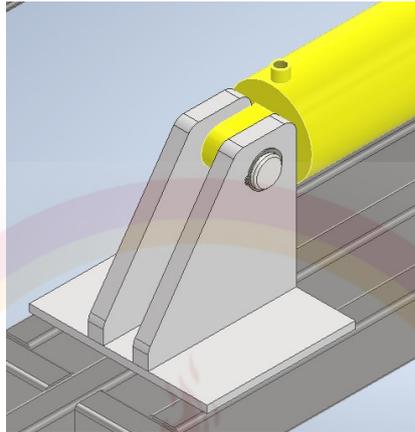
### Tensión de aplastamiento de los apoyos

$$A_{aplas\_2} := \pi \cdot d_{eje} \cdot 1 \text{ in} = 38.302 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{aplas\_1010\_apoyo} := \frac{q \cdot l_q}{A_{aplas\_2}} = 592.122 \frac{kgf}{cm^2}$$

$$n := \frac{\sigma f_{SAE\_1010\_HR}}{\sigma_{aplas\_1010\_apoyo}} = 3.1$$

## Calculo del eje pivote del actuador



### Esfuerzos y diagrama del eje

$$l_q := 50 \text{ mm}$$

$$F_{cilindro\_hidraulico} := 25 \text{ tonf}$$

$$q := \frac{F_{cilindro\_hidraulico}}{l_q} = 453.592 \frac{kgf}{mm}$$

$$P := q \cdot l_q = 25 \text{ tonf}$$

$$l_{eje} := 120 \text{ mm}$$

$$l_{apoyos} := l_q + 2 \cdot in = 100.8 \text{ mm}$$

$$l_a := \frac{l_{eje} - l_{apoyos}}{2} = 9.6 \text{ mm}$$

$$l_b := l_{apoyos} = 100.8 \text{ mm}$$

$$l_c := l_a = 9.6 \text{ mm}$$

### Calculo de reacciones - sumatoria de momentos en A

$$0 = q \cdot l_q \cdot \frac{l_b}{2} - R_b \cdot l_b$$

$$R_b := \frac{\left( q \cdot l_q \cdot \frac{l_b}{2} \right)}{l_b} = 12.5 \text{ tonf}$$

### Calculo de reacciones - sumatoria de fuerzas en Y

$$0 = -R_a - R_b + q \cdot l_q$$

$$R_a := -R_b + q \cdot l_q = 12.5 \text{ tonf}$$

### Diagrama de esfuerzos

### Calculo de momentos flectores

$$Mf_a := 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Mf_p := R_a \cdot \frac{l_b}{2} = 5.605 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$Mf_b := R_a \cdot l_b - q \cdot l_q \cdot \frac{l_b}{2} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Dimensionamiento del eje - calculo de tensiones

No se tiene en cuenta la norma ASME para calculo de ejes, ya que esta se utiliza nada mas que cuando el eje presenta un momento torsor constante, por lo cual se calcula como una viga simplemente apoyada. Por lo tanto se calcula sometido a flexión y a corte .

### Material del eje - SAE 4140

**Tabla A-21** (continuación)

Propiedades mecánicas medias de algunos aceros tratados térmicamente

[Éstas son propiedades típicas de materiales normalizados y recocidos. Las propiedades de aceros templados y revenidos (TyR) son de una sola calada. Debido a las muchas variables, las propiedades listadas son promedios generales. En todos los casos, los datos se obtuvieron de piezas con diámetro de 0.505 pulg, maquinadas a partir de barras redondas de 1 pulg y la longitud de calibración es de 2 pulg. A menos que se especifique otra cosa, todas las piezas se templaron en aceite] Fuente: ASM Metals Reference Book, 2a. ed., American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1983.

1	2	3	4	5	6	7	8
AISI núm.	Tratamiento	Temperatura, °C (°F)	Resistencia a la tensión MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación, %	Reducción del área, %	Dureza Brinell
4130	TyR*	205 (400)	1 630 (236)	1 460 (212)	10	41	467
	TyR*	315 (600)	1 500 (217)	1 380 (200)	11	43	435
	TyR*	425 (800)	1 280 (186)	1 190 (173)	13	49	380
	TyR*	540 (1 000)	1 030 (150)	910 (132)	17	57	315
	TyR*	650 (1 200)	814 (118)	703 (102)	22	64	245
	Normalizado	870 (1 600)	670 (97)	436 (63)	25	59	197
4140	Recocido	865 (1 585)	560 (81)	361 (52)	28	56	156
	TyR	205 (400)	1 770 (257)	1 640 (238)	8	38	510
	TyR	315 (600)	1 550 (225)	1 430 (208)	9	43	445
	TyR	425 (800)	1 250 (181)	1 140 (165)	13	49	370
	TyR	540 (1 000)	951 (138)	834 (121)	18	58	285
	TyR	650 (1 200)	758 (110)	655 (95)	22	63	230
4340	Normalizado	870 (1 600)	1 020 (148)	655 (95)	18	47	302
	Recocido	815 (1 500)	655 (95)	417 (61)	26	57	197
	TyR	315 (600)	1 720 (250)	1 590 (230)	10	40	486
	TyR	425 (800)	1 470 (213)	1 360 (198)	10	44	430
	TyR	540 (1 000)	1 170 (170)	1 080 (156)	13	51	360
	TyR	650 (1 200)	965 (140)	855 (124)	19	60	280

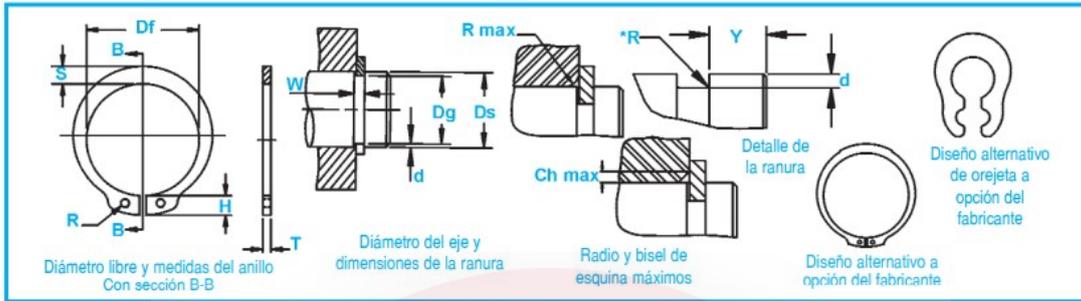
\*Templado en agua.

$$\sigma_{R_{SAE\_4140\_TyR}} := 1770 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{f_{SAE\_4140\_TyR}} := 1640 \text{ MPa}$$

Tabla de seguro seeger a utilizar

## Anillos DSH (DIN 471)



No. de Anillo	EJE DIAM. (mm)	TAMANO Y PESO DEL ANILLO				DATOS SUPLEMENTARIOS													
		DIAMETRO	ANCHURA	PROFUNDIDAD	ESPESOR ***	DIAMETRO LIBRE	ALTIMA DE LA OREJETA	SECCIO MAX.	DIAMETR DEL AGUJERO.	PESO	MARGE DEL BORDE	CARGA DE EMPUJE Anillo	CARGA DE EMPUJE Ranura	Radio y bisel admisibles	Carga máx. c/Ch máx.	LIMITE DE RPM			
	Ds	Dg	TOL.	W Min.	d	T	Tol.	Df	Tol.	H Max.	S Ref.	R Min.	kg/1000	Y Min.	Pr kN	Pg kN	R/Ch	Pr kN	
DSH-3	3	2.8		0.50	0.10	0.40		2.7		1.9	0.8	1.0	0.017	0.3	0.47	0.1	0.5	0.27	360000
DSH-4	4	3.8	-0.04	0.50	0.10	0.40		3.7	+0.04	2.2	0.9	1.0	0.022	0.3	0.50	0.2	0.5	0.30	211000
DSH-5	5	4.8		0.70	0.10	0.60	-0.05	4.7	-0.15	2.5	1.1	1.0	0.036	0.3	1.00	0.2	0.5	0.80	154000
DSH-6	6	5.7		0.80	0.15	0.70		5.6		2.7	1.3	1.2	0.034	0.5	1.45	0.4	0.5	0.90	114000
DSH-7	7	6.7		0.90	0.15	0.80		6.5	+0.06	3.1	1.4	1.2	0.121	0.5	2.60	0.5	0.5	1.40	121000
DSH-8	8	7.6	-0.06	0.90	0.20	0.80		7.4	-0.18	3.2	1.5	1.2	0.158	0.6	3.00	0.8	0.5	2.00	96000
DSH-9	9	8.6		1.10	0.20	1.00		8.4		3.3	1.7	1.2	0.300	0.6	3.50	0.9	0.5	2.40	85000
DSH-10	10	9.6		1.10	0.20	1.00		9.3		3.3	1.8	1.5	0.340	0.6	4.00	1.0	1.0	2.40	84000
DSH-11	11	10.5		1.10	0.25	1.00		10.2		3.3	1.8	1.5	0.410	0.8	4.50	1.4	1.0	2.40	70000
DSH-12	12	11.5		1.10	0.25	1.00		11.0		3.3	1.8	1.7	0.500	0.8	5.00	1.5	1.0	2.40	75000
DSH-13	13	12.4	-0.11	1.10	0.30	1.00		11.9	+0.10	3.4	2.0	1.7	0.530	0.9	5.80	2.0	1.0	2.40	66000
DSH-14	14	13.4		1.10	0.30	1.00	-0.36	12.9	-0.36	3.5	2.1	1.7	0.640	0.9	6.40	2.1	1.0	2.40	58000
DSH-15	15	14.3		1.10	0.35	1.00		13.8		3.6	2.2	1.7	0.670	1.1	6.90	2.6	1.0	2.40	50000
DSH-16	16	15.2		1.10	0.40	1.00		14.7		3.7	2.2	1.7	0.700	1.2	7.40	3.2	1.0	2.40	45000
DSH-17	17	16.2		1.10	0.40	1.00		15.7		3.8	2.3	1.7	0.820	1.2	8.00	3.4	1.0	2.40	41000
DSH-18	18	17.0		1.30	0.50	1.20		16.5		3.9	2.4	2.0	1.110	1.5	17.00	4.5	1.5	3.75	39000
DSH-19	19	18.0		1.30	0.50	1.20		17.5		3.9	2.5	2.0	1.220	1.5	17.00	4.8	1.5	3.80	35000
DSH-20	20	19.0		1.30	0.50	1.20		18.5		4.0	2.6	2.0	1.300	1.5	17.10	5.0	1.5	3.85	32000
DSH-21	21	20.0	-0.13	1.30	0.50	1.20		19.5	+0.13	4.1	2.7	2.0	1.420	1.5	16.80	5.3	1.5	3.75	29000
DSH-22	22	21.0		1.30	0.50	1.20	-0.42	20.5	-0.42	4.2	2.8	2.0	1.500	1.5	16.90	5.6	1.5	3.80	27000
DSH-23	23	22.0	-0.15	1.30	0.50	1.20		21.5		4.3	2.9	2.0	1.630	1.5	16.60	5.9	1.5	3.80	25000
DSH-24	24	22.9		1.30	0.55	1.20		22.2		4.4	3.0	2.0	1.770	1.7	16.10	6.7	1.5	3.65	27000
DSH-25	25	23.9		1.30	0.55	1.20		23.2		4.4	3.0	2.0	1.900	1.7	16.20	7.0	1.5	3.70	25000
DSH-26	26	24.9		1.30	0.55	1.20	-0.06	24.2	-0.06	4.5	3.1	2.0	1.960	1.7	16.10	7.3	1.5	3.70	24000
DSH-27	27	25.6	-0.21	1.30	0.70	1.20		24.9	+0.21	4.6	3.1	2.0	2.080	2.1	16.40	9.6	1.5	3.80	22500
DSH-28	28	26.6		1.60	0.70	1.50		25.9	-0.42	4.7	3.2	2.0	2.920	2.1	32.10	10.0	1.5	7.50	21200
DSH-29	29	27.6		1.60	0.70	1.50		26.9		4.8	3.4	2.0	3.200	2.1	31.80	10.3	1.5	7.45	20000
DSH-30	30	28.6		1.60	0.70	1.50		27.9		5.0	3.5	2.0	3.320	2.1	32.10	10.7	1.5	7.65	18900
DSH-31	31	29.3		1.60	0.85	1.50		28.6		5.1	3.5	2.5	3.450	2.6	31.50	13.4	2.0	5.60	17900
DSH-32	32	30.3		1.60	0.85	1.50		29.6		5.2	3.6	2.5	3.540	2.6	31.20	13.8	2.0	5.55	16900
DSH-33	33	31.3		1.60	0.85	1.50		30.5		5.2	3.7	2.5	3.690	2.6	31.60	14.3	2.0	5.65	17400
DSH-34	34	32.3		1.60	0.85	1.50		31.5		5.4	3.8	2.5	3.800	2.6	31.30	14.7	2.0	5.60	16100
DSH-35	35	33.0		1.60	1.00	1.50		32.2	+0.25	5.6	3.9	2.5	4.000	3.0	30.80	17.8	2.0	5.55	15500
DSH-36	36	34.0		1.85	1.00	1.75	-0.50	33.2	-0.50	5.6	4.0	2.5	5.000	3.0	49.40	18.3	2.0	9.00	14500
DSH-37	37	35.0		1.85	1.00	1.75		34.2		5.7	4.1	2.5	5.370	3.0	50.00	18.8	2.0	9.15	14100
DSH-38	38	36.0		1.85	1.00	1.75		35.2		5.8	4.2	2.5	5.620	3.0	49.50	19.3	2.0	9.10	13600
DSH-39	39	37.0	-0.25	1.85	1.00	1.75		36.0	-0.25	5.9	4.3	2.5	5.850	3.0	49.80	19.9	2.0	9.25	14500
DSH-40	40	37.5		1.85	1.25	1.75		36.5		6.0	4.4	2.5	6.030	3.8	51.00	25.3	2.0	9.50	14300
DSH-41	41	38.5		1.85	1.25	1.75		37.5		6.2	4.5	2.5	6.215	3.8	50.10	26.0	2.0	9.40	13500
DSH-42	42	39.5		1.85	1.25	1.75		38.5	+0.39	6.5	4.5	2.5	6.500	3.8	50.00	26.7	2.0	9.45	13000
DSH-44	44	41.5		1.85	1.25	1.75		40.5	-0.90	6.6	4.6	2.5	7.000	3.8	48.50	28.0	2.0	9.20	11800
DSH-45	45	42.5		1.85	1.25	1.75		41.5		6.7	4.7	2.5	7.500	3.8	49.0	28.6	2.0	9.35	11400
DSH-46	46	43.5		1.85	1.25	1.75		42.5		6.7	4.8	2.5	7.600	3.8	48.9	29.4	2.0	9.40	10900
DSH-47	47	44.5		1.85	1.25	1.75		43.5		6.8	4.9	2.5	7.500	3.8	49.5	30.0	2.0	9.55	11000
DSH-48	48	45.5		1.85	1.25	1.75		44.5		6.9	5.0	2.5	7.900	3.8	49.4	30.7	2.0	9.55	10000
DSH-50	50	47.0		2.15	1.50	2.00		45.8		6.9	5.1	2.5	10.20	4.5	73.3	38.0	2.0	14.40	11000
DSH-52	52	49.0		2.15	1.50	2.00		47.8		7.0	5.2	2.5	11.10	4.5	73.1	39.7	2.5	11.50	10000
DSH-54	54	51.0		2.15	1.50	2.00	-0.07	49.8	-0.07	7.1	5.3	2.5	11.30	4.5	71.2	41.2	2.5	11.30	9000
DSH-55	55	52.0	-0.30	2.15	1.50	2.00		50.8	+0.46*1.18	7.2	5.4	2.5	11.40	4.5	71.4	42.0	2.5	11.40	9000

TODAS LAS DIMENSIONES SON EN MILIMETROS.

### Tensión por flexión

El eje lleva dos seguros seeger por lo cual, se considera al diámetro del eje como el diámetro interior que tiene el seguro y no el diámetro exterior real del eje para calcular las tensiones.

$$d_{eje} := 38.1 \text{ mm} \quad d_{interior\_seguro} := 36 \text{ mm}$$

$$I_{eje} := \frac{\pi \cdot d_{interior\_seguro}^4}{64} = 8.245 \text{ cm}^4$$

$$W_{eje} := \frac{I_{eje} \cdot 2}{d_{interior\_seguro}} = 4.58 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{flexion} := \frac{Mf_P}{W_{eje}} = 12477.538 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n := \frac{\sigma_{SAE\_4140\_TyR}}{\sigma_{flexion}} = 1.34$$

**Verifica**

Se busca un coeficiente de seguridad de 2 o mayor a este, por lo cual se aumentara el diámetro del eje a 48mm y se mecanizaran los agujeros para llevarlos a ese diámetro.

$$d_{eje} := 48 \text{ mm} \quad d_{interior\_seguro} := 45.5 \text{ mm}$$

$$I_{eje} := \frac{\pi \cdot d_{interior\_seguro}^4}{64} = 21.039 \text{ cm}^4$$

$$W_{eje} := \frac{I_{eje} \cdot 2}{d_{interior\_seguro}} = 9.248 \text{ cm}^3$$

$$\sigma_{flexion} := \frac{Mf_P}{W_{eje}} = 6180.195 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n := \frac{\sigma_{SAE\_4140\_TyR}}{\sigma_{flexion}} = 2.706$$

**Verifica**

### Tensión por corte

$$\tau_{corte} := \frac{R_a}{\frac{\pi}{4} \cdot d_{interior\_seguro}^2} = 697.418 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad d_{interior\_seguro} = 45.5 \text{ mm}$$

Según la teoría del máximo trabajo de distorsión

$$\tau_{adm\_eje} := 0.557 \cdot \sigma_{SAE\_4140\_TyR} = 9314.904 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n := \frac{\tau_{adm\_eje}}{\tau_{corte}} = 13.356$$

**Verifica**Tensión de aplastamiento al eje

$$A_{aplas\_1} := l_q \cdot \pi \cdot d_{eje} = 75.398 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{aplas\_4140\_eje} := \frac{q \cdot l_q}{A_{aplas\_1}} = 300.798 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n := \frac{\sigma_{fSAE\_4140\_TyR}}{\sigma_{aplas\_4140\_eje}} = 55.597$$

$$d_{eje} = 48 \text{ mm} \quad l_q = 50 \text{ mm}$$

$$q = 453.592 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}}$$

Tensión de aplastamiento de los apoyos

$$A_{aplas\_2} := \pi \cdot d_{eje} \cdot 1 \text{ in} = 38.302 \text{ cm}^2$$

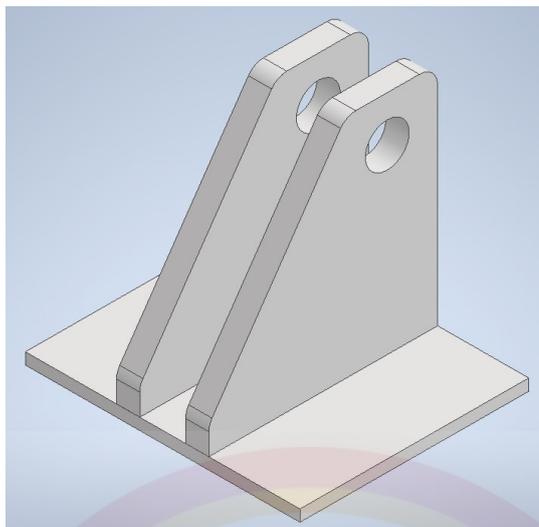
$$\sigma_{aplas\_1010\_apoyo} := \frac{q \cdot l_q}{A_{aplas\_2}} = 592.122 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n := \frac{\sigma_{fSAE\_1010\_HR}}{\sigma_{aplas\_1010\_apoyo}} = 3.1$$



CALOR NATIVO

## Diseño de contrapunta fija



$$F := 30 \text{ tonf} = 266.893 \text{ kN}$$

$$d := 200 \text{ mm} \quad (\text{distancia donde se aplica la fuerza, respecto de la base})$$

$$P_{placa} := 8.8 \text{ kg} \cdot 2 = 17.6 \text{ kg}$$

### Calculo por carga estática de las placas

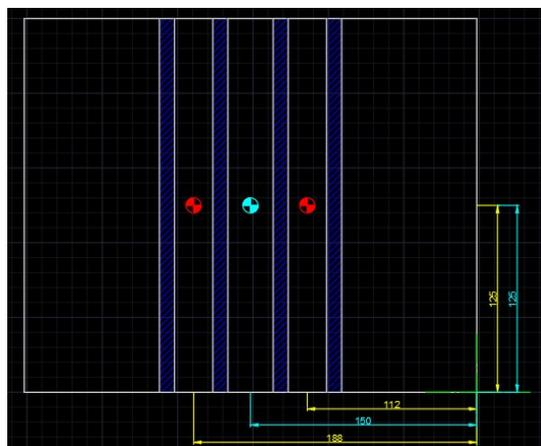
#### Calculo de momento flector y resultantes

$$R_z := P_{placa} \cdot 2 = 35.2 \text{ kg}$$

$$R_y := F = 266.893 \text{ kN}$$

$$M_{fx} := F \cdot d = 53.379 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

#### Baricentro de las placas y las soldaduras



### Calculo de momento de inercia y momento resistente de las placas

$$b_{placa} := 250 \text{ mm} \quad h_{placa} := 1 \text{ in}$$

$$A_{placa} := b_{placa} \cdot h_{placa} = (6.35 \cdot 10^3) \text{ mm}^2$$

$$I_{x\_placa} := \frac{b_{placa}^3 \cdot h_{placa}}{12} = 3307.292 \text{ cm}^4$$

$$I_{xc} := 2 \cdot I_{x\_placa} + 2 \cdot A_{placa} \cdot (125 \text{ mm} - 125 \text{ mm})^2 = 6614.583 \text{ cm}^4$$

$$W_{xc} := \frac{I_{xc}}{125 \text{ mm}} = 529.167 \text{ cm}^3$$

### Calculo de tensiones de trabajo y coeficientes de seguridad

$$\sigma_{flexion\_z} := \frac{Mfx}{W_{xc}} = 1028.619 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{zy} := \frac{Ry}{2 \cdot A_{placa}} = 214.296 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{Von\_Mises} := \left( \sigma_{flexion\_z}^2 + 3 \cdot \tau_{zy}^2 \right)^{\frac{1}{2}} = 1093.538 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

1	2	3	4	5	6	7	8
UNS núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg. %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

$$\sigma_{r_{SAE\_1010\_HR}} := 320 \text{ MPa} = 3263.092 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad (\text{HR: Rolado en caliente})$$

$$\sigma_{f_{SAE\_1010\_HR}} := 180 \text{ MPa} = 1835.489 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

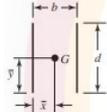
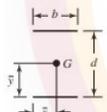
$$\sigma_{r_{SAE\_1010\_CD}} := 370 \text{ MPa} = 3772.95 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad (\text{CD: Estirado en frio})$$

$$\sigma_{f_{SAE\_1010\_CD}} := 300 \text{ MPa} = 3059.149 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n_{placa} := \frac{\sigma_{f_{SAE\_1010\_CD}}}{\sigma_{Von\_Mises}} = 2.797$$

(El conjunto de placas soporta los esfuerzos)

### Calculo de soldadura de las placas

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_w = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_w = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_w = \frac{bd^2}{2}$

$$h := 10 \text{ mm} \quad (\text{Ancho de la soldadura de filete})$$

$$A1 := (1.414 \cdot h \cdot 250 \text{ mm}) = 35.35 \text{ cm}^2$$

$$A2 := (1.414 \cdot h \cdot 250 \text{ mm}) = 35.35 \text{ cm}^2$$

$$A_{total\_soldadura} := A1 + A2 = 70.7 \text{ cm}^2$$

$$X_{baricentro\_soldaduras} := \frac{(A1 \cdot 188 \text{ mm}) + (A2 \cdot 122 \text{ mm})}{A_{total\_soldadura}} = 155 \text{ mm}$$

$$Y_{baricentro\_soldaduras} := \frac{(A1 \cdot 125 \text{ mm}) + (A2 \cdot 125 \text{ mm})}{A_{total\_soldadura}} = 125 \text{ mm}$$

### Calculo de los momentos de inercia

$$I1_{soldadura} := \frac{0.707 \cdot h \cdot (250 \text{ mm})^3}{6} = 1841.146 \text{ cm}^4$$

$$I2_{soldadura} := \frac{0.707 \cdot h \cdot (250 \text{ mm})^3}{6} = 1841.146 \text{ cm}^4$$

$$Ixc_{soldadura} := \left( I1_{soldadura} + A1 \cdot (125 \text{ mm} - 125 \text{ mm})^2 \right) \downarrow + \left( I2_{soldadura} + A2 \cdot (125 \text{ mm} - 125 \text{ mm})^2 \right)$$

### Calculo de las tensiones de trabajo por medio de la teoría del esfuerzo cortante máximo para materiales dúctiles

$$\tau'_{primario} := \frac{Ry}{A_{total\_soldadura}} = 384.944 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau''_{secundario} := \frac{Mfx \cdot 125 \text{ mm}}{Ixc_{soldadura}} = 1847.731 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{resultante} := \sqrt{\tau'_{primario}{}^2 + \tau''_{secundario}{}^2} = 1887.404 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

$$\tau_{\text{máx}} = \frac{S_y}{2n} \quad \text{o} \quad \sigma_1 - \sigma_3 = \frac{S_y}{n} \quad (5-3)$$

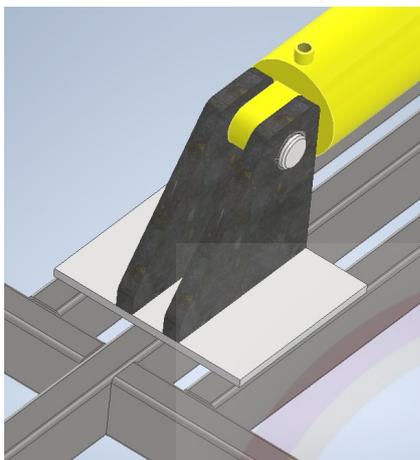
$$\sigma f_{E90xx} := 531 \text{ MPa} = 5414.693 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad (\text{Electrodo utilizado para soldar})$$

$$\tau_{adm\_esfuerzo\_cortante\_maximo} := \frac{\sigma f_{E90xx}}{2} = 2707.347 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n_{\text{soldadura\_electrodo\_contrapunta\_fija}} := \frac{\tau_{\text{adm\_esfuerzo\_cortante\_maximo}}}{\tau_{\text{resultante}}} = 1.434$$

(El material de aporte tiene una resistencia satisfactoria)

### Calculo de soldadura de la contrapunta fijada al chasis



$$F := 30 \text{ tonf} = 266.893 \text{ kN}$$

$$d := 212.75 \text{ mm}$$

(Distancia donde se aplica la fuerza, respecto de la base)

$$P_{\text{contrapunta\_fija}} := 25 \text{ kg}$$

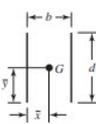
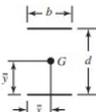
### Calculo de momento flector y resultantes

$$R_z := P_{\text{contrapunta\_fija}} = 25 \text{ kg}$$

$$R_y := F = 266.893 \text{ kN}$$

$$M_{fx} := F \cdot d = 56.782 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

### Baricentro de las soldaduras

Soldadura	Área de la garganta	Ubicación de G	Segundo momento unitario del área
	$A = 0.707hd$	$\bar{x} = 0$ $\bar{y} = d/2$	$I_y = \frac{d^3}{12}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_y = \frac{d^3}{6}$
	$A = 1.414hd$	$\bar{x} = b/2$ $\bar{y} = d/2$	$I_y = \frac{bd^2}{2}$

$$A1 = 1.414 \cdot h \cdot d1 \quad d1 := 250 \text{ mm} \quad h := 10 \text{ mm} \quad \text{Ancho de las soldaduras}$$

$$A2 = 1.414 \cdot h \cdot d2 \quad d2 := 250 \text{ mm} \quad b2 := 35 \text{ mm}$$

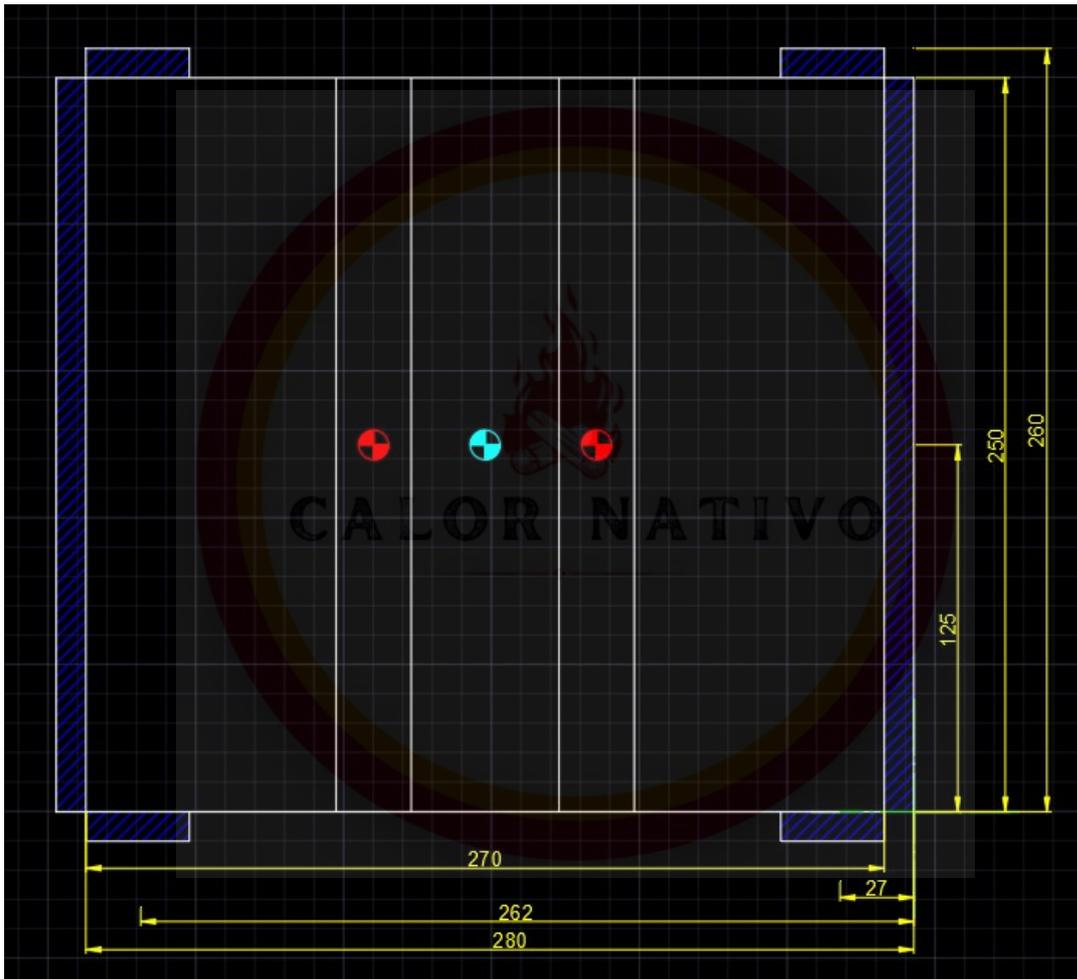
$$A1 := 1.414 \cdot h \cdot d1 = 35.35 \text{ cm}^2$$

$$A2 := 1.414 \cdot h \cdot d2 = 35.35 \text{ cm}^2$$

$$A_{total} := A1 + A2 + A2 = 106.05 \text{ cm}^2$$

$$x_{baricentro} := \frac{A1 \cdot 140 \text{ mm} + A2 \cdot 262.5 \text{ mm} + A2 \cdot 27.5 \text{ mm}}{A_{total}} = 143.333 \text{ mm}$$

$$y_{baricentro} := \frac{A1 \cdot 125 \text{ mm} + A2 \cdot 125 \text{ mm} + A2 \cdot 125 \text{ mm}}{A_{total}} = 125 \text{ mm}$$



### Momento de inercia de las soldaduras

$$I1 := 0.707 \cdot h \cdot \frac{d1^3}{6} = 1841.146 \text{ cm}^4$$

$$I2 := \frac{0.707 \cdot h \cdot b2 \cdot d2^2}{2} = 773.281 \text{ cm}^4$$

$$Ixc_{soldaduras} := (I1 + A1 \cdot (y_{baricentro} - y_{baricentro})^2) \downarrow = 2614.427 \text{ cm}^4$$

$$+ (I2 + A2 \cdot (y_{baricentro} - y_{baricentro})^2)$$

$$Iyc_{soldaduras} := (I1 + A1 \cdot (x_{baricentro} - x_{baricentro})^2) \downarrow = 2614.427 \text{ cm}^4$$

$$+ (I2 + A2 \cdot (x_{baricentro} - x_{baricentro})^2)$$

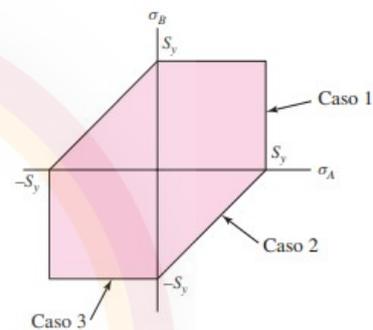
**Nota:** Los valores coinciden ya que el baricentro de las soldaduras elegidas (soldaduras paralelas) coincide con el baricentro de la configuración de las soldaduras.

Calculo de las tensiones de trabajo por medio de la teoría del esfuerzo cortante máximo para materiales dúctiles

$$\tau'_{primario} := \frac{Ry}{A_{total}} = 256.629 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau''_{secundario} := \frac{Mfx \cdot 125 \text{ mm}}{Ixc_{soldadura}} = 1965.524 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{resultante} := \sqrt{\tau'_{primario}^2 + \tau''_{secundario}^2} = 1982.207 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$



Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{S_y}{2n}$$

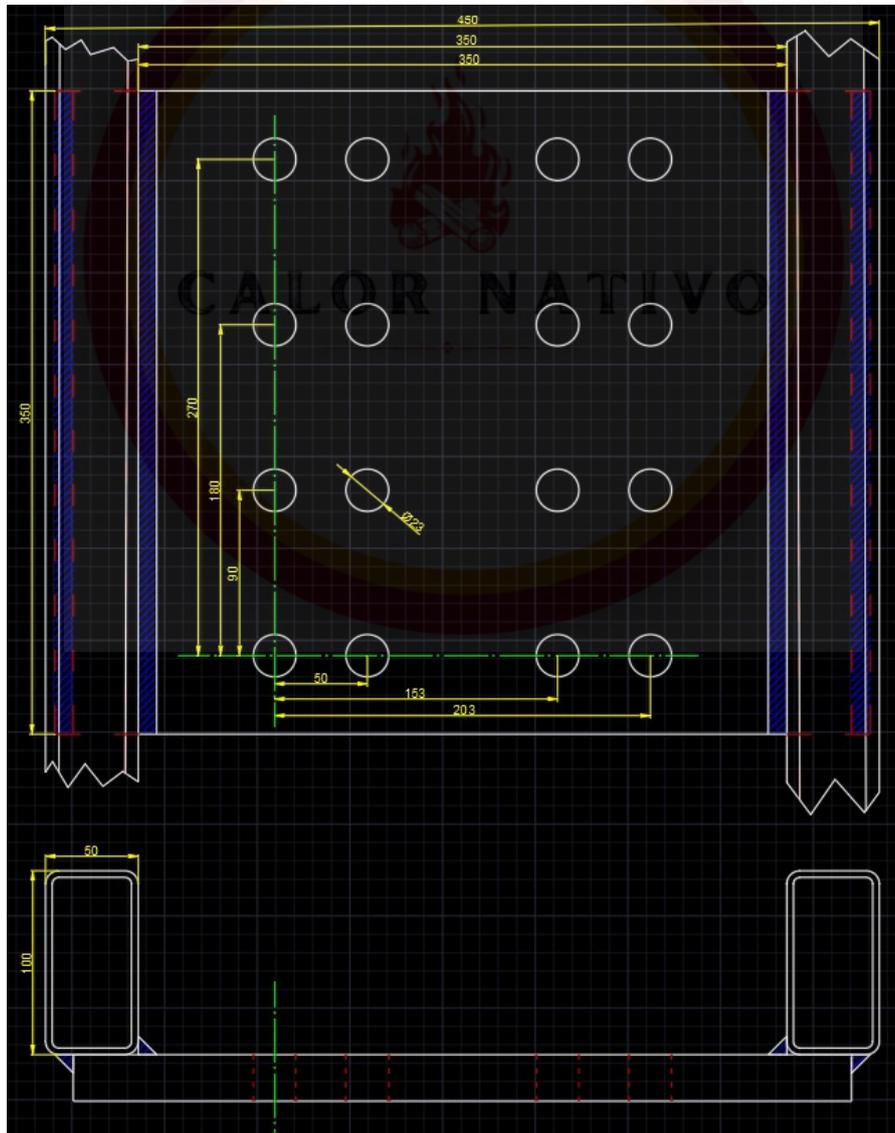
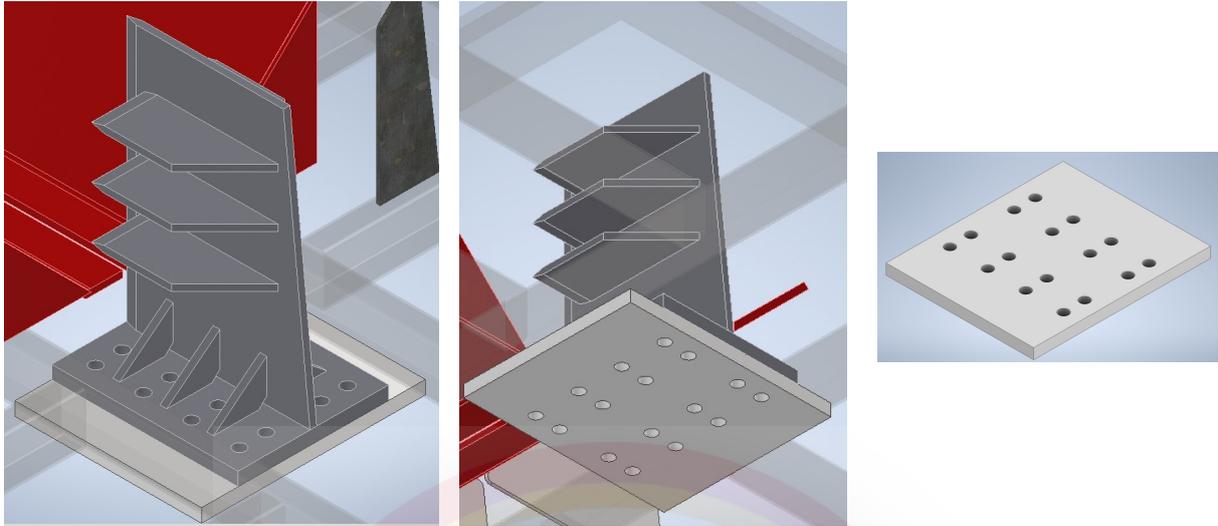
$$\sigma f_{E100xx} := 600 \text{ MPa} = 6118.297 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad (\text{Electrodo utilizado para soldar})$$

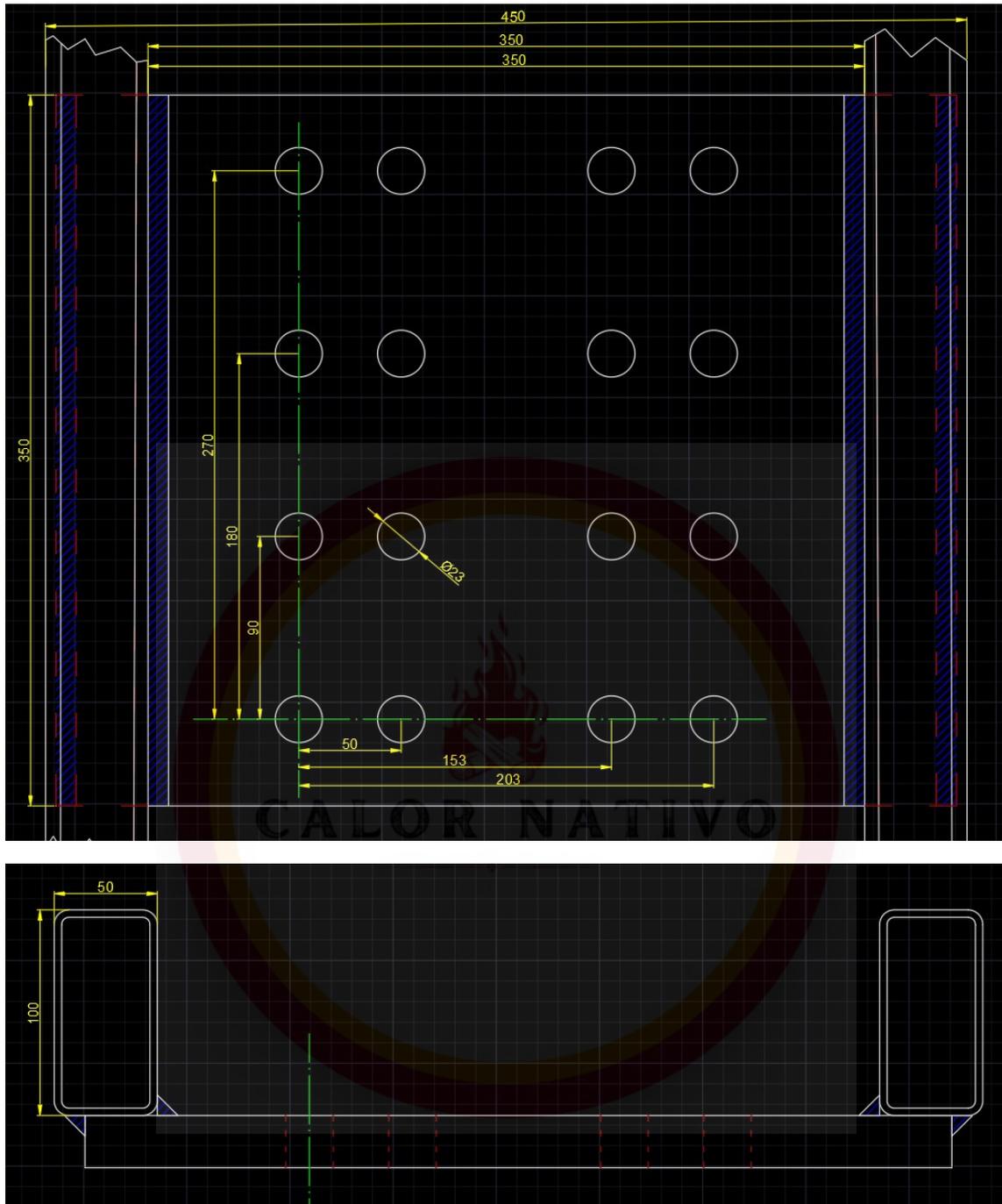
$$\tau_{adm\_esfuerzo\_cortante\_maximo} := \frac{\sigma f_{E100xx}}{2} = 3059.149 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n_{soldadura\_electrodo\_cuchilla\_principal} := \frac{\tau_{adm\_esfuerzo\_cortante\_maximo}}{\tau_{resultante}} = 1.543$$

(El material de aporte tiene una resistencia satisfactoria)

## Calculo de soldaduras de la placa soporte de la cuchilla





## Calculo de las soldaduras

### Calculo de momento flector y resultantes

$$P_{cuchilla} := 47.755 \text{ kg}$$

$$P_{placa\_soporte} := 28 \text{ kg}$$

$$F := 30 \text{ tonf} = 266.893 \text{ kN} \quad d_{distancia\_momento\_flector} := 300 \text{ mm} + 1 \text{ in} = 325.4 \text{ mm}$$

$$M_{fx} := F \cdot d_{\text{distancia\_momento\_flector}} = 86.847 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$R_z := P_{\text{cuchilla}} + P_{\text{placa\_soporte}} = 75.755 \text{ kg}$$

$$R_y := F = 266.893 \text{ kN}$$

### Calculo del baricentro de la pieza

$$h_1 := 15 \text{ mm} \quad (\text{Ancho del cordón de soldadura de filete interno})$$

$$h_2 := 10 \text{ mm} \quad (\text{Ancho del cordón de soldadura de filete externo})$$

$$d_{1_{\text{soldadura}}} := 350 \text{ mm} \quad (\text{Largo de soldadura interna})$$

$$d_{2_{\text{soldadura}}} := 350 \text{ mm} \quad (\text{Largo de soldadura externa})$$

$$A_1 := 1.414 \cdot h_1 \cdot d_{1_{\text{soldadura}}} = 74.235 \text{ cm}^2 \quad (\text{Soldadura interna})$$

$$A_2 := 1.414 \cdot h_2 \cdot d_{2_{\text{soldadura}}} = 49.49 \text{ cm}^2 \quad (\text{Soldadura externa})$$

$$A_{\text{total}} := A_1 + A_2 = 123.725 \text{ cm}^2$$

$$X_{\text{baricentro}} := \frac{A_1 \cdot 450 \frac{\text{mm}}{2} + A_2 \cdot 450 \frac{\text{mm}}{2}}{A_{\text{total}}} = 225 \text{ mm}$$

$$Y_{\text{baricentro}} := \frac{A_1 \cdot 350 \frac{\text{mm}}{2} + A_2 \cdot 350 \frac{\text{mm}}{2}}{A_{\text{total}}} = 175 \text{ mm}$$

### Calculo de los momentos de inercia

$$I_1 := \frac{0.707 \cdot h_1 \cdot d_{1_{\text{soldadura}}}^3}{6} = 7578.156 \text{ cm}^4$$

$$I_2 := \frac{0.707 \cdot h_2 \cdot d_{2_{\text{soldadura}}}^3}{6} = 5052.104 \text{ cm}^4$$

$$I_{xc} := \left( I_1 + A_1 \cdot \left( \frac{350 \text{ mm}}{2} - Y_{\text{baricentro}} \right)^2 \right) + \left( I_2 + A_2 \cdot \left( \frac{350 \text{ mm}}{2} - Y_{\text{baricentro}} \right)^2 \right) = 12630.26 \text{ cm}^4$$

(Inercia de la configuración de las soldaduras )

Calculo de las tensiones de trabajo por medio de la teoría del esfuerzo cortante máximo para materiales dúctiles

$$\tau'_{\text{primario}} := \frac{Ry}{A_{\text{total}}} = 219.968 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau''_{\text{secundario}} := \frac{Mfx \cdot \frac{350 \text{ mm}}{2}}{Ixc} = 1227.044 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\tau_{\text{resultante}} := \sqrt{\tau'_{\text{primario}}^2 + \tau''_{\text{secundario}}^2} = 1246.605 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Número de electrodo AWS*	Resistencia a la tensión, kpsi (MPa)	Resistencia a la fluencia, kpsi (MPa)	Elongación porcentual
E60xx	62 (427)	50 (345)	17-25
E70xx	70 (482)	57 (393)	22
E80xx	80 (551)	67 (462)	19
E90xx	90 (620)	77 (531)	14-17
E100xx	100 (689)	87 (600)	13-16
E120xx	120 (827)	107 (737)	14

$$\sigma_{f_{E90xx}} := 531 \text{ MPa} = 5414.693 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad (\text{Electrodo utilizado para soldar})$$

$$\tau_{\text{adm\_esfuerzo\_cortante\_maximo}} := \frac{\sigma_{f_{E90xx}}}{2} = 2707.347 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$n_{\text{soldadura\_placa\_soporte}} := \frac{\tau_{\text{adm\_esfuerzo\_cortante\_maximo}}}{\tau_{\text{resultante}}} = 2.172$$

## Calculo y selección cadena cinemática Reductor y transmisión cadena transportador troncos

### Velocidad lineal

Se comienza a calcular la velocidad a la cual el tronco va avanzar sobre los rodillos:

El tronco tiene que avanzar 40 cm (tocho a cortar) en un tiempo de 2s

$$l_{\text{tocho}} := 40 \text{ cm} \quad t_{\text{estimado}} := 2 \text{ s} \quad v_{\text{avance}} := \frac{l_{\text{tocho}}}{t_{\text{estimado}}} = 0.2 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

### Velocidad angular rodillo

La velocidad lineal que debe tener en tronco , se tiene que traducir a velocidad angular del rodillo motor:

$$v_{\text{lineal}} = w_{\text{angular}} \cdot \text{radio} \quad w_{\text{angular}} = \frac{v_{\text{lineal}}}{\text{radio}}$$

$$v_{\text{avance}} = 0.2 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad r_{\text{rolo}} := 30 \text{ mm}$$

$$w_{\text{rolo}} := \frac{v_{\text{avance}}}{r_{\text{rolo}}} = 63.662 \text{ rpm}$$

### Fuerza realizada por el rolo

Características del tronco:

$$l_{\text{tronco}} := 3 \text{ m}$$

$$D_{\text{tronco}} := 35 \text{ cm}$$

$$\delta_{\text{algarrobo}} := 820 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

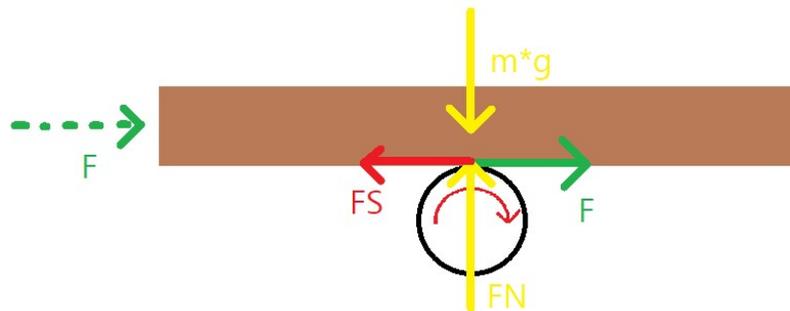
$$A_{\text{tronco}} := \frac{\pi \cdot D_{\text{tronco}}^2}{4} = 0.096 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{tronco}} := A_{\text{tronco}} \cdot l_{\text{tronco}} = 0.289 \text{ m}^3$$

$$P_{\text{tronco}} := V_{\text{tronco}} \cdot \delta_{\text{algarrobo}} = 236.68 \text{ kg}$$



Diagrama de cuerpo libre:



Fuerzas en Y:

$$\Sigma f_y := 0$$

$$FN - m \cdot g = 0$$

$$FN := P_{tronco} \cdot 9.8 \frac{m}{s^2} = (2.319 \cdot 10^3) \text{ N}$$

Fuerza de rozamiento:

$$\mu r_{madera\_caucho} := 0.46$$

$$Fs := \mu r_{madera\_caucho} \cdot FN = (1.067 \cdot 10^3) \text{ N}$$

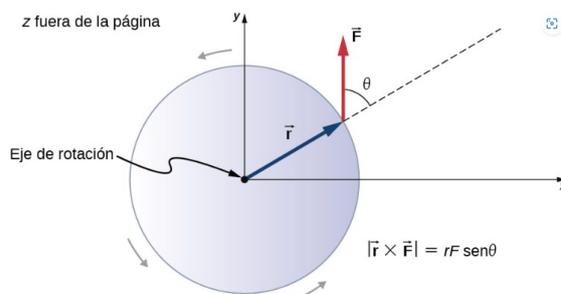
Fuerzas en x:

$$\Sigma f_x := 0$$

$$F - Fs = m \cdot a_x$$

$$F_{rolo} := Fs = (1.067 \cdot 10^3) \text{ N}$$

## Torque



$$\tau_{rolo} := r_{rolo} \cdot F_{rolo} \cdot \sin(90^\circ) = 32.009 \text{ N} \cdot \text{m}$$

## Potencia

$$P_{rolo} := \tau_{rolo} \cdot \omega_{rolo} = 0.213 \text{ kW}$$

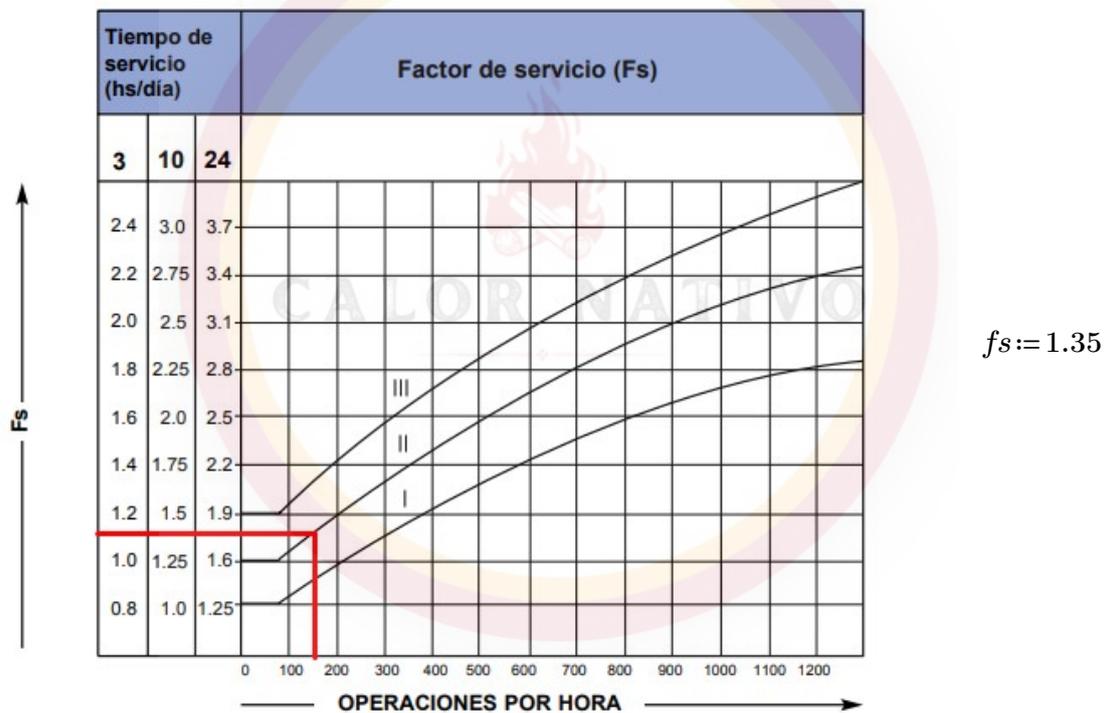
$$P_{rolo} = 0.286 \text{ hp}$$

## Selección del MOTOREDUCTOR

Factor de servicio (FS):

Ciclo de trabajo: 1 tronco de 3m se procesa en aproximadamente 190s, por lo tanto en una hora se procesa 19 troncos.

Arranques del motor: teniendo en cuenta que cada tronco tiene 3m y se cortan tochos de 40cm por lo tanto el motorreductor arranca por cada tronco 7.5 veces, en una hora tiene 142 arranques.



Relación de reducción:

Velocidad de entrada:  $n_e := 1500 \text{ rpm}$

Velocidad de salida:  $n_s := \omega_{rolo} = 63.662 \text{ rpm}$

$$i_{teorica} := \frac{n_e}{n_s} = 23.562$$

Preselección:

Moto-Reductor LENTAX SINFIN - CORONA 22

Relación Nominal: 25

Velocidad entrada: 1500rpm

Modelo Reductor: 21

Rendimiento: 0.75

Potencia Salida:

$$\eta_{reductor} = \frac{P_{salida\_reduc}}{P_{entrada\_reduc}}$$

$$P_{entrada\_reduc} = \frac{P_{salida\_reduc}}{\eta_{reductor}}$$

$$\eta_{reduc} := 0.75$$

$$P_{salida\_reduc} := P_{rolo} = 213.39 \text{ W}$$

$$P_{entrada\_reduc} := \frac{P_{salida\_reduc}}{\eta_{reduc}} = 0.382 \text{ hp}$$

$$P_{entrada\_reduc} = 0.285 \text{ kW}$$

**TABLA DE POTENCIAS MECÁNICAS Y TÉRMICAS**

		R 21			R 22			R 23			
Relación Nominal	Velocidad de Entrada (rpm)	Relación real	Potencias de Entrada		Relación real	Potencias de Entrada		Relación real	Potencias de Entrada		
			Mecánica (HP)	Térmica (HP)		Mecánica (HP)	Térmica (HP)		Mecánica (HP)	Térmica (HP)	Con Ventilador (HP)
10	1500	10.7	1.55	1.55	10	2.78	2.37	10.7	4.70	3.58	4.70
	1000		1.23	1.23		2.28	2.12		3.90	3.20	3.90
	750		1.01	1.01		1.91	1.91		3.29	2.91	3.29
	500		0.74	0.74		1.43	1.43		2.48	2.48	2.48
	300		0.48	0.48		0.95	0.95		1.65	1.65	1.65
15	1500	16.5	1.12	1.12	15.5	2.09	1.78	16.5	3.46	2.63	3.46
	1000		0.89	0.89		1.72	1.59		2.87	2.34	2.87
	750		0.74	0.74		1.45	1.45		2.42	2.13	2.42
	500		0.54	0.54		1.09	1.09		1.84	1.84	1.84
	300		0.36	0.36		0.72	0.72		1.23	1.23	1.23
20	1500	18.5	1.02	1.02	19	1.85	1.58	19.5	3.11	2.32	3.11
	1000		0.82	0.82		1.50	1.41		2.57	2.07	2.57
	750		0.67	0.67		1.26	1.26		2.18	1.88	2.18
	500		0.50	0.50		0.95	0.95		1.65	1.65	1.65
	300		0.33	0.33		0.63	0.63		1.10	1.10	1.10
25	1500	24	0.85	0.85	27	1.39	1.19	23.5	2.66	2.07	2.66
	1000		0.69	0.69		1.15	1.06		2.21	1.85	2.21
	750		0.58	0.58		0.98	0.98		1.87	1.68	1.87
	500		0.44	0.44		0.75	0.75		1.42	1.42	1.42
	300		0.29	0.29		0.50	0.50		0.95	0.95	0.95

## Selección del MOTOREDUCTOR

Potencia Entrada		Velocidad Salida aprox.	Relación	MODELO	Factor de Seguridad	Momento l	Velocidad Entrada aprox.	Carga Radial adm.	Carga Axial adm.	Peso aprox.	Medidas	Repuestos
kW	HP	(RPM)	(i)		(fz)	(Nm)	(RPM)	(kg)	(kg)	(kg)	Página	Página
		23,2	39,00	<b>22</b>	<b>0,50 /6</b>	1,70	105	905	395	255	27	pag 39 pag 50-51
		29,2	31,00	<b>22</b>	<b>0,50 /6</b>	2,00	85	905	395	255	27	pag 39 pag 50-51
		33,5	27,00	<b>22</b>	<b>0,50 /6</b>	2,30	78	905	395	255	27	pag 39 pag 50-51
		47,6	19,00	<b>22</b>	<b>0,50 /6</b>	3,00	61	905	305	175	27	pag 39 pag 50-51
		58,4	15,50	<b>22</b>	<b>0,50 /6</b>	3,45	50	905	305	175	27	pag 39 pag 50-51
		17,0	79,00	<b>22</b>	<b>0,50</b>	1,00	128	1370	420	270	22	pag 39 pag 50-51
		23,0	59,00	<b>22</b>	<b>0,50</b>	1,25	99	1370	395	255	22	pag 39 pag 50-51
		29,0	48,00	<b>22</b>	<b>0,50</b>	1,80	84	1370	395	255	22	pag 39 pag 50-51
		35,0	39,00	<b>22</b>	<b>0,50</b>	2,10	73	1370	395	255	22	pag 39 pag 50-51
		44,0	31,00	<b>22</b>	<b>0,50</b>	2,40	59	1370	305	175	22	pag 39 pag 50-51
		51,0	27,00	<b>22</b>	<b>0,50</b>	2,80	54	1370	305	175	22	pag 39 pag 50-51
		72,0	19,00	<b>22</b>	<b>0,50</b>	3,70	41	1370	260	150	22	pag 39 pag 50-51
		27,4	33,00	<b>21</b>	<b>0,50 /6</b>	1,10	87	905	225	145	20	pag 39 pag 50-51
		33,5	27,00	<b>21</b>	<b>0,50 /6</b>	1,25	76	905	225	145	20	pag 39 pag 50-51
		37,7	24,00	<b>21</b>	<b>0,50 /6</b>	1,40	68	905	225	145	20	pag 39 pag 50-51
		48,9	18,50	<b>21</b>	<b>0,50 /6</b>	1,65	57	905	180	100	20	pag 39 pag 50-51
		54,8	16,50	<b>21</b>	<b>0,50 /6</b>	1,80	52	905	180	100	20	pag 39 pag 50-51
		84,8	10,67	<b>21</b>	<b>0,50 /6</b>	2,45	36	905	150	85	20	pag 39 pag 50-51
		28,0	49,00	<b>21</b>	<b>0,50</b>	1,00	79	1370	225	145	15	pag 39 pag 50-51
		37,0	37,00	<b>21</b>	<b>0,50</b>	1,20	66	1370	225	145	15	pag 39 pag 50-51
		42,0	33,00	<b>21</b>	<b>0,50</b>	1,35	61	1370	180	100	15	pag 39 pag 50-51
		51,0	27,00	<b>21</b>	<b>0,50</b>	1,55	52	1370	180	100	15	pag 39 pag 50-51
		57,0	24,00	<b>21</b>	<b>0,50</b>	1,70	47	1370	180	100	15	pag 39 pag 50-51
		<b>74,0</b>	<b>18,50</b>	<b>21</b>	<b>0,50</b>	<b>2,05</b>	<b>39</b>	<b>1370</b>	<b>180</b>	<b>100</b>	<b>15</b>	<b>pag 39 pag 50-51</b>
		83,0	16,50	<b>21</b>	<b>0,50</b>	2,25	36	1370	150	85	15	pag 39 pag 50-51
		128,0	10,67	<b>21</b>	<b>0,50</b>	3,10	25	1370	120	60	15	pag 39 pag 50-51

$$P_{entrada} := 0.38 \text{ kW}$$

$$\tau := 39 \text{ N}\cdot\text{m} \quad fz := 2.05$$

$$C_{radial} := 180 \text{ kg}$$

$$w_{salida} := 74 \text{ rpm}$$

$$w_{entrada} := 1370 \quad i := 18.50$$

$$C_{axial} := 100 \text{ kg}$$

$$Peso := 15 \text{ kg}$$

### Verificaciones:

Debe verificarse que el factor de seguridad sea mayor o igual que el factor de servicio

$$fs = 1.35$$

$$fz = 2.05$$

$$fs < fz = 1$$

VERIFICA

Potencias:

$$Ns \leq \frac{Nm \cdot r}{Fs}$$

Ns = Potencia necesaria en el eje de salida

Nm = Potencia del motor electrico

r = rendimiento reductor

Fs = factor de servicio

$$Ns := P_{rolo} = 0.213 \text{ kW}$$

$$Nm := 0.37 \text{ kW}$$

$$r := 0.75$$

$$fs = 1.35$$

$$\frac{Nm \cdot r}{fs} = 0.206 \text{ kW}$$

$$Ns < Nm = 1$$

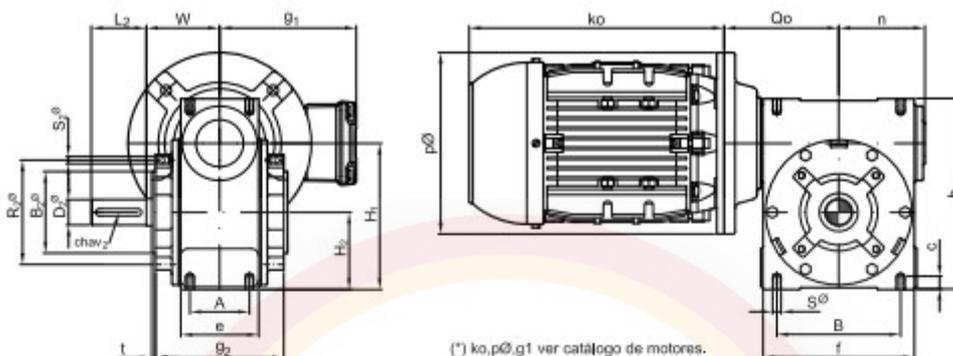
VERIFICA

## MOTOREDUCTOR Seleccionado



210/0.5/74/PM/ SERIE U

1a



Modelo	D2ø	L2	chav 2	H1	H2	A	B	Sø	Qo	W	
21	mm	19	40	6 x 6	110	60	50	95	1/4"	95	65
22	mm	24	50	8 x 7	133	70	55	115	5/16"	105	75
23	mm	28	60	8 x 7	161	85	65	135	3/8"	125	80
24	mm	38	80	10 x 8	215	115	85	190	1/2"	155	107,5
25	mm	48	110	14 x 9	265	140	100	230	5/8"	190	120
26	mm	58	110	16 x 10	315	165	120	265	3/4"	210	140

Modelo	B2ø	R2ø	S2ø	e	f	t	c	h	g2	n	Peso kg	aceite lts	
21	mm	60	77	1/4"	66	116	3	12	145	102	75	8,5	0,35
22	mm	75	90	1/4"	75	135	3	14	180	120	85	15,5	0,65
23	mm	90	115	5/16"	85	165	4	16	210	140	95	23,0	1,05
24	mm	120	150	3/8"	110	225	4	25	270	175	132	38,0	1,75
25	mm	150	180	1/2"	135	275	5	25	335	200	160	55,0	3,15
26	mm	175	210	1/2"	160	315	5	35	390	244	180	79,0	5,40

[http://lentax.com/pdf/catalogos/Catalogo%20122\\_Rev\\_19\\_09\\_2019.pdf](http://lentax.com/pdf/catalogos/Catalogo%20122_Rev_19_09_2019.pdf)

## Calculo de la carga radial

La carga radial provocada por un elemento de transmisión puede calcularse con:

$$Pr = \frac{M \cdot k \cdot k1 \cdot f}{\frac{Dp}{2}}$$

M = momento torsor necesario en el eje de salida (Kgr cm.)

Dp = diámetro primitivo del elemento de reducción aplicado en el eje de salida

(cm) k = constante según el tipo de reducción

k = 1,0 engranajes

k = 1,4 piñon y cadena

k = 1,8 correas en V

k = 2,2 correas planas

k1 = constante según el tipo de construcción

k1 = 1 en equipo standard

k1 = 0.7 en equipo con trompa para agitador (AG)

f = factor de corrección para el caso de carga aplicada fuera del centro del extremo de eje standard.

Siendo

$$f = 1 + \frac{e}{L}$$

Donde

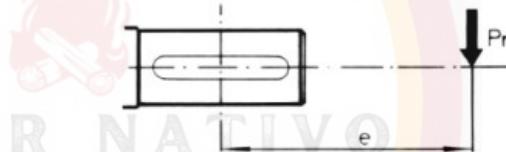
e = distancia de punto de aplicación al centro del eje (cm.)

Además

L = sale de Tabla (Lstd o Lag, pág. 11)

En todo caso deberá verificarse que:

$$Pr \leq P ad.$$



$$\tau_{rolo} = 326.397 \text{ kgf} \cdot \text{cm}$$

$$D_p := 20$$

$$k := 1.4$$

$$k1 := 1$$

$$M := 326.397$$

$$e := 5 \quad L_r := 5.2$$

$$f := 1 + \frac{e}{L_r} = 1.962$$

$$Pr := \frac{M \cdot k \cdot k1 \cdot f}{\frac{D_p}{2}} = 89.634$$

$$Pad_{rad} := 150 \text{ kg}$$

$$Pad_{ax} := 85 \text{ kg}$$

VERIFICA

## Selección Moto- Reductor WEG

<https://cat4cad.wattdrive.com/cat4cad2/>

Preselección

Versión 6.0.2568.434  


	Reductores de la serie WG20
	Reductores de la serie MAS
	Sistema motores

Gear units and Geared motors

Versión 6.0.2568.434  


	Moto-reductor WG20
	Motorreductor ATEX - DOL
	Motorreductor WG20 con accionamiento de motor descentralizado MW500
	Reductor
	Reductor ATEX

Selección tipo

Versión 6.0.2568.434  


<b>C</b>		<input type="checkbox"/> Moto-reductores helicoidales
<b>F</b>		<input type="checkbox"/> Moto-reductor plano de ejes paralelos
<b>K</b>		<input checked="" type="checkbox"/> Moto-reductor ortogonal

**Búsqueda moto-reductores** Versión 6.0.2668.434

Velocidad de salida	<.> 65 70 [r.p.m.]	Rendimiento $\eta$	IE3 $\leq$ 2.2 kW (Multi-voltaje)
Par de salida	<.> 35 40 [Nm]	Gama motores	sin entrada
Potencia motor $P_N$	= sin entrada [kW]	Tamaño reductor	sin entrada sin entrada
Factor de servicio $f_B$	<.> 0.8	Tamaño motor	sin entrada
Temperatura ambiente	+20 [°C]	No. de polos	sin entrada
Régimen de servicio	S1	Alimentación	sin entrada
Ejecución entrada	montaje directo	Frecuencia nominal motor	50 Hz

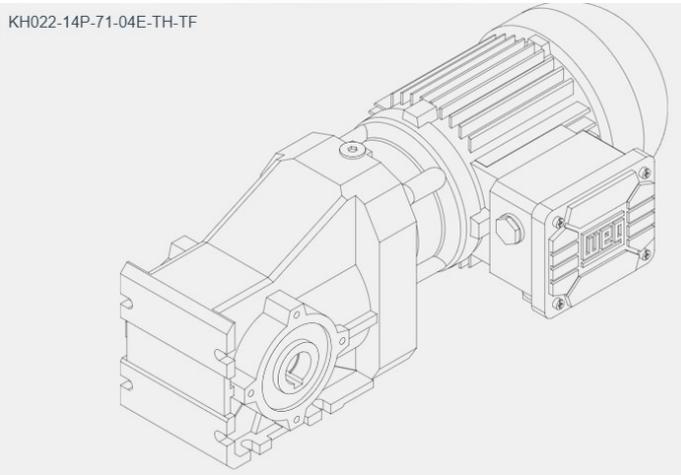
Tipo	Velocidad salida [r.p.m.]	Par de salida $M_2$ [Nm]	Factor de servicio $f_B$	Etapas de reducción	Relación de reducción $i$	Potencia motor $P_N$ [kW]	$\eta$	Bobinado	Potencia térmica máx. permanente a +20°C y (modo) de operación S1 $P_{Tzul}$ [kW]	Comparación $P_N$ to $P_{Tzul}$
K022-14P-71-04E	67	36	2.90	2	20.63	0.25	IE3	MULTI	5.1	

**Características reductor :**

Potencia térmica máx. permanente a +20 °C y servicio S1 :	5.1	[kW]
Velocidad de salida :	67	[r.p.m.]
Par de salida :	36	[Nm]
Factor de servicio :	2.90	
Gear stages :	2	
Relación de reducción :	20.63	
Juego circunferencial (min-máx) :	7' - 14'	
Par de entrada admisible $FB1$ :	5.3	[Nm]
Velocidad entrada máx. perm. :	6000	[r.p.m.]
Forma montaje :	M1	
Eje hueco :	$\varnothing$ 25 H7	[mm]
Chavetero :	DIN6885.1	
Material del eje de salida :	C45E (1.1191)	
Pintura :	LC1 - Instalación interior, atmósfera neutra NDFT 60 $\mu$ m (C1 - DIN EN ISO 12944-5)	
Color :	RAL 7011 (Gris hierro)	

**Características motor :**

Serie :	Motor Modular WEG (Multi-voltaje)	
Housing material :	Aluminio	
Rendimiento $\eta$ :	IE3-73.5%	
Serie motores :	14P	
Potencia motor :	0.25	[kW]
Velocidad nominal :	1380	[r.p.m.]
Par nominal :	1.7	[Nm]
Tensión :	230/400	[V]
Frecuencia :	50	[Hz]
Conexionado :	D/Y	
Intensidad nominal :	1.19 / 0.68	[A]
Arranque a intensidad nominal :	4.8	
'cos $\phi$ ' :	0.72	
Grado de protección :	IP 55	
Posición caja bornes :	Lado 1 entrada cable lado I	
Clase aislamiento :	F	
Momento de inercia :	$0.7 \times 10^{-3}$	[kgm <sup>2</sup> ]
Rango de tensión - 50 Hz :	220-240 V (D), 380-420 V (Y)	



## Selección de Cadenas de Transmisión

### DATOS:

Revoluciones salida reductor:  $n_1 := 67 \text{ rpm}$

Relación de transmisión:  $i := 1$

Tiempo de servicio:  $H_s := 8 \text{ hr} \div \text{day}$

Potencia motor:  $Pot_{nom} := 0.25 \text{ kW}$

### RESOLUCIÓN:

#### 1. Selección de las ruedas dentadas:

Con la siguiente tabla buscamos una pareja de número de dientes que nos dé una relación de transmisión más aproximada a la que nos pide el enunciado.

*Tabla N° 1: Reducciones con diámetros recomendados – Catálogo Renolds – Página 27*

Chart 1 Chain Reduction Ratios to One Using Preferred Sprockets

No. of Teeth Driven Sprocket Z2	No. of Teeth Drive Sprocket Z1					
	15	17	19	21	23	25
25	-	-	-	-	-	1.00
38	2.53	2.23	2.00	1.80	1.65	1.52
57	3.80	3.35	3.00	2.71	2.48	2.28
76	5.07	4.47	4.00	3.62	3.30	3.04
95	6.33	5.59	5.00	4.52	4.13	3.80
114	7.60	6.70	6.00	5.43	4.96	4.56

Relación de transmisión objetivo:  $i = 1$

Número de dientes piñon motor:  $z_1 := 25$

Número de dientes piñon conducido:  $z_2 := 25$

Relación de transmisión real:  $i_{real} := \frac{z_2}{z_1} = 1$

#### 2. Cálculo de la velocidad de rotación del piñon conducido

Velocidad piñon conducido:  $n_2 := n_1 \div i_{real} = 67 \text{ rpm}$

#### 3. Determinación del factor de servicio.

El motor a utilizar será considerado como eléctrico de arranque frecuente

*Tabla N° 2: Selección del factor de corrección – Catálogo Renolds – Página 48*

**Chart 2** Factor  $f_1$  takes account of any dynamic overloads depending on the chain operating conditions. The value of factor  $f_1$  can be chosen directly or by analogy using chart 2.

DRIVEN MACHINE CHARACTERISTICS		CHARACTERISTICS OF DRIVER		
		SMOOTH RUNNING Electric Motors, Steam and Gas Turbines, Internal Combustion Engines with Hydraulic coupling	SLIGHT SHOCKS Internal Combustion Engines with 6 cyls or more with mechanical Coupling, Electric Motors with frequent starts	MODERATE SHOCKS Internal Combustion Engines with less than 6 cyls, with mechanical coupling
SMOOTH RUNNING	Centrifugal Pumps and Compressors, Printing Machines, Paper Colanders, Uniformly Loaded Conveyors, Escalators, Liquid Agitators and Mixers, Rotary Driers, Fans	1	1.1	1.3
MODERATE SHOCKS	Pumps and Compressors (3+ cyls), Concrete Mixing Machines, Non uniformly Loaded Conveyors, Solid Agitators and Mixers	1.4	1.5	1.7
HEAVY SHOCKS	Planers, Excavators, Roll and Ball Mills, Rubber Processing Machines, Presses and Shears 1 & 2 Cyl Pumps and Compressors, Oil Drilling Rigs	1.8	1.9	2.1

Factor de servicio:  $f_1 := 1.4$

#### 4. Determinación del factor de dientes.

El uso de este factor modifica la potencia final de selección, Este factor se selecciona en base al número de dientes de la rueda conducida de la siguiente tabla:

*Tabla N° 3: Selección del factor de dientes – Catálogo Renolds – Página 48*

##### Tooth Factor $f_2$

The use of a tooth factor further modifies the final power selection. The choice of a smaller diameter sprocket will reduce the maximum power capable of being transmitted since the load in the chain will be higher.

f2 factors for standard sprocket sizes	
Z1	f2
15	1.27
17	1.12
19	1.00
21	0.91
23	0.83
25	0.76

Número de dientes motor:  $z_1 = 25$

Factor de dientes:  $f_2 := 0.76$

### 5. Determinación de la potencia de selección

Multiplique la potencia a transmitir por los factores obtenidos anteriormente. Esta potencia de selección ahora se puede usar con la tabla de clasificación adecuada.

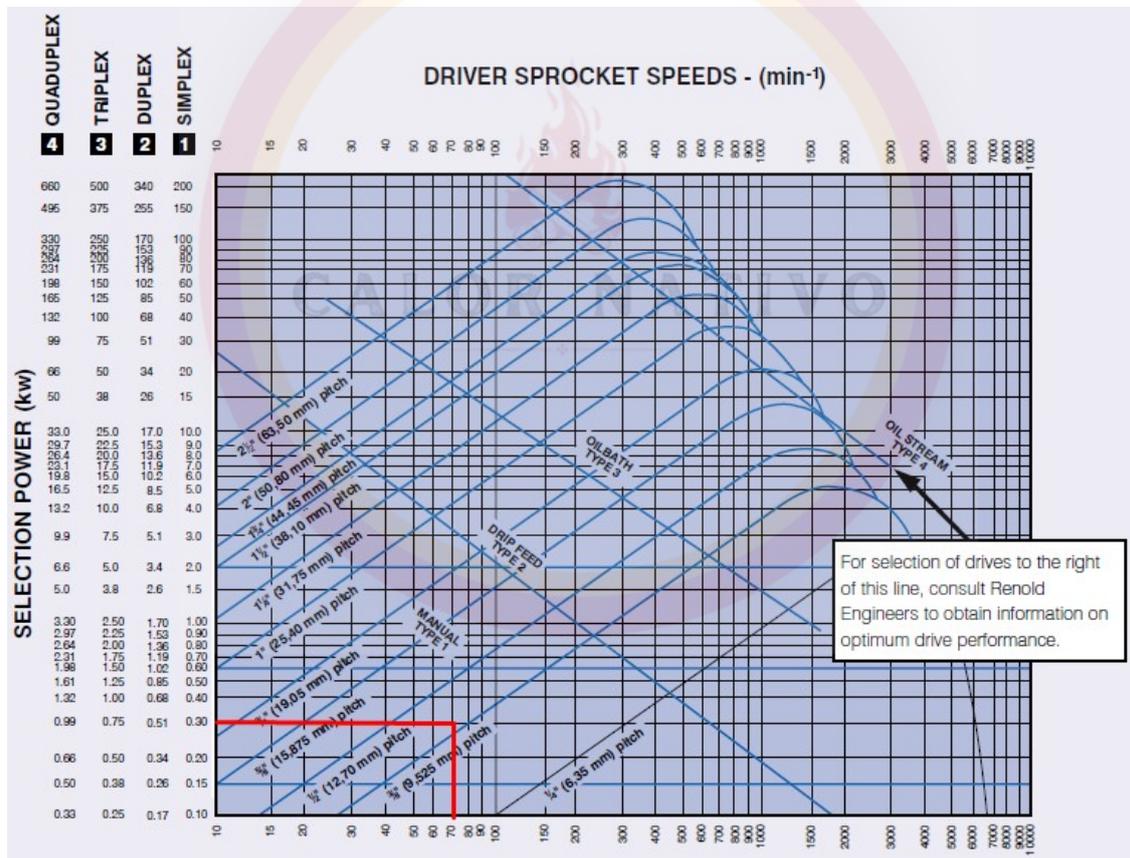
Potencia nominal:  $Pot_{nom} = 0.25 \text{ kW}$

Potencia de selección:  $Pot_{select} := Pot_{nom} \cdot f1 \cdot f2 = 0.266 \text{ kW}$

### 6. Selección de la cadena

Se ingresa al siguiente gráfico con el número de revoluciones por minuto del piñón motriz en ordenadas y la potencia de selección en abscisas.

Gráfico N° 1: Diagrama de selección de cadenas americanas – Catálogo Renolds - Pág 29



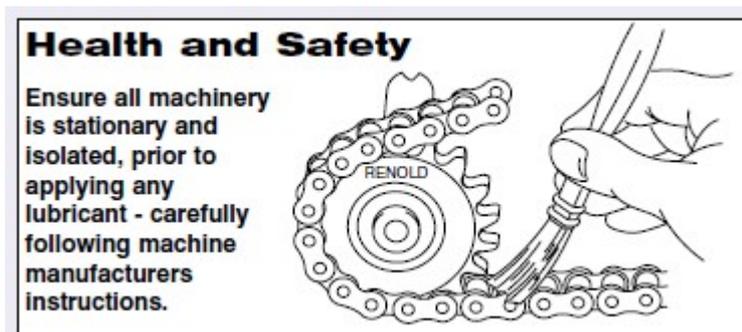
Revoluciones piñón:  $n1 = 67 \text{ rpm}$

Paso preseleccionado:  $paso := \frac{3}{8} \text{ in}$

Potencia de selección:  $Pot_{select} = 0.266 \text{ kW}$

Cantidad de ramales resultantes:  $z_{cadenas} := 1$

También el grafico anterior nos indica que la lubricación debe ser del TIPO 1



## 7. Determinación de la longitud de la cadena

Paso previo a la determinación de la longitud adoptamos una distancia entre centros. El fabricante nos recomienda en la siguiente tabla:

Tabla: Distancia entre centros recomendadas – Catálogo Renolds - Pag 25

Recommended centre distances for drives are:

Pitch	Inch	¾	½	⅝	⅜	1	1¼	1½	1¾	2	2½	3
	mm	9.525	12.70	15.87	19.05	25.40	31.75	38.1	44.45	50.80	63.50	76.20
Centre Distance mm		450	600	750	900	1000	1200	1350	1500	1700	1800	2000

Distancia entre ejes recomendada:  $C := 450 \text{ mm}$

Se calcula la longitud de la cadena en términos de cantidad de pasos. Según el fabricante debe redondearse al número par inmediato superior. Se deben evitar los números impares ya que esto implica usar un eslabón tipo "cranked link".

$$\text{Longitud de la cadena: } long := \text{ceil} \left( \frac{z1 + z2}{2} + \frac{2 \cdot C}{\text{paso}} + \frac{\left( \frac{z2 - z1}{2\pi} \right)^2 \cdot \text{paso}}{C} \right) = 120$$



Eslabón tipo cranked.

## 8. Recalculo de distancia exacta entre ejes

La distancia central real para la longitud de la cadena (L) calculada por el método anterior, en general será mayor que la contemplada originalmente. La distancia al centro revisada se puede calcular a partir de la fórmula a continuación.

Distancia entre ejes corregida:

$$C := \frac{\text{paso}}{8} \cdot \left( 2 \cdot long - z2 - z1 + \sqrt{(2 \cdot long - z2 - z1)^2 - \frac{\pi}{3.88} (z2 - z1)^2} \right) = 452.438 \text{ mm}$$

### RESULTADO DE SELECCIÓN

Paso de la cadena:  $\text{paso} = 9.525 \text{ mm}$   
 Ramales de la cadena:  $z_{\text{cadenas}} = 1$   
 Lubricación TIPO 3: Lubricación por inmersión  
 Piñón conducido:  $z1 = 25$   
 Piñón motriz:  $z1 = 25$   
 Longitud de cadena:  $i_{\text{real}} = 1 \quad \text{long} = 120$   
 Relación de transmisión

### Orden de pedido de la cadena

Con el paso de 3/8" y con el número de hileras seleccionamos del catálogo según normas ANSI, se selecciona una ISO 40 - Renold chain nº GY35A1

Chain Ref.		Technical Details (mm)													Connecting Links							
Renold Chain No.	ANSI Ref.	Pitch (inch)	Pitch (mm)	Inside Width	Roller Diam.	Plate Height	Plate Width Inner	Plate Width Outer	Pin Diam.	Pin Length	Conn. Link Extension	Transverse Pitch	ISO606 Tensile Strength (Newtons)	Weight kg/m	No. 4	No. 107	No. 11	No. 26	No. 58	No. 12	No. 30	
				MIN	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	NOM	MIN									
<b>ANSI Standard - Simplex</b>																						
		A	A	B	C	D	E	F	G	H1	J	K										
GY35A1 <sup>o</sup>	35-1	0.375	9.525	4.68	5.08	8.60	1.29	1.29	3.59	12.0	1.7	-	7900	0.35	✓	✓	-	✓	-	✓	✓	
GY40A1	40-1	0.500	12.700	7.85	7.92	11.20	1.55	1.55	3.97	16.4	2.1	-	13900	0.60	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	
GY50A1	50-1	0.625	15.875	9.40	10.16	14.60	2.04	2.04	5.08	20.4	2.7	-	21800	1.00	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	
GY60A1	60-1	0.750	19.050	12.57	11.91	17.50	2.45	2.45	5.94	25.3	2.6	-	31300	1.47	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	
GY80A1	80-1	1.000	25.400	15.75	15.88	24.13	3.25	3.25	7.94	32.7	3.0	-	55600	2.80	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	
GY100A1	100-1	1.250	31.750	18.90	19.05	30.17	4.06	4.06	9.54	39.7	4.2	-	87000	4.20	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	
GY120A1	120-1	1.500	38.100	25.23	22.23	36.20	4.80	4.80	11.11	49.3	5.3	-	125000	5.70	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	
GY140A1	140-1	1.750	44.450	25.23	25.40	42.23	5.61	5.61	12.71	52.9	5.2	-	170000	7.80	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	
GY160A1	160-1	2.000	50.800	31.55	28.58	48.26	6.35	6.35	14.29	63.1	6.5	-	223000	10.40	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	

### Orden de pedido del piñón y la rueda

Piñones con paso de 3/8" seleccionamos en función de los dientes necesarios y el número de hileras (simplex).

Piñón conductor:  $z1 = 25$  - T08B1/25T

Piñón conducido:  $z2 = 25$  - T08B1/25T

Technical Details (mm)			Simplex				Duplex				Triplex			
No. of Teeth	PCD	Top Diam.	Part No.	Taper Bush	Boss Diam.	Dist. Thro.	Part No.	Taper Bush	Boss Diam.	Dist. Thro.	Part No.	Taper Bush	Boss Diam.	Dist. Thro.

#### Taper Bore - steel

	A	C		E	F		E	F		E	F			
15	61.08	65.9	T08B1/15T	TB1008	45.0	22.0	T08B2/15T	TB1008	48.0	22.0	-			
17	69.12	74.0	T08B1/17T	TB1210	60.0	25.0	T08B2/17T	TB1210	56.0	25.0	-			
19	77.16	82.0	T08B1/19T	TB1210	63.0	25.0	T08B2/19T	TB1210	64.0	25.0	T08B3/19T	TB1215	62.0	38.0
21	85.21	90.1	T08B1/21T	TB1610	71.0	25.0	T08B2/21T	TB1610	71.0	25.0	T08B3/21T	TB1615	70.0	38.0
23	93.27	98.1	T08B1/23T	TB1610	76.0	25.0	T08B2/23T	TB1610	79.0	25.0	T08B3/23T	TB1615	70.0	38.0
25	101.33	106.2	T08B1/25T	TB1610	76.0	25.0	T08B2/25T	TB2012	87.0	32.0	T08B3/25T	TB2017	-	34.9

#### Taper Bore - heavy duty cast iron

	A	C		E	F		E	F		E	F			
38	153.79	158.6	T08B1/38T	TB2012	90.0	32.0	T08B2/38T	TB2012	100.0	32.0	T08B3/38T	TB2017	-	34.9
57	230.54	237.1	T08B1/57T	TB2012	110.0	32.0	T08B2/57T	TB2012	110.0	32.0	T08B3/57T	TB2017	110.0	45.0
76	307.33	313.9	T08B1/76T	TB2012	110.0	32.0	T08B2/76T	TB2012	110.0	32.0	T08B3/76T	TB2525	130.0	64.0
95	384.11	390.7	T08B1/95T	TB2012	110.0	32.0	T08B2/95T	TB2012	110.0	32.0	-	-	-	-
114	460.90	467.4	T08B1/114T	TB2017	110.0	32.0	T08B2/114T	TB2517	125.0	45.0	-	-	-	-

Rebore, keyway and setscrew modification service available - see page 81

## Selección de Cadenas de Transmisión SOFT SKF

SKF
🏠

Ayuda Idioma: Español

1 Información
2 Resultados
3 Detalles

Herramienta de diseño de una transmisión por cadena en 3 pasos

Selección de piñones

Selección de la cadena y datos de partida

Cadena BS (Estándar)

Cadena BS (Dacrotized, níquel, cinc)

Cadena BS de doble paso

Cadena ANSI (estándar)

Cadena ANSI para trabajos pesados

Cadena ANSI para trabajos ultra pesados

Cadena ANSI (Dacrotized, níquel, cinc)

Cadena ANSI de doble paso

Potencia del motor (kW)   + Factor de servicio

Velocidad del lado conductor (DR) (rpm)   Velocidad del lado conducido (DN) (rpm)

DriveN speed tolerance +/- (%)

Número de eslabones en la cadena  Sólo par  Par e impar

Número de dientes del lado conductor (DR)  Sólo impar  Par e impar

Número de dientes del lado conducido (DN)  Sólo impar  Par e impar

Distancia entre centros (mm)  Óptimo  Insertar

Tolerancia de la distancia entre centros + (%)

Tolerancia de la distancia entre centros - (%)

Rango de dientes de piñón más pequeño

Temperatura (°C)

Diámetro del eje del lado conductor (DR) (mm)   Diámetro del eje del lado conducido (DN) (mm)

Reiniciar
Siguiente paso

SKF
🏠

Ayuda Idioma: Español

1 Información
2 Resultados
3 Detalles

Datos de partida:

Potencia nominal [kW]: 0,25

Par nominal [Nm]: 35,63

Factor de servicio requerido: 1,06

Velocidad del lado conductor (DR) [rpm]: 67

Velocidad del lado conducido (DN) [rpm]: 67

Transmisión:

Distancia real entre centros [mm]: 755,65

Velocidad real de la transmisión [rpm]: 67

Cadena:

Referencia: PHC 40-1X10FT

Factor de servicio real: 2,42

Potencia nominal de la cadena [kW]: 0,61

Número de eslabones en la cadena: 144

Velocidad de la cadena [m/s]: 0,36

Velocidad máxima admisible de la cadena [m/s]: 19,47

Longitud de la cadena [mm]: 1828,8

La transmisión propuesta requerirá 1 caja(s) de 10 pies.

Piñón del lado conductor (DR):

Referencia: PHS 41-1BH25

Diámetro de referencia [mm]: 101,33

Número de dientes: 25

Paso de la cadena [mm]: 12,7

Piñón del lado conducido (DN):

Referencia: PHS 41-1BH25

Diámetro de referencia [mm]: 101,33

Número de dientes: 25

Paso de la cadena [mm]: 12,7

**Tipo(s) de lubricación recomendado(s): Tipo I**  
 Lubricación manual - El aceite se aplica manualmente con un cepillo o desde un bidón de aceite

5º Año Ingeniería Electromecánica  
 Alonso Augusto - Morales Nahuel - Siri Enzo

Lubricación por goteo - Por medio de un sistema de goteo, el aceite se conduce a través de un sumidero, y a un ritmo previamente fijado, a los engrasadores

**Fuerzas:**

Fuerza tensora [N]:	703
Fuerza centrífuga [N]:	0
Fuerza de rotura [N]:	14172
Fuerza sobre la cadena [N]:	703
Coefficiente estático de seguridad frente a rotura:	20,15
Coefficiente dinámico de seguridad frente a rotura:	19,01
Presión en la unión de la cadena [Mpa]:	15,99
Nivel de seguridad de la unión de la cadena:	1,66
Laxitud máxima de la cadena [mm]:	15,11

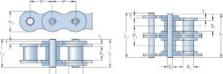
Diseño no estándar. Le rogamos se ponga en contacto con SKF para recibir más información.

Resultados del cálculo



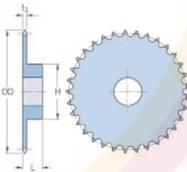
**Cadena**  
PHC 08B-1X10FT

PHC 08B-1X10FT	
Paso P (mm)	12.7
Diámetro del rodillo d1 max (mm)	8.51
Anchura del casquillo del pasador b1 min (mm)	7.75
Diámetro del pasador d2 max (mm)	4.45
Altura de la placa h2 max (mm)	11.8
Grosor de la placa del eslabón T max (mm)	1.6
Peso (kg/m)	0.69



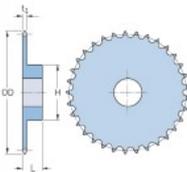
**Piñón del lado conductor (DR)**  
PHS 41-1BH25

PHS 41-1BH25	
Paso P (pulg.)	0.5
Número de dientes	25
Diámetro (pulg.)	4.26
Agujero mínimo (pulg.)	0.63
Agujero máximo (pulg.)	2.25
Cubo H (pulg.)	3.25
Cubo L (pulg.)	1
Peso (lbs)	-

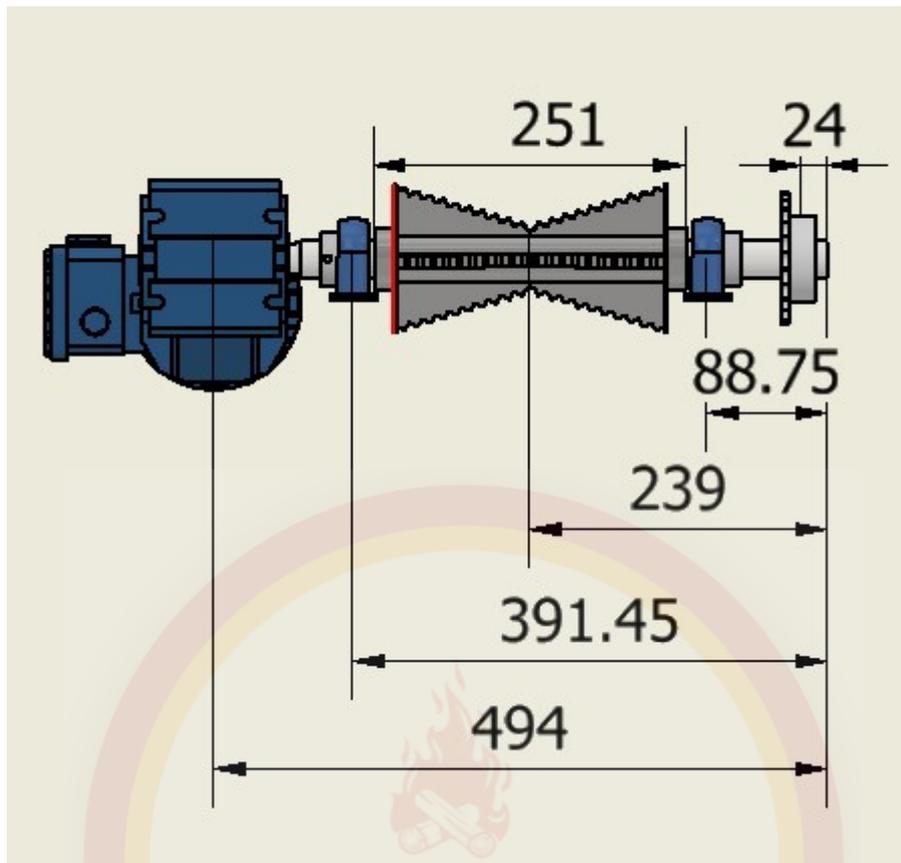


**Piñón del lado conducido (DN)**  
PHS 41-1BH25

PHS 41-1BH25	
Paso P (pulg.)	0.5
Número de dientes	25
Diámetro (pulg.)	4.26
Agujero mínimo (pulg.)	0.63
Agujero máximo (pulg.)	2.25
Cubo H (pulg.)	3.25
Cubo L (pulg.)	1
Peso (lbs)	-



## Calculo del eje



Calculo de los esfuerzos sobre el eje:

Esfuerzo de tensión por la transmisión de cadena:

$$Mt := 35 \text{ N}\cdot\text{m} \quad \text{Momento torsor}$$

$$D_{corona} := 101.33 \text{ mm} \quad \text{Diámetro del piñón}$$

$$Ft_{corona} := 2 \cdot \frac{Mt}{D_{corona}} = 690.812 \text{ N}$$

Peso propio de la corona:

$$P_{corona} := 0.9 \text{ kgf}$$

Carga distribuida transmitida por el tronco y sobre el rodillo:

$$P_{tronco} := 236.68 \text{ kgf}$$

$$L_{rodillo} := 251 \text{ mm}$$

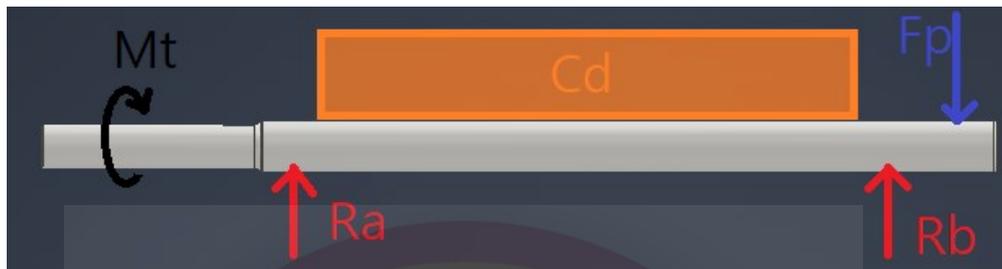
$$P_{distribuida} := \frac{P_{tronco}}{L_{rodillo}} = 0.943 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}}$$

Carga distribuida transmitida por el tronco y sobre el rodillo:

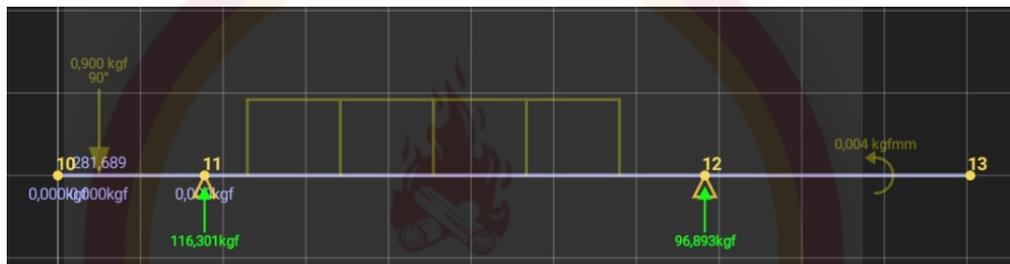
$$Mt = 3.569 \text{ m} \cdot \text{kgf}$$

Diagrama de esfuerzos:

Plano XY:

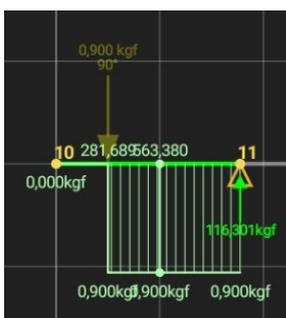
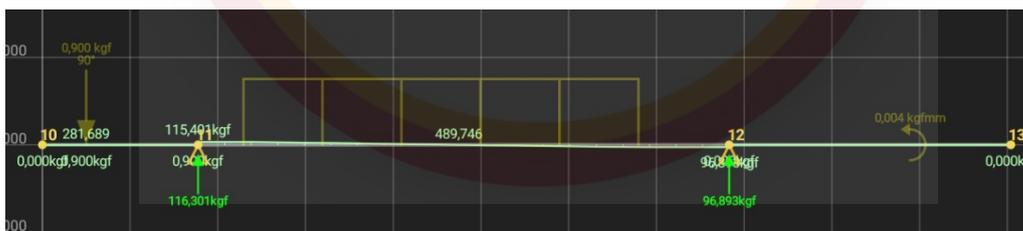


Reacciones:

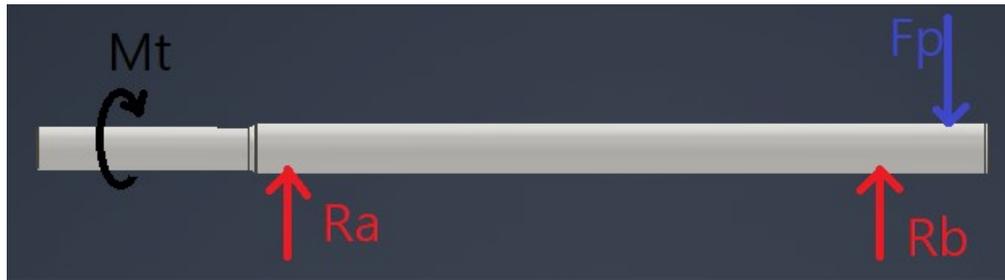


$$Ra_{xy} := 96.893 \text{ kgf} \qquad Rb_{xy} := 116.301 \text{ kgf}$$

Diagrama de esfuerzos axiales:



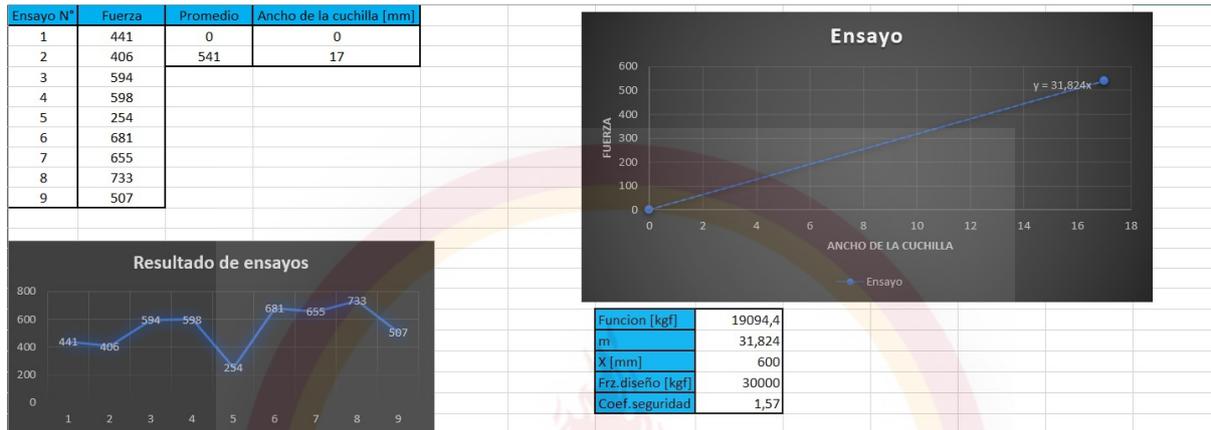
Plano XZ:



## Selección del cilindro hidráulico de partidora

### Datos:

Según datos estadísticos obtenidos en el laboratorio de la universidad UTN regional San Rafael, se realizaron ensayos destructivos con madera de la región con el fin de determinar la fuerza que es requerida para partir la madera. Los datos obtenidos son los siguientes:



$$P_{cilindro} := 200 \text{ bar} = 203.943 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad (\text{Presión de trabajo estimada})$$

$$F_{calculo} := 30 \text{ tonf} \quad (\text{Fuerza máxima que se utilizo para el calculo})$$

**Nota:** La fuerza máxima para partir la madera es de 19.094,4 kgf , por lo que se estimara para tener seguridad en la elección del cilindro una fuerza de 25.000kgf

# Tabla para determinar la fuerza ejercida por un Cilindro Hidráulico

**SEGUN SU DIAMETRO INTERIOR Y PRESION DE TRABAJO**

A partir de la fórmula:

$$\text{Fuerza (Kgr.)} = \text{Presión (Kgr./cm}^2\text{)} \times \text{Sup. (cm}^2\text{)}$$

**DIAMETRO DEL CILINDRO EN PULGADAS**

	1,5"	2"	2,5"	3"	3,25"	3,5"	4"	4,5"	5"	6"	7"	8"	10"
10	114	203	316	456	534	620	810	1030	1270	1823	2481	3241	5064
20	228	405	633	912	1068	1241	1621	2052	2532	3646	4963	6482	10128
30	342	608	949	1368	1603	1862	2431	3078	3798	5469	7440	9723	15192
40	456	810	1266	1824	2137	2483	3241	4104	5064	7292	9920	12964	20256
50	569	1013	1582	2280	2671	3103	4051	5130	6330	9115	12400	16205	25320
60	683	1216	1899	2736	3205	3724	4862	6156	7596	10938	14880	19446	30384
70	797	1418	2215	3192	3739	4345	5672	7182	8862	12761	17360	22687	35448
80	911	1621	2532	3648	4274	4966	6482	8208	10128	14584	19840	25928	40512
90	1025	1823	2848	4104	4808	5586	7293	9234	11394	16407	22320	29169	45576
100	1139	2026	3165	4560	5342	6207	8103	10260	12660	18230	24816	32410	50640
110	1253	2229	3482	5016	5876	6828	8913	11286	13926	20053	27280	35651	55704
120	1367	2431	3798	5472	6410	7448	9724	12312	15192	21876	29760	38892	60768
130	1480	2634	4114	5928	6945	8069	10534	13338	16458	23699	32240	42133	65832
140	1595	2836	4431	6384	7479	8690	11344	14364	17724	25522	34720	45374	70896
150	1708	3039	4747	6840	8013	9310	12154	15390	18990	27345	37200	48615	75960
160	1822	3242	5064	7296	8547	9931	12965	16416	20256	29168	39680	51856	81024
170	1936	3444	5380	7752	9081	10552	13775	17442	21522	30991	42160	55097	86088
180	2050	3647	5697	8208	9616	11173	14585	18468	22788	32814	44640	58338	91152
190	2164	3849	6013	8664	10150	11793	15396	19494	24054	34637	47120	61579	96216
200	2278	4052	6330	9120	10684	12414	16208	20520	25320	36460	49600	64820	101280
210	2392	4255	6646	9576	11218	13035	17016	21546	26586	38283	52080	68061	106344
220	2506	4457	6963	10032	11752	13655	17827	22572	27852	40106	54560	71302	111408
230	2620	4660	7279	10488	12287	14276	18637	23598	29118	41929	57040	74543	116472
240	2734	4862	7596	10944	12821	14897	19447	24624	30384	43752	59520	77784	121536
250	2847	5065	7912	11400	13355	15517	20257	25650	31650	45575	62000	81025	126600

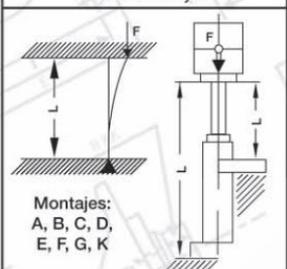
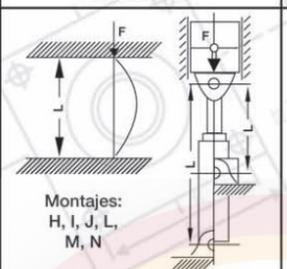
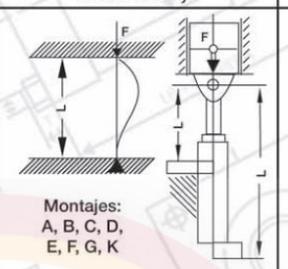
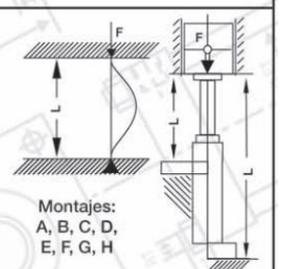
**Nota:** Para 200 kgf/cm<sup>2</sup> de presión y una fuerza que supere los 25000 kgf, tenemos un cilindro de 5"

El cilindro según los datos:

$$F_{seleccion\_cilindro} := 25320 \text{ kgf} \quad P_{cilindro} := 200 \text{ bar} = 203.943 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\varnothing_c := 5 \text{ in} = 127 \text{ mm}$$

## Cálculo de $\varnothing$ de vástago al pandeo

Un extremo libre un extremo fijo	Dos extremos articulados	Un extremos articulado un extremo fijo	Dos extremos fijo
			
Montajes: A, B, C, D, E, F, G, K	Montajes: H, I, J, L, M, N	Montajes: A, B, C, D, E, F, G, K	Montajes: A, B, C, D, E, F, G, H
$Sk = 2 \times L$	$Sk = L$	$Sk = L\sqrt{1/2}$	$Sk = 1/2 \times L$

El calculo al pandeo se realiza generalmente por "Euler", Carga de pandeo  $F = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{Sk \cdot C^2}$  ya que se considera a la barra como una vara esbelta.

$Sk$  = Long. libre de pandeo en cm. |  $E$  = Mod. de elast. en kg./cm.<sup>2</sup> (2,1.10<sup>6</sup> para acero)  
 $J$  = momento de inercia en cm.<sup>4</sup> (0,0491 · d<sup>4</sup> para sec. red.) |  $C$  = coef. de seg. (3,5)

**Nota:** La configuración que se elegirá es la de dos extremos fijos, ya que esto permite reducir la longitud de pandeo del vástago. El montaje se realizara entre un extremo pivotante, pero en el extremo del cilindro se colocara un sujetador para que de esta manera se genere un extremo fijo y lo único que este sometido a pandeo sea el vástago del cilindro.

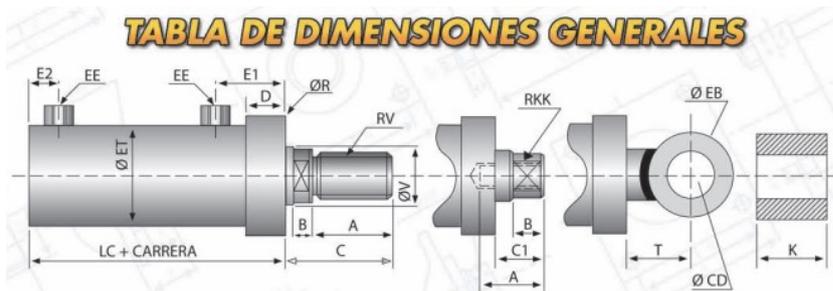
$$L := 750 \text{ mm} \quad C := 3.5 \quad E := 2.1 \cdot 10^6 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$F = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{Sk \cdot C^2} \quad J = 0.0491 \cdot d^4 \quad Sk := \frac{1}{2} \cdot L \quad F_{seleccion\_cilindro} = 25320 \text{ kgf}$$

$$F = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot (0.0491 \cdot d^4)}{\frac{1}{2} \cdot L \cdot C^2}$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{Sk^2 \cdot F \cdot C^2}{\pi^2 \cdot E \cdot 0.0491}}$$

$$d_{min\_vastago} := \sqrt[4]{\frac{Sk^2 \cdot F_{seleccion\_cilindro} \cdot C^2}{\pi^2 \cdot E \cdot 0.0491}} = 45.5 \text{ mm}$$



N: Vástago normal - I: Vástago intermedio - S: Vástago súper

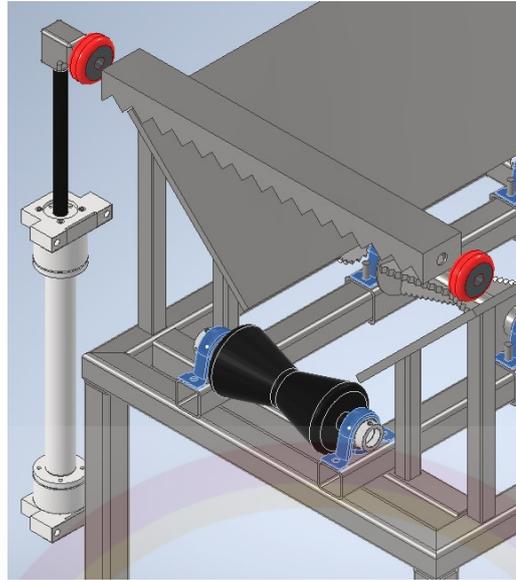
Ø Interior CILINDRO	1,5"	2"	2,5"	3"	3,25"	3,5"	4"	4,5"	5"	6"	8"	10"
ØV	N 19 I 22,22 S 25,40	22,22 25,40 31,75	25,40 31,75 38,10	31,75 38,10 44,45	31,75 38,10 50,80	38,10 44,45 50,80	44,45 50,80 63,50	44,45 50,80 63,50	50,80 63,50 76,20	63,50 76,20 88,90	76,20 88,90 101,60	88,90 101,60 115
RV (UNF)	N 9/16 I 5/8 S 3/4	5/8 3/4 1	3/4 1 1 1/8	1 1 1/8 1 1/4	1 1 1/8 1 1/4	1 1/8 1 1/4 1 1/2	1 1/4 1 1/2 2	1 1/4 1 1/2 2	1 1/2 2 2 1/2	2 2 1/2 3	2 1/2 3 3 1/2	3 3 1/2 4
RKK (UNF)	N 1/2 I 5/8 S 3/4	5/8 3/4 7/8	3/4 7/8 1 1/8	7/8 1 1/8 1 1/4	7/8 1 1/8 1 1/2	1 1/8 1 1/4 1 1/2	1 1/4 1 1/2 1 1/2	1 1/4 1 1/2 1 1/2	1 1/2 1 7/8 2	1 7/8 2 2 1/2	2 2 1/2 3	2 1/2 3 3 1/4
A	N 25 I 25 S 30	25 30 40	25 30 45	30 40 45	30 40 50	40 45 50	45 50 60	50 60 60	60 70 70	70 80 80	80 90 100	90 100 120
B	N 13 I 13 S 13	13 13 15	13 13 18	15 18 20	15 18 20	18 20 23	20 23 25	20 23 25	23 25 28	25 28 33	28 33 33	33 33 33
C	N 43 I 43 S 48	43 43 60	43 48 60	48 60 68	48 60 75	60 68 75	68 75 88	68 75 88	75 88 100	88 100 113	100 113 128	113 128 138
C1	20	20	25	25	25	30	30	30	35	40	40	40
D	33	33	33	33	33	33	33	33	33	50	50	50
LC	126	130	135	150	150	150	150	150	150	185	265	300
Ø ET	48	60	76	89	95	101	114	127	141	168	219	273
Ø R	58	72	89	102	114	116	128	141	152	185	235	290
EE (NPT)	3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	3/4	3/4	3/4	1
E1	55	55	55	55	55	55	55	55	55	70	80	80
E2	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	40	40
T	25	30	35	40	40	40	45	45	55	65	70	80
K	30	35	45	55	60	60	70	70	85	100	120	130
Ø EB	25	30	38	44	50	50	60	60	75	85	90	100
Ø CD	12,70	15,80	19,10	22,22	25,40	25,40	31,80	31,80	38,10	44,45	50,80	63,50

El cilindro seleccionado: CHA 5 N 750 K B 204 1 5

$$\begin{aligned} \varnothing_{in} &:= 5 \text{ in} & \varnothing_v &:= 50.8 \text{ mm} & P_{trabajo} &:= 204 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} & L &:= 750 \text{ mm} \end{aligned}$$

<http://faphidraulica.com.ar/FapCatalogoWeb.pdf>

## Selección del cilindro hidráulico de sujetador



$$d_{tronco\_vol} := 585 \text{ mm} \quad (\text{Longitud del tronco que queda en voladizo})$$

$$D_{tronco} := 45 \text{ cm} \quad (\text{Diámetro del tronco})$$

$$\rho_{tronco} := 770 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3} \quad (\text{Densidad del tronco})$$

$$L_{tronco} := 750 \text{ cm} \quad (\text{Longitud del tronco en total antes del ultimo corte})$$

$$P_{tronco} := d_{tronco\_vol} \cdot \pi \cdot \left( \frac{D_{tronco}}{2} \right)^2 \cdot \rho_{tronco} = 71.641 \text{ kgf} \quad (\text{Carga puntual del tronco})$$

$$q_{tronco} := \frac{P_{tronco}}{L_{tronco}} = 0.096 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}} \quad (\text{Carga distribuida del tronco})$$

$$P_{sierra} := 50 \text{ kgf} \quad (\text{Carga estimada de la fuerza de la sierra al cortar})$$

$$d_{sierra} := 500 \text{ mm} \quad (\text{Longitud a la cual se aplica el corte tomando de referencia la cara del troco que queda en voladizo})$$

### Sumatoria de momentos

$$0 = -Mfx + q_{tronco} \cdot d_{tronco\_vol} \cdot \frac{d_{tronco}}{2} + P_{sierra} \cdot (d_{tronco\_vol} - d_{sierra})$$

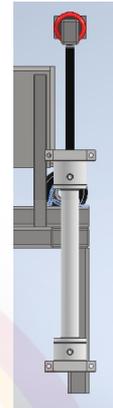
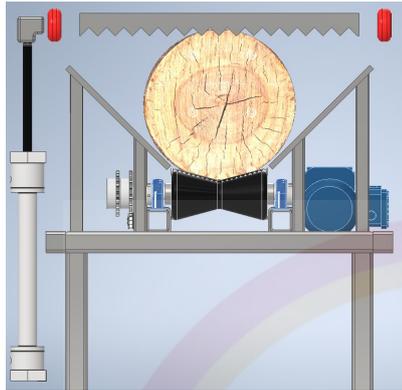
$$Mfx := q_{tronco} \cdot d_{tronco\_vol} \cdot \frac{d_{tronco\_vol}}{2} + P_{sierra} \cdot (d_{tronco\_vol} - d_{sierra}) = 5.884 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

### Sumatoria de fuerzas en "y"

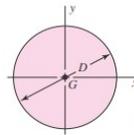
$$0 = R_y - P_{sierra} - (q_{tronco} \cdot d_{tronco})$$

$$R_y := P_{sierra} + (q_{tronco} \cdot d_{tronco\_vol}) = 55.588 \text{ kgf}$$

### Esfuerzos sobre el vástago del actuador



Círculo



$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} \quad I_{xy} = 0 \quad J_G = \frac{\pi D^4}{32}$$

1	2	3	4	5	6	7	8
UN5 núm.	SAE y/o AISI núm.	Procesamiento	Resistencia a la tensión, MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación en 2 pulg, %	Reducción en área, %	Dureza Brinell
G10060	1006	HR	300 (43)	170 (24)	30	55	86
		CD	330 (48)	280 (41)	20	45	95
G10100	1010	HR	320 (47)	180 (26)	28	50	95
		CD	370 (53)	300 (44)	20	40	105
G10150	1015	HR	340 (50)	190 (27.5)	28	50	101
		CD	390 (56)	320 (47)	18	40	111
G10180	1018	HR	400 (58)	220 (32)	25	50	116
		CD	440 (64)	370 (54)	15	40	126
G10200	1020	HR	380 (55)	210 (30)	25	50	111
		CD	470 (68)	390 (57)	15	40	131
G10300	1030	HR	470 (68)	260 (37.5)	20	42	137
		CD	520 (76)	440 (64)	12	35	149
G10350	1035	HR	500 (72)	270 (39.5)	18	40	143
		CD	550 (80)	460 (67)	12	35	163
G10400	1040	HR	520 (76)	290 (42)	18	40	149
		CD	590 (85)	490 (71)	12	35	170
G10450	1045	HR	570 (82)	310 (45)	16	40	163
		CD	630 (91)	530 (77)	12	35	179
G10500	1050	HR	620 (90)	340 (49.5)	15	35	179
		CD	690 (100)	580 (84)	10	30	197
G10600	1060	HR	680 (98)	370 (54)	12	30	201
G10800	1080	HR	770 (112)	420 (61.5)	10	25	229
G10950	1095	HR	830 (120)	460 (66)	10	25	248

$$M_{fx} = 5.884 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$d_{Ry} := 668 \text{ mm} \quad (\text{Distancia a la cual esta aplicada la fuerza resultante})$$

$$P_{placa\_apriete} := 2.66 \text{ kgf}$$

$$M_{fz} := (R_y + P_{placa\_apriete}) \cdot d_{Ry} = 38.91 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$d_{\text{vástago}} := 22 \text{ mm} \quad (\text{Diámetro de vástago seleccionado})$$

$$I_x := \pi \cdot \frac{d_{\text{vástago}}^4}{64} = 1.15 \text{ cm}^4 \quad (\text{Inercia de la sección del vástago})$$

$$\sigma_{yx} := \frac{Mfz \cdot \frac{d_{\text{vástago}}}{2}}{I_x} = 3722.113 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{yz} := \frac{Mfx \cdot \frac{d_{\text{vástago}}}{2}}{I_x} = 562.912 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{\text{flexion}} := \sqrt{\sigma_{yx}^2 + \sigma_{yz}^2} = 3764.438 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{\text{traccion}} := \frac{Ry}{\pi \cdot \left(\frac{d_{\text{vástago}}}{2}\right)^2} = 14.623 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{\text{trabajo}} := \sigma_{\text{flexion}} + \sigma_{\text{traccion}} = 3779.061 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

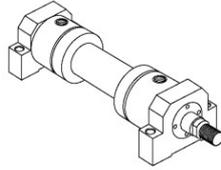
$$\sigma_{\text{SAE}_{1045\_CD}} := 530 \text{ MPa} = 5404.496 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad (\text{Tensión de fluencia del materia del vástago})$$

$$n := \frac{\sigma_{\text{SAE}_{1045\_CD}}}{\sigma_{\text{trabajo}}} = 1.43 \quad (\text{Factor de seguridad})$$

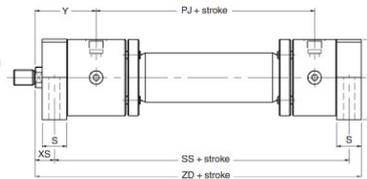
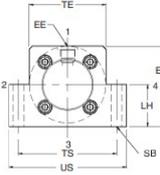
**Selección del cilindro hidráulico de apriete:**

Catalogue HY07-1215/UK  
Foot and Trunnion Mountings

Roundline Cylinders  
MMB Series



Style MS2  
Foot Mounting



**Dimensions – MS2 and MT4** See also Rod End Dimensions, page 8

Bore Ø	Rod No.	MM Rod Ø	BD max	D & TE max	EE (BSPP)	EH	K	LH h10	S	SB H13	TD I8	TL js15	TM h12	TS Js13	US	UV max	XS	XV min	Y	Min. Stroke MT4	+ stroke				
																					PJ	SS	XV max	ZB max	ZD
40	1 2	22 28	30	78	G <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	82	13	43	25	11	20	16	90	100	120	78	19.5	130	71	37	97	183	93	198	215
50	1 2	28 36	35	95	G <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	100	14	52	32	14	25	20	105	120	145	95	22	142	72	40	111	199	102	213	237
63	1 2	36 45	45	116	G <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	120	16	62	32	18	32	25	120	150	180	116	29	160	82	53	117	211	107	236	256
80	1 2	45 56	50	130	G <sup>3</sup> / <sub>4</sub>	135	18	70	40	22	40	32	135	170	210	130	34	180	91	53	134	236	122	262	290
100	1 2	56 70	60	158	G1	161	20	82	50	26	50	40	160	205	250	158	32	210	108	58	162	293	152	314	350
125	1 2	70 90	75	192	G1	196	23	100	56	33	63	50	195	245	300	195	32	235	121	78	174	321	157	341	381
160	1 2	90 110	90	232	G <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	238	25	119	60	33	80	63	240	295	350	240	36	273	143	96	191	364	177	386	430
200	1 2	110 140	110	285	G <sup>1</sup> / <sub>4</sub>	288	30	145	72	39	100	80	295	350	415	390	39	337	190	70	224	447	267	466	522
250	1 2	140 180	135	365	G <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	-	32	-	-	-	125	100	370	-	-	480	-	393	205	95	290	-	298	570	-
320	1 2	180 220	175	450	G <sup>1</sup> / <sub>2</sub>	-	37	-	-	-	160	125	470	-	-	600	-	486	250	116	358	-	370	684	-

All dimensions are in millimetres unless otherwise stated.

El cilindro seleccionado: 40 mf1 mmb r n 14 c 325 m 11 11 01

$$\varnothing_{in2} := 40 \text{ mm} \quad \varnothing_{v2} := 22 \text{ mm}$$

[https://cdn.tracepartsonline.net/PartsDefs/Production/PARKER/32-06052011-047960/Documents/mmb\\_1215-uk.pdf](https://cdn.tracepartsonline.net/PartsDefs/Production/PARKER/32-06052011-047960/Documents/mmb_1215-uk.pdf)

## Selección del cilindro hidráulico de levantamiento

$\mu_{estatico} := 0.4$  (Coef. estático de rozamiento entre madera y acero)

$d_{tronco} := 45 \text{ cm}$  (Diámetro del tronco)

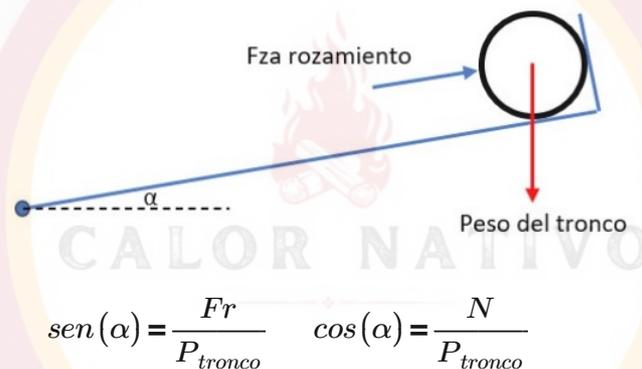
$L_{tronco} := 3 \text{ m}$  (Largo del tronco)

$\rho_{tronco} := 770 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^3}$  (Densidad del tronco)

$$P_{tronco} := \pi \cdot \frac{d_{tronco}^2}{4} \cdot L_{tronco} \cdot \rho_{tronco} = 3602.861 \text{ N}$$

$P_{estructura} := 14 \text{ kgf} = 137.293 \text{ N}$  (Calculado por Inventor)

### Ángulo de elevación de la plataforma



$$\text{sen}(\alpha) = \frac{Fr}{P_{tronco}} \quad \text{cos}(\alpha) = \frac{N}{P_{tronco}}$$

$$\text{sen}(\alpha) \cdot P_{tronco} = Fr \quad \text{cos}(\alpha) \cdot P_{tronco} = N$$

$$Fr = N \cdot \mu_{estatico}$$

$$\text{sen}(\alpha) \cdot P_{tronco} = N \cdot \mu_{estatico}$$

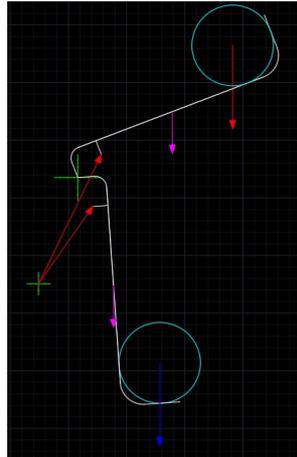
$$\text{sen}(\alpha) \cdot P_{tronco} = \text{cos}(\alpha) \cdot P_{tronco} \cdot \mu_{estatico}$$

$$\frac{\text{sen}(\alpha) \cdot P_{tronco}}{\text{cos}(\alpha) \cdot P_{tronco}} = \mu_{estatico}$$

$$\text{tan}(\alpha) = \mu_{estatico}$$

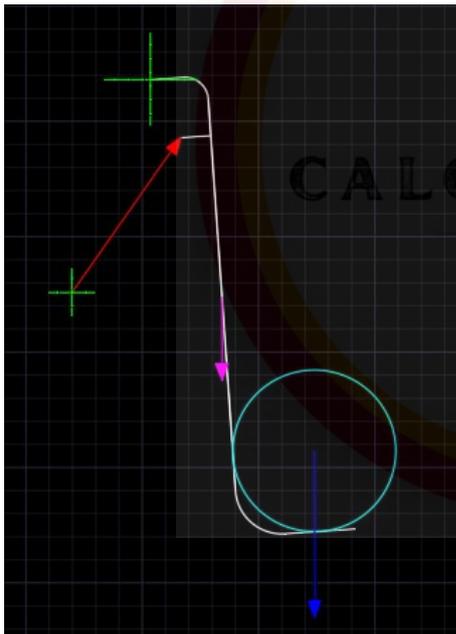
$$\alpha := \text{atan}(\mu_{estatico}) = 21.801 \text{ deg}$$

Diagrama de cuerpo libre de la plataforma en reposo y en elevación



Calculo de fuerza del actuador en reposo

El calculo de los ángulos para descomposición de las fuerzas se a calculado por medio de inventar en el diagrama libre y por medio de un calculo de sumatoria de momentos de fuerzas se calculara la fuerza del cilindro en el reposo.



Distancia del peso del tronco al punto de de giro

$$d1 := 354 \text{ mm}$$

Distancia de la componente perpendicular del peso de la estructura al punto de de giro

$$d2 := 153 \text{ mm}$$

Distancia de las componentes perpendicular del actuador al punto de de giro

$$d3' := 169 \text{ mm}$$

$$\beta := 55^\circ$$

$$d3'' := 460 \text{ mm}$$

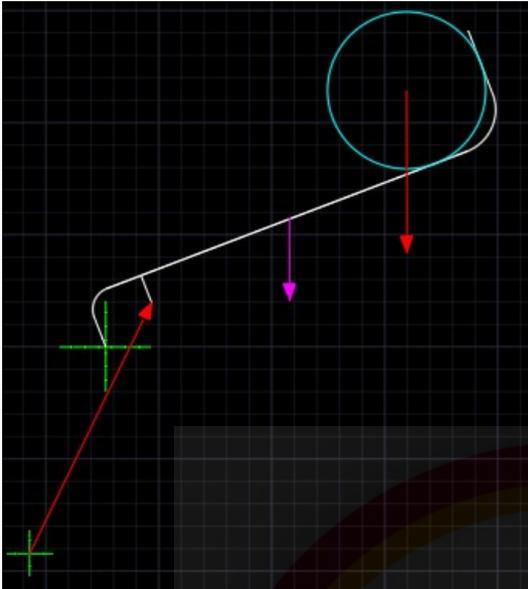
$$\Sigma M = d1 \cdot P_{tronco} + d2 \cdot P_{estructura} + d3' \cdot P_{actuador} \cdot \sin(\beta) - d3'' \cdot P_{actuador} \cdot \cos(\beta)$$

$$0 = d1 \cdot P_{tronco} + d2 \cdot P_{estructura} + d3' \cdot P_{actuador} \cdot \sin(\beta) - d3'' \cdot P_{actuador} \cdot \cos(\beta)$$

$$P_{actuador} := \frac{-d1 \cdot P_{tronco} - d2 \cdot P_{estructura}}{d3' \cdot \sin(\beta) - d3'' \cdot \cos(\beta)} = 10337.57 \text{ N}$$

$$P_{actuador} = 1054.139 \text{ kgf}$$

### Calculo de fuerza del actuador en altura



Distancia del peso del tronco al punto de de giro

$$d1 := 667 \text{ mm}$$

Distancia de la componente perpendicular del peso de la estructura al punto de de giro

$$d2 := 408 \text{ mm}$$

Distancia de las componentes perpendicular del actuador al punto de de giro

$$d3' := 169 \text{ mm}$$

$$\beta := 64^\circ$$

$$d3'' := 460 \text{ mm}$$

$$\Sigma M = d1 \cdot P_{\text{tronco}} + d2 \cdot P_{\text{estructura}} + d3' \cdot P_{\text{actuador}} \cdot \sin(\beta) - d3'' \cdot P_{\text{actuador}} \cdot \cos(\beta)$$

$$0 = d1 \cdot P_{\text{tronco}} + d2 \cdot P_{\text{estructura}} + d3' \cdot P_{\text{actuador}} \cdot \sin(\beta) - d3'' \cdot P_{\text{actuador}} \cdot \cos(\beta)$$

$$P_{\text{actuador}} := \frac{-d1 \cdot P_{\text{tronco}} - d2 \cdot P_{\text{estructura}}}{d3' \cdot \sin(\beta) - d3'' \cdot \cos(\beta)} = 49425.128 \text{ N}$$

$$P_{\text{actuador}} = 5039.96 \text{ kgf}$$

### Selección del actuador para elevación del tronco

$$dis_{\text{max}} := 630 \text{ mm} \quad dis_{\text{min}} := 405 \text{ mm}$$

$$\Delta dis := dis_{\text{max}} - dis_{\text{min}} = 225 \text{ mm} \quad (\text{Distancia que deberá recorrer el actuador})$$

$$C := 3.5 \quad (\text{Coeficiente de seguridad})$$

$$P_{\text{actuador}} = 5039.96 \text{ kgf} \quad (\text{Fuerza del actuador})$$

$$E := 2.1 \cdot 10^6 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad (\text{Modulo de elasticidad})$$

## Cálculo de Ø de vástago al pandeo

Un extremo libre un extremo fijo	Dos extremos articulados	Un extremos articulado un extremo fijo	Dos extremos fijo
Montajes: A, B, C, D, E, F, G, K	Montajes: H, I, J, L, M, N	Montajes: A, B, C, D, E, F, G, K	Montajes: A, B, C, D, E, F, G, H
$Sk = 2 \times L$	$Sk = L$	$Sk = L\sqrt{1/2}$	$Sk = 1/2 \times L$

El calculo al pandeo se realiza generalmente por "Euler", Carga de pandeo  $F = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{Sk \cdot C^2}$  ya que se considera a la barra como una vara esbelta.

$Sk$  = Long. libre de pandeo en cm. |  $E$  = Mod. de elast. en kg./cm.<sup>2</sup> (2,1.10<sup>6</sup> para acero)  
 $J$  = momento de inercia en cm.<sup>4</sup> (0,0491 · d<sup>4</sup> para sec. red.) |  $C$  = coef. de seg. (3,5)

$$F = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{Sk \cdot C^2} \quad J = 0.0491 \cdot d^4 \quad Sk := dis_{max} \quad (\text{Dos extremos articulados})$$

$$F = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot (0.0491 \cdot d^4)}{\frac{1}{2} \cdot L \cdot C^2} \quad d = \sqrt[4]{\frac{Sk^2 \cdot F \cdot C^2}{\pi^2 \cdot E \cdot 0.0491}}$$

$$d_{min\_vástago} := \sqrt[4]{\frac{Sk^2 \cdot P_{actuator} \cdot C^2}{\pi^2 \cdot E \cdot 0.0491}} = 39.392 \text{ mm}$$

### SEGUN SU DIAMETRO INTERIOR Y PRESION DE TRABAJO

A partir de la fórmula:

$$\text{Fuerza (Kgr.)} = \text{Presión (Kgr./cm}^2\text{)} \times \text{Sup. (cm}^2\text{)}$$

#### DIAMETRO DEL CILINDRO EN PULGADAS

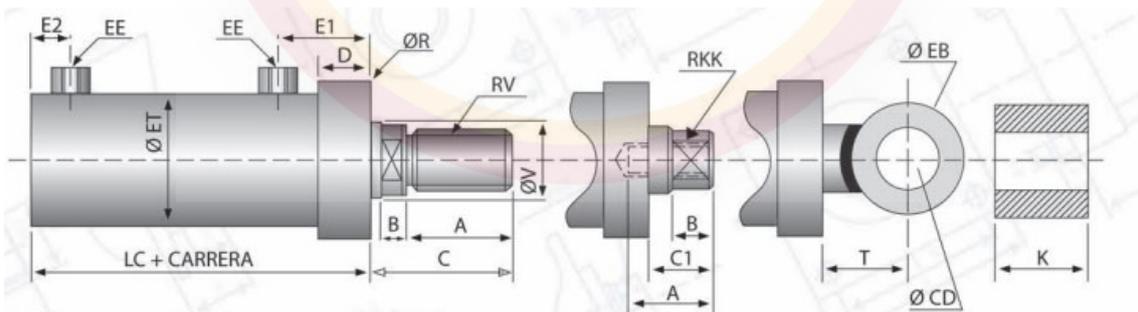
	1,5"	2"	2,5"	3"	3,25"	3,5"	4"	4,5"	5"	6"	7"	8"	10"
10	114	203	316	456	534	620	810	1030	1270	1823	2481	3241	5064
20	228	405	633	912	1068	1241	1621	2052	2532	3646	4963	6482	10128
30	342	608	949	1368	1603	1862	2431	3078	3798	5469	7440	9723	15192
40	456	810	1266	1824	2137	2483	3241	4104	5064	7292	9920	12964	20256
50	569	1013	1582	2280	2671	3103	4051	5130	6330	9115	12400	16205	25320
60	683	1216	1899	2736	3205	3724	4862	6156	7596	10938	14880	19446	30384
70	797	1418	2215	3192	3739	4345	5672	7182	8862	12761	17360	22687	35448
80	911	1621	2532	3648	4274	4966	6482	8208	10128	14584	19840	25928	40512
90	1025	1823	2848	4104	4808	5586	7293	9234	11394	16407	22320	29169	45576
100	1139	2026	3165	4560	5342	6207	8103	10260	12660	18230	24816	32410	50640
110	1253	2229	3482	5016	5876	6828	8913	11286	13926	20053	27280	35651	55704
120	1367	2431	3798	5472	6410	7448	9724	12312	15192	21876	29760	38892	60768

AJO EN Kgr./cm.²

PRESION DE TRAB	130	1480	2634	4114	5928	6945	8069	10534	13338	16458	23699	32240	42133	65832
	140	1595	2836	4431	6384	7479	8690	11344	14364	17724	25522	34720	45374	70896
	150	1708	3039	4747	6840	8013	9310	12154	15390	18990	27345	37200	48615	75960
	160	1822	3242	5064	7296	8547	9931	12965	16416	20256	29168	39680	51856	81024
	170	1936	3444	5380	7752	9081	10552	13775	17442	21522	30991	42160	55097	86088
	180	2050	3647	5697	8208	9616	11173	14585	18468	22788	32814	44640	58338	91152
	190	2164	3849	6013	8664	10150	11793	15396	19494	24054	34637	47120	61579	96216
	200	2278	4052	6330	9120	10684	12414	16208	20520	25320	36460	49600	64820	101280
	210	2392	4555	6646	9576	11218	13035	17016	21546	26586	38283	52080	68061	106344
	220	2506	4457	6963	10032	11752	13655	17827	22572	27852	40106	54560	71302	111408
	230	2620	4660	7279	10488	12287	14276	18637	23598	29118	41929	57040	74543	116472
	240	2734	4862	7596	10944	12821	14897	19447	24624	30384	43752	59520	77784	121536
	250	2847	5065	7912	11400	13355	15517	20257	25650	31650	45575	62000	81025	126600

Se selecciona una presión de trabajo normal de un cilindro la cual será de 160 Kg/cm<sup>2</sup>, con este dato procedemos a seleccionar un diámetro de cilindro a partir de la fuerza que tenemos que hacer la cual es un fuerza mínima de 5040 Kg. Se selecciona una fuerza de 7296Kg ya que la anterior a este valor es muy cercana al valor limite de la fuerza que tendremos que hacer.

Esto nos permite saber el diámetro del actuador que utilizaremos que será de 3". Para cilindros semiblandados al tener un diámetro del cilindro de 3", el del vástago que usaremos teniendo en cuenta lo calculado es de 44.55mm, ya que el diámetro mínimo calculado del vástago es de 39.39mm.



N: Vástago normal - I: Vástago intermedio - S: Vástago súper

Ø Interio CILINDRO		1,5"	2"	2,5"	3"	3,25"	3,5"	4"	4,5"	5"	6"	8"	10"
ØV	N	19	22,22	25,40	31,75	31,75	38,10	44,45	44,45	50,80	63,50	76,20	88,90
	I	22,22	25,40	31,75	38,10	38,10	44,45	50,80	50,80	63,50	76,20	88,90	101,60
	S	25,40	31,75	38,10	44,45	50,80	50,80	63,50	63,50	76,20	88,90	101,6	115
RV (UNF)	N	9/16	5/8	3/4	1	1	1 1/8	1 1/4	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3
	I	5/8	3/4	1	1 1/8	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 1/2	2	2 1/2	3	3 1/2
	S	3/4	1	1 1/8	1 1/4	1 1/4	1 1/2	2	2	2 1/2	3	3 1/2	4
RKK (UNF)	N	1/2	5/8	3/4	7/8	7/8	1 1/8	1 1/4	1 1/4	1 1/2	1 7/8	2	2 1/2
	I	5/8	3/4	7/8	1 1/8	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 1/2	1 7/8	2	2 1/2	3
	S	3/4	7/8	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 1/2	1 7/8	1 7/8	2	2 1/2	3	3 1/4
A	N	25	25	30	40	40	45	50	50	60	70	80	90
	I	25	30	40	45	45	50	60	60	70	80	90	100
	S	30	40	45	50	50	60	70	70	80	90	100	120

B	N	13	13	13	15	15	18	20	20	23	25	28	33
	I	13	13	15	18	18	20	23	23	25	28	33	33
	S	13	15	18	20	20	23	25	25	28	33	33	33
C	N	43	43	48	60	60	68	75	75	88	100	113	128
	I	43	48	60	68	68	75	88	88	100	113	128	138
	S	48	60	68	75	75	88	100	100	113	128	138	158
C1		20	20	25	25	25	30	30	30	35	40	40	40
D		33	33	33	33	33	33	33	33	33	50	50	50
LC		126	130	135	150	150	150	150	150	150	185	265	300
Ø ET		48	60	76	89	95	101	114	127	141	168	219	273
Ø R		58	72	89	102	114	116	128	141	152	185	235	290
EE (NPT)		3/8	3/8	3/8	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	3/4	3/4	3/4	1
E1		55	55	55	55	55	55	55	55	55	70	80	80
E2		17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	40	40
T		25	30	35	40	40	40	45	45	55	65	70	80
K		30	35	45	55	60	60	70	70	85	100	120	130
Ø EB		25	30	38	44	50	50	60	60	75	85	90	100
Ø CD		12,70	15,80	19,10	22,22	25,40	25,40	31,80	31,80	38,10	44,45	50,80	63,50

## Calculo del sistema hidráulico para los actuadores y motores

$$P_{min} := 160 \text{ bar}$$

$$P_{max} := 200 \text{ bar}$$

Tiempos considerados de los ciclos para cortar un tronco de 3m de largo

$$T_{actuador\_subida} := 5 \text{ s} \quad L_{tronco\_total} := 3 \text{ m}$$

$$T_{actuador\_sujecion} := 5 \text{ s} \quad L_{tronco\_cortado} := 40 \text{ cm}$$

$$T_{actuador\_sierra\_corte} := 40 \text{ s} \quad n_{cortes\_promedio} := \frac{L_{tronco\_total}}{L_{tronco\_cortado}} = 7,5$$

$$T_{actuador\_sierra\_subida} := 5 \text{ s} \quad long_{restante\_tronco} := L_{tronco\_total} - (L_{tronco\_cortado} \cdot 7) = 20 \text{ cm}$$

$$T_{actuador\_partidora} := 20 \text{ s} \quad n_{cortes\_reales} := 7$$

$$T_{corte} := 40 \text{ s}$$

El numero de cortes real será de 7, ya que el ultimo corte no se hará por que será un tronco de 20cm de largo nomas. Con esto calculamos el tiempo total del ciclo hidráulico para un tronco completo.

$$\begin{aligned}
 T_{tiempo\_total} &:= T_{actuador\_subida} \cdot 2 \downarrow = 955 \text{ s} \\
 &+ T_{actuador\_sujecion} \cdot 7 \cdot 2 \downarrow \\
 &+ T_{actuador\_sierra\_corte} \cdot 7 \downarrow \\
 &+ T_{actuador\_sierra\_subida} \cdot 7 \downarrow \\
 &+ T_{actuador\_partidora} \cdot 7 \cdot 2 \downarrow \\
 &+ T_{corte} \cdot 7
 \end{aligned}$$

$$n_{\text{ciclos}} := 60 \frac{s}{T_{\text{tiempo\_total}} \cdot \text{min}} = 0.063 \frac{1}{\text{min}}$$

### Actuador de subida

$$A_1 := \pi \cdot \frac{(3 \text{ in})^2}{4} = 4560.367 \text{ mm}^2 \quad c_1 := 225 \text{ mm} \quad N_{\text{efectos\_cilindro}} := 2$$

$$Q_1 := A_1 \cdot c_1 \cdot n_{\text{ciclos}} \cdot N_{\text{efectos\_cilindro}} = 0.129 \frac{L}{\text{min}}$$

$$Q_{e1} := Q_1 \cdot \frac{T_{\text{actuador\_subida}}}{T_{\text{tiempo\_total}}} = 0.001 \frac{L}{\text{min}}$$

### Actuador de agarre

$$A_2 := \pi \cdot \frac{(40 \text{ mm})^2}{4} = 1256.637 \text{ mm}^2 \quad c_2 := 422 \text{ mm} \quad N_{\text{efectos\_cilindro}} := 2$$

$$Q_2 := A_2 \cdot c_2 \cdot n_{\text{ciclos}} \cdot N_{\text{efectos\_cilindro}} = 0.067 \frac{L}{\text{min}}$$

$$Q_{e2} := Q_2 \cdot \frac{T_{\text{actuador\_sujecion}}}{T_{\text{tiempo\_total}}} = 0 \frac{L}{\text{min}}$$

### Actuador de sierra (corte)

$$A_3 := \pi \cdot \frac{(25 \text{ mm})^2}{4} = 490.874 \text{ mm}^2 \quad c_3 := 144 \text{ mm} \quad N_{\text{efectos\_cilindro}} := 2$$

$$Q_{3_1} := A_3 \cdot c_3 \cdot n_{\text{ciclos}} \cdot N_{\text{efectos\_cilindro}} \cdot 2 = 0.018 \frac{L}{\text{min}}$$

$$Q_{e3_1} := Q_{3_1} \cdot \frac{T_{\text{actuador\_sierra\_corte}}}{T_{\text{tiempo\_total}}} = (7.44 \cdot 10^{-4}) \frac{L}{\text{min}}$$

### Actuador de sierra (subida)

$$A_3 := \pi \cdot \frac{(25 \text{ mm})^2}{4} = 490.874 \text{ mm}^2 \quad c_3 := 144 \text{ mm} \quad N_{\text{efectos\_cilindro}} := 2$$

$$Q_{3_2} := A_3 \cdot c_3 \cdot n_{\text{ciclos}} \cdot N_{\text{efectos\_cilindro}} \cdot 2 = 0.018 \frac{L}{\text{min}}$$

$$Q_{e3\_2} := Q_{3\_2} \cdot \frac{T_{\text{actuador\_sierra\_subida}}}{T_{\text{tiempo\_total}}} = 0 \frac{L}{\text{min}}$$

### Actuador de partidora

$$A_4 := \pi \cdot \frac{(5 \text{ in})^2}{4} = 12667.687 \text{ mm}^2 \quad c_4 := 450 \text{ mm} \quad N_{\text{efectos\_cilindro}} := 2$$

$$Q_4 := A_4 \cdot c_4 \cdot n_{\text{ciclos}} \cdot N_{\text{efectos\_cilindro}} \cdot 2 = 1.433 \frac{L}{\text{min}}$$

$$Q_{e4} := Q_4 \cdot \frac{T_{\text{actuador\_partidora}}}{T_{\text{tiempo\_total}}} = 0.03 \frac{L}{\text{min}}$$

### Motor de sierra oleo hidráulico

	X	2	M	51	01	E	C	C	E	
Series	X	series XV								
Group	2	group 2								
Category	M	reversible motor								
Displacement	51	17								
Flange	01	Ø36.5 STANDARD EUROPEAN reversible rotation								
Shaft	E	CO001 - Tapered 1:8 - ø17.4 - M12x1.5 - key thk.4								
Body	IN	inlet - 3/4" GAS								
	OUT	outlet - 3/4" GAS								
Cover	E	with external drainage								



XM207

Technical data table																					
TYPE	Displacement cm <sup>3</sup> /rev	Max. Pressure		CODE																	
		P1 bar	P3 bar	External drainage			Internal drainage														
XV-2M/04	4,20	260	300	X	2	M	41	01	E	B	B	E	X	2	M	41	01	E	B	B	F
XV-2M/06	6,00	260	300	X	2	M	43	01	E	B	B	E	X	2	M	43	01	E	B	B	F
XV-2M/09	8,40	260	300	X	2	M	45	01	E	B	B	E	X	2	M	45	01	E	B	B	F
XV-2M/11	10,80	260	300	X	2	M	47	01	E	B	B	E	X	2	M	47	01	E	B	B	F
XV-2M/14	14,40	250	290	X	2	M	49	01	E	C	C	E	X	2	M	49	01	E	C	C	F
XV-2M/17	16,80	230	270	X	2	M	51	01	E	C	C	E	X	2	M	51	01	E	C	C	F
XV-2M/19	19,20	210	250	X	2	M	53	01	E	C	C	E	X	2	M	53	01	E	C	C	F
XV-2M/22	22,80	200	240	X	2	M	55	01	E	C	C	E	X	2	M	55	01	E	C	C	F
XV-2M/26	26,20	170	210	X	2	M	57	01	E	D	D	E	X	2	M	57	01	E	D	D	F
XV-2M/30	30,00	160	200	X	2	M	59	01	E	D	D	E	X	2	M	59	01	E	D	D	F
XV-2M/34	34,20	150	190	X	2	M	61	01	E	D	D	E	X	2	M	61	01	E	D	D	F
XV-2M/40	39,60	140	180	X	2	M	63	01	E	D	D	E	X	2	M	63	01	E	D	D	F

T.1 = 54±58.9 [Nm] - screw tightening torque M10

T.3 = 40 [Nm] - torque wrench setting 19

T.2 = 233.2 [Nm] - admissible shaft torque (N.B. When choosing a shaft, always check the admissible torque).

T.4 = 0.3±0,5 bar - max. drainage pressure

Código del motor oleo hidráulico X2M4901ECCE - Rango de velocidad máximo hasta 3500 rpm

$$Dm := 14.4 \frac{cm^3}{rev}$$

$$P_{trabajo\_motor} := 250 \text{ bar}$$

$$P_{max\_motor} := 290 \text{ bar}$$

$$nm := 3000 \text{ rpm} \quad (\text{Numero de rpm a la que la bomba de engranajes produce la presión de 250bar a la que trabaja el motor})$$

$$Tm := 233.2 \text{ N}\cdot\text{m}$$

$$\eta_{vol} := 0.9 \quad \text{Rendimiento volumétrico } 0.9-0.95$$

$$\eta_{mh} := 0.93 \quad \text{Eficiencia mecánica hidráulica } 0.9-0.95$$

$$\eta_t := \eta_{vol} \cdot \eta_{mh} = 0.837 \quad \text{Rendimiento óptimo total } 0.8-0.87$$

$$Q_5 := Dm \cdot \frac{nm}{\eta_t} = 51.613 \frac{L}{min}$$

$$Q_{e5} := Q_5 \cdot \frac{T_{actuador\_sierra\_corte}}{T_{tiempo\_total}} = 2.162 \frac{L}{min}$$

$$Potm := Tm \cdot nm = 73.262 \text{ kW}$$

$$Tmc := Dm \cdot P_{trabajo\_motor} \cdot \eta_{mh} = 53.285 \text{ N}\cdot\text{m}$$

### Datos del motor oleo hidráulico

\* Datos correspondientes a bombas estándar obtenidos mediante mediciones en bancos de pruebas disponibles para tal fin.

GRUPO	DESPLAZAMIENTO TEORICO		CAUDAL		R.P.M. MINIMO *			R.P.M. MAXIMO *			MAXIMA PRESION CONTINUA *		MAXIMA PRESION INTERMITENTE *		PICO de PRESION INICIAL *		PESO APROXIMADO	
	cm3 / rev.	in3 / rev.	L/min.a 2000 RPM	GPM a 1800 RPM	100 BAR 1450 PSI	150 BAR 2175 PSI	200 BAR 2900 PSI		BAR	PSI	BAR	PSI	BAR	PSI	Kg.	Pound		
APR 20	20	1,220	40	9,506	500	650	800	3000	250	3625	260	3770	280	4061	13,31	29,34		
APR 26	26	1,586	52	12,358											13,62	30,02		
APR 32	32	1,952	64	15,210											13,91	30,66		
APR 40	40	2,440	80	19,012				2800	230	3335	240	3480	260	3770	14,26	31,43		
APR 45	45	2,746	90	21,397											14,55	32,07		
APR 50	50	3,051	100	23,774											14,86	32,76		
APR 60	60	3,661	120	28,527											15,39	33,92		

**Características**

$$Q_{m1} := 2 \cdot Q_{e1} + 7 \cdot 2 \cdot Q_{e2} + 7 \cdot Q_{e3\_1} + 7 \cdot Q_{e3\_2} = 0.012 \frac{L}{min} \quad (\text{Cilindros sin la partidora})$$

$$Q_{m2} := 7 \cdot 2 \cdot Q_{e4} = 0.42 \frac{L}{min} \quad (\text{Cilindro de la partidora})$$

$$Q_{m3} := Q_{e5} = 2.162 \frac{L}{min} \quad (\text{Motor de la sierra})$$

### Volumen

$$v1 := A_1 \cdot c_1 = 1.026 L$$

$$v2 := A_2 \cdot c_2 = 0.53 L$$

$$v3 := A_3 \cdot c_3 = 0.071 L$$

$$v4 := A_4 \cdot c_4 = 5.7 L$$

$$v5 := Dm \cdot nm \cdot T_{actuator\_sierra\_corte} = 28.8 L$$

$$Vt := v1 + v2 + v3 + v4 + v5 = 36.128 L$$

$$Volumen\_tanque := 5 \cdot Vt = 180.638 L$$

### Bombas a utilizar

\* Datos correspondientes a bombas estándar obtenidos mediante mediciones en bancos de pruebas disponibles para tal fin.

GRUPO	DESPLAZAMIENTO TEÓRICO		CAUDAL		R.P.M. MINIMO *			R.P.M. MAXIMO *		MAXIMA PRESION CONTINUA *		MAXIMA PRESION INTERMITENTE *		PICO de PRESION INICIAL *		PESO APROXIMADO	
	cm <sup>3</sup> / rev.	in <sup>3</sup> / rev.	L/min.a 2000 RPM	GPM a 1800 RPM	100 BAR 1450 PSI	150 BAR 2175 PSI	200 BAR 2900 PSI	BAR	PSI	BAR	PSI	BAR	PSI	Kg.	Pound		
APR 20	20	1,220	40	9,506										13,31	29,34		
APR 26	26	1,586	52	12,358				3000	250	3625	260	3770	280	4061	13,62	30,02	
APR 32	32	1,952	64	15,210										13,91	30,66		
APR 40	40	2,440	80	19,012	500	650	800							14,26	31,43		
APR 45	45	2,746	90	21,397				2800	230	3335	240	3480	260	3770	14,55	32,07	
APR 50	50	3,051	100	23,774										14,86	32,76		
APR 60	60	3,661	120	28,527				2500	210	3045	220	3190	240	3480	15,39	33,92	

**Características**

Verificación de bomba de engranajes para motor de sierra (presión de trabajo de 250bar)

$$Pb_{continua} := 250 \text{ bar} \quad Pb_{intr} := 260 \text{ bar} \quad Pb_{pico} := 280 \text{ bar} \quad Mb := 13.31 \text{ kg}$$

$$D_{desplazamiento\_bomba} := 20 \frac{cm^3}{rev}$$

$$Q_{motor} := Q_5 = 51.613 \frac{L}{min}$$

$$n_{bomba1} := 3000 \text{ rpm}$$

$$Q_{bomba1} := D_{desplazamiento\_bomba} \cdot \frac{n_{bomba1}}{\eta t} = 71.685 \frac{L}{min}$$

$$\text{if} (Q_{motor} < Q_{bomba1}, \text{"Verifica"}, \text{"No Verifica"}) = \text{"Verifica"}$$

Verificación de bomba para cilindros oleo hidráulicos (presión de trabajo de 160bar)

$$Q_{cilindros} := \frac{v1 + v2 + v3}{T_{actuador\_subida} + T_{actuador\_sujecion} + T_{actuador\_sierra\_corte}} = 1.952 \frac{L}{min}$$

$$Pb_{continua} := 250 \text{ bar} \quad Pb_{intr} := 260 \text{ bar} \quad Pb_{pico} := 280 \text{ bar} \quad Mb := 13.31 \text{ kg}$$

$$D_{desplazamiento\_bomba} := 20 \frac{cm^3}{rev}$$

$$n_{bomba2} := 650 \text{ rpm}$$

$$Q_{bomba2} := D_{desplazamiento\_bomba} \cdot \frac{n_{bomba2}}{\eta t} = 15.532 \frac{L}{min}$$

$$\text{if} (Q_{cilindros} < Q_{bomba2}, \text{"Verifica"}, \text{"No Verifica"}) = \text{"Verifica"}$$

Verificación de bomba para cilindro oleo hidráulico encargado de partir la madera (presión de trabajo de 200bar)

$$Q_{cilindro\_partidor} := \frac{v4}{T_{actuador\_partidora}} = 17.101 \frac{L}{min}$$

$$Pb_{continua} := 250 \text{ bar} \quad Pb_{intr} := 260 \text{ bar} \quad Pb_{pico} := 280 \text{ bar} \quad Mb := 13.31 \text{ kg}$$

$$D_{desplazamiento\_bomba} := 20 \frac{cm^3}{rev}$$

$$n_{bomba3} := 800 \text{ rpm}$$

$$Q_{bomba3} := D_{desplazamiento\_bomba} \cdot \frac{n_{bomba3}}{\eta t} = 19.116 \frac{L}{min}$$

$$\text{if} (Q_{cilindro\_partidor} < Q_{bomba3}, \text{"Verifica"}, \text{"No Verifica"}) = \text{"Verifica"}$$

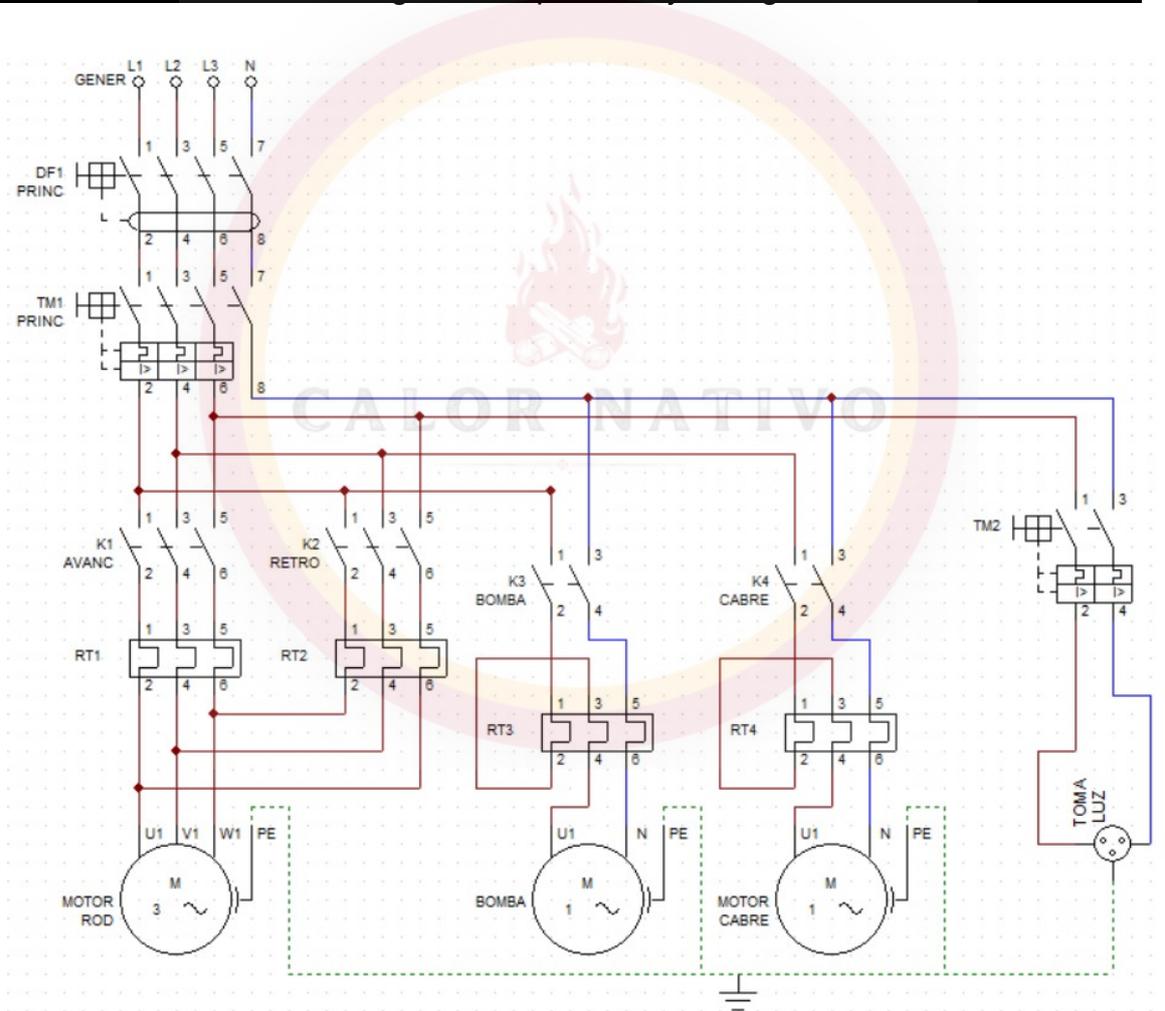
$$VT := T_{tiempo\_total} \cdot (Q_{bomba1} + Q_{bomba2} + Q_{bomba3}) = 1692.453 \text{ L}$$

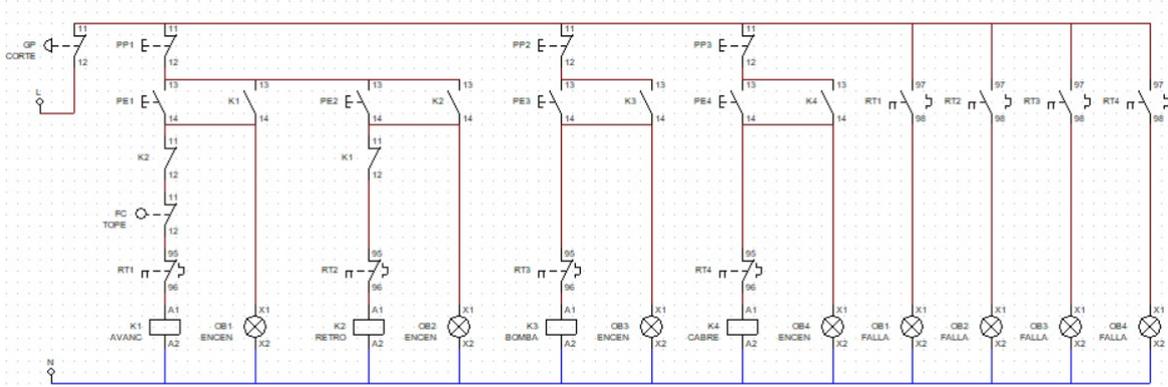
## Diagrama eléctrico unifilar

Los sistemas eléctricos de la maquina serán:

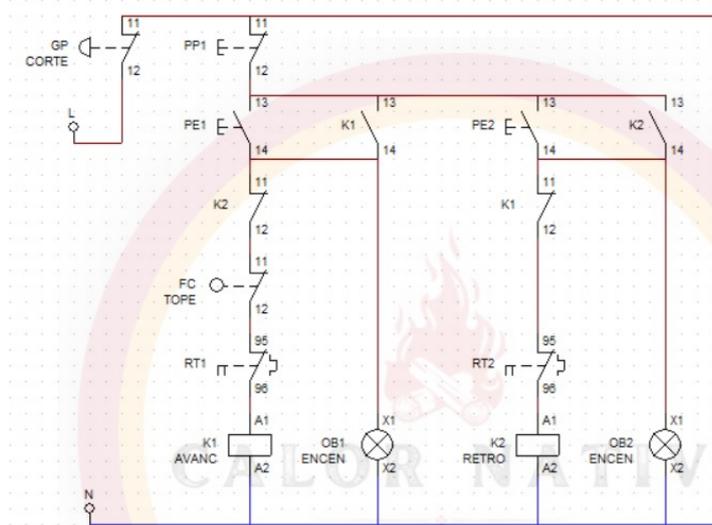
- Un motor con monofásico con reductor para el movimiento de los rodillos encargados de transportar los troncos un vez montados.
- Un motor monofásico encargado de la bomba que dará la presión necesaria al sistema oleo hidráulico.
- Un motor monofásico para el cabrestante, encargado de arrastrar los troncos que sean demasiado pesados a la maquina para subirlos a la rampa.
- Un circuito aparte para lo que son tomas de fuerza y iluminación que se pueda llegar a utilizar en la zona de trabajo

A continuación se hará el diagrama de potencia y de lógica cableada del sistema:

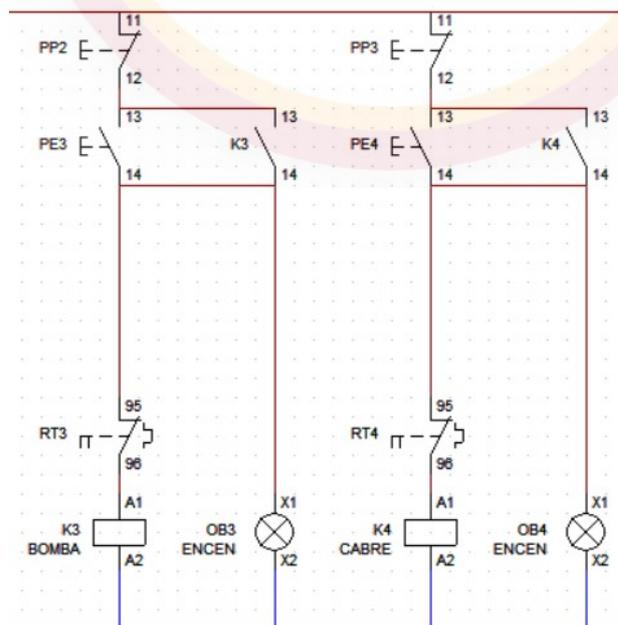




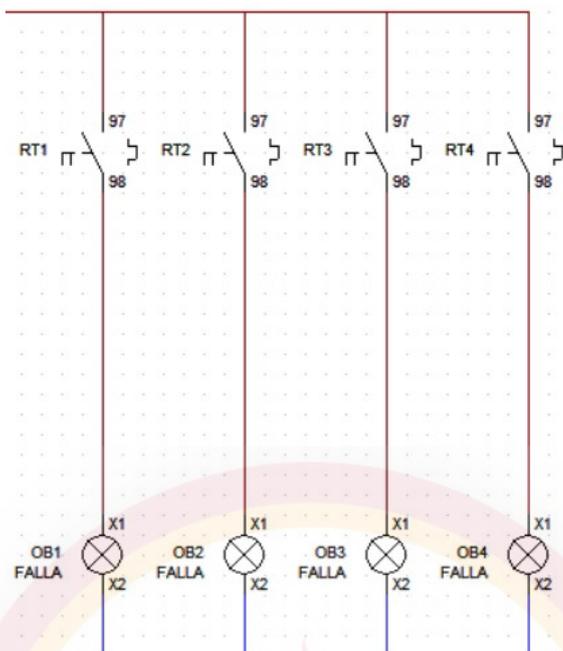
Lógica del moto reductor con inversión de marcha



Lógica del motor de la bomba y del cabrestante



Lógica de fallas



Calculo de corrientes y secciones mínimas de los conductores según la fase mas cargada

Características motor :

Serie :	Motor Modular WEG (Multi-voltaje)	
Housing material :	Aluminio	
Rendimiento $\eta$ :	IE3-73.5%	
Serie motores :	14P	
Potencia motor :	0.25	[kW]
Velocidad nominal :	1380	[r.p.m.]
Par nominal :	1.7	[Nm]
Tensión :	230/400	[V]
Frecuencia :	50	[Hz]
Conexionado :	D/Y	
Intensidad nominal :	1.19 / 0.68	[A]
Arranque a intensidad nominal :	4.8	
'cos $\phi$ ' :	0.72	
Grado de protección :	IP 55	
Posición caja bornes :	Lado 1 entrada cable lado I	
Clase aislamiento :	F	
Momento de inercia :	$0.7 \times 10^{-3}$	[kgm <sup>2</sup> ]
Rango de tensión - 50 Hz :	220-240 V (D), 380-420 V (Y)	
Rango de tensión - 60 Hz :	250-277 V (D), 440-480 V (Y)	
Caja de conexiones :	6 terminales, 6 cables (hilos)	

**771.16.2.5: Cálculo de alimentadores de tableros de comando y protección de motores y otras cargas**

Cuando desde un tablero esté prevista la alimentación de varios motores, el cable o los conductores alimentadores del tablero (circuito seccional o de distribución) deberán estar dimensionados para una intensidad no menor a la suma del 125 % de la intensidad nominal del motor de mayor potencia más la intensidad nominal de todos los demás con una simultaneidad del 100 %. De existir un factor de simultaneidad menor del 100 % y/o enclavamientos que impidan el funcionamiento simultáneo de dos motores o grupos de motores, la alimentación deberá estar dimensionada para una intensidad no menor a la suma del 125 % de la intensidad nominal del motor de mayor potencia más la intensidad nominal de todos los demás con el factor de simultaneidad que corresponda.

$$P_{motor\_rodillos} := 0.25 \text{ kW} \quad P_{motor\_bomba} := 2 \text{ hp}$$

$$P_{tomas\_luz} := 1000 \text{ W} \quad P_{motor\_cabrestante} := \frac{1}{4} \text{ hp}$$

$$c := 1.25 \quad U_{tri} := 380 \text{ V} \quad U_{mono} := 220 \text{ V} \quad \varphi := 31.78^\circ \quad \cos(\varphi) = 0.85$$

$$P_{total} := P_{motor\_rodillos} \cdot c + P_{motor\_bomba} + P_{motor\_cabrestante} + P_{tomas\_luz} = 2.99 \text{ kW}$$

**1.1) Corrientes**

$$I_{motor\_rodillos} := \frac{P_{motor\_rodillos}}{\sqrt{3} \cdot U_{tri} \cdot \cos(\varphi)} = 0.447 \text{ A} \quad I_{motor\_rodillos\_pico} := 4.8 \text{ A}$$

$$I_{motor\_bomba} := \frac{P_{motor\_bomba}}{U_{mono} \cdot \cos(\varphi)} = 7.975 \text{ A} \quad I_{motor\_bomba\_pico} := 12 \text{ A}$$

$$I_{motor\_cabrestante} := \frac{P_{motor\_cabrestante}}{U_{mono} \cdot \cos(\varphi)} = 0.997 \text{ A} \quad I_{motor\_cabrestante\_pico} := 4.8 \text{ A}$$

$$I_{tomas\_luz} := \frac{P_{tomas\_luz}}{U_{mono} \cdot \cos(\varphi)} = 5.347 \text{ A}$$

$$I_{principal} := I_{motor\_rodillos} + I_{motor\_bomba} + I_{motor\_cabrestante} + I_{tomas\_luz}$$

$$I_{principal\_pico} := I_{motor\_rodillos\_pico} + I_{motor\_bomba\_pico} + I_{motor\_cabrestante\_pico} + I_{tomas\_luz}$$

$$I_{principal} = 14.765 \text{ A}$$

$$I_{principal\_pico} = 26.947 \text{ A}$$

## 1.2) Secciones

PVC      XLPE/EPR

Material	C <sub>20</sub>	C <sub>40</sub>	C <sub>70</sub>	C <sub>90</sub>
Cobre	56	52	48	44
Aluminio	35	32	30	28
Temperatura	20 °C	40 °C	70 °C	90 °C

$$\Delta U' := 0.01 \cdot U_{tri} = 3.8 \text{ V} \quad \Delta U'' := 0.01 \cdot U_{mono} = 2.2 \text{ V} \quad L := 10 \text{ m}$$

$$S_{min\_principal} := \frac{\sqrt{3} \cdot \left( \frac{1}{44} \cdot \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right) \cdot L \cdot P_{total}}{\Delta U' \cdot U_{tri}} = 0.815 \text{ mm}^2$$

$$S_{min\_motor\_rodillo} := \frac{\sqrt{3} \cdot \left( \frac{1}{44} \cdot \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right) \cdot L \cdot U_{tri} \cdot I_{motor\_rodillos} \cdot \cos(\varphi)}{\Delta U' \cdot U_{tri}} = 0.039 \text{ mm}^2$$

$$S_{min\_motor\_rodillo} := \frac{\sqrt{3} \cdot \left( \frac{1}{44} \cdot \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right) \cdot L \cdot U_{tri} \cdot I_{motor\_rodillos\_pico} \cdot \cos(\varphi)}{\Delta U' \cdot U_{tri}} = 0.423 \text{ mm}^2$$

$$S_{min\_motor\_bomba} := \frac{2 \cdot \left( \frac{1}{44} \cdot \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right) \cdot L \cdot U_{mono} \cdot I_{motor\_bomba} \cdot \cos(\varphi)}{\Delta U'' \cdot U_{mono}} = 1.401 \text{ mm}^2$$

$$S_{min\_motor\_bomba} := \frac{2 \cdot \left( \frac{1}{44} \cdot \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right) \cdot L \cdot U_{mono} \cdot I_{motor\_bomba\_pico} \cdot \cos(\varphi)}{\Delta U'' \cdot U_{mono}} = 2.108 \text{ mm}^2$$

$$S_{min\_motor\_cabrestante} := \frac{2 \cdot \left( \frac{1}{44} \cdot \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right) \cdot L \cdot U_{mono} \cdot I_{motor\_cabrestante} \cdot \cos(\varphi)}{\Delta U'' \cdot U_{mono}} = 0.175 \text{ mm}^2$$

$$S_{min\_motor\_cabrestante} := \frac{2 \cdot \left( \frac{1}{44} \cdot \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right) \cdot L \cdot U_{mono} \cdot I_{motor\_cabrestante\_pico} \cdot \cos(\varphi)}{\Delta U'' \cdot U_{mono}} = 0.843 \text{ mm}^2$$

$$S_{min\_toma\_luz} := \frac{2 \cdot \left( \frac{1}{44} \cdot \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} \right) \cdot L \cdot U_{mono} \cdot I_{tomas\_luz} \cdot \cos(\varphi)}{\Delta U'' \cdot U_{mono}} = 0.939 \text{ mm}^2$$

Características eléctricas cables de cobre						
Sección nominal	Corriente adm, aire unipolares	Corriente adm, aire multipolares	Corriente adm, enterrados unipolares	Corriente adm, enterrados multipolares	Caída de tensión unipolares	Caída de tensión multipolares
mm <sup>2</sup>	A	A	A	A	V/A km	V/A km
1,5	18	16	30	29	21	21
2,5	25	22	39	39	13	13
4	33	30	50	51	8,7	8,61
6	41	37	63	65	5,86	5,77
10	56	52	84	88	3,46	3,37
16	75	70	108	112	2,24	2,16
25	127	88	140	144	1,41	1,34
35	157	110	168	173	1,06	0,98
50	191	133	198	207	0,82	0,74
70	244	170	243	254	0,61	0,54
95	297	207	290	306	0,48	0,41
120	345	240	330	350	0,41	0,34
150	397	277	370	393	0,35	0,29
185	453	317	419	445	0,32	0,25
240	535	374	488	519	0,27	0,21
300	617	432	553	587	0,25	0,18

Nota: Según catalogo IMSA

### 1.3) Cable seleccionado por catalogo para potencia principal y para circuitos individuales

$$I_{cable\_catalogo\_4mm2\_multipolar} := 30 \text{ A}$$

if ( $I_{cable\_catalogo\_4mm2\_multipolar} > I_{principal}$ , “Verifica”, “No verifica”) = “Verifica”

$$I_{cable\_catalogo\_2.5mm2\_multipolar} := 22 \text{ A}$$

if ( $I_{cable\_catalogo\_2.5mm2\_multipolar} > I_{motor\_bomba}$ , “Verifica”, “No verifica”) = “Verifica”

### 1.4) Selección de interruptores termomagnéticos y diferencial

$$ITM_{principal} := 25 \text{ A}$$

if ( $I_{cable\_catalogo\_4mm2\_multipolar} > ITM_{principal}$ , “Verifica”, “No verifica”) = “Verifica”

$$IDF_{principal} := 25 \text{ A}$$

if ( $I_{cable\_catalogo\_4mm2\_multipolar} > IDF_{principal}$ , “Verifica”, “No verifica”) = “Verifica”

$$ITM_{toma\_luz} := 20 \text{ A}$$

if ( $I_{cable\_catalogo\_2.5mm2\_multipolar} > ITM_{toma\_luz}$ , “Verifica”, “No verifica”) = “Verifica”