



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA  
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**



**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE TRILLADO DE LA QUINUA  
MEDIANTE EL DISEÑO DE UNA MÁQUINA TRILLADORA**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. JHON DARWIN ROQUE YANA  
Bach. EDSEL ODILON AGUILAR CAMPOS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2020**



## DEDICATORIA

*A mis padres Esteban y Domitila por su apoyo incondicional, por sus palabras de aliento, quienes, con esfuerzo y dedicación, hicieron posible que alcanzara una meta muy importante en mi vida, A mis Hermanas por su apoyo, por sus palabras de aliento y sus buenos consejos.*

***JHON DARWIN ROQUE YANA***



## DEDICATORIA

*La presente tesis se la dedico a mi familia porque ellos han dado razón a mi vida, por su apoyo incondicional, confianza y amor, me ayudaron a cumplir con mis objetivos como persona y como estudiante.*

***EDSEL ODILON AGUILAR CAMPOS***



## AGRADECIMIENTO

*A Dios por permitirme llegar a cumplir un sueño más, por estar siempre a mi lado en todo momento dándome las fuerzas necesarias para continuar luchando y seguir adelante rompiendo todas las barreras que se nos presenten.*

*A toda mi familia que con su apoyo incondicional permitieron que culmine con éxito una etapa de mi vida.*

*A mis amigos Y un sincero agradecimiento a la Universidad Nacional del Altiplano, en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica y a sus docentes por haber contribuido en mi formación profesional.*

**JHON DARWIN ROQUE YANA**

*A Dios por nunca abandonarnos y brindarme siempre la sabiduría necesaria para lograr mis metas.*

*A mis padres por su comprensión que siempre han sido mi apoyo y mi soporte y sin ellos no podría llegar a cumplir mis sueños y mis metas.*

*A todos mis amigos que han sido un apoyo para seguir adelante y poder realizarme como profesional.*

**EDSEL ODILON AGUILAR CAMPOS**



# ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTO**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE ACRONIMOS**

**RESUMEN .....13**

**ABSTRACT .....14**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

**1.1. PLATEAMIENTO DEL PROBLEMA .....15**

**1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....16**

**1.3. OBJETIVO .....17**

1.3.1. Objetivo General..... 17

1.3.2. Objetivos Específicos..... 17

**1.4. HIPÓTESIS.....17**

1.4.1. Hipótesis General..... 17

1.4.2. Hipótesis Específicas ..... 17

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO.....18**

**2.2. MARCO TEÓRICO .....19**

2.2.1. La Quinoa ..... 19

2.2.2. Descripción Botánica ..... 21

2.2.3. Importancia Del Cultivo..... 22

2.2.4. Valor Nutricional ..... 23

2.2.5. Proceso Del Trillado ..... 24

2.2.5.1. Antecedentes Del Trillado ..... 24

2.2.5.2. Trilla Manual ..... 26

2.2.5.3. Trilla Artesanal Por Golpeteo ..... 26



2.2.5.4. Trilla Con Animales .....	28
2.2.6. Máquinas Trilladoras .....	30
2.2.6.1. Antecedentes .....	30
2.2.6.2. Trilladoras Mecanizadas .....	31
2.2.6.3. Trilladoras Estacionarias. ....	31
2.2.6.3.1. La Trilladora Tubular .....	32
2.2.6.3.2. Trilladora Vencedora Modificada .....	33
2.2.6.4. Trilladoras Móviles. ....	36
2.2.6.4.1 Trilladora Vencedora Maqtron.....	36
2.2.6.4.2. Cosechadora Combinada De Granos (Alta Capacidad.....	37

### CAPÍTULO III

#### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. MATERIALES. ....</b>	<b>40</b>
3.1.1. Rodillos De Tracción. ....	41
3.1.2. Rodillos De Trilla .....	42
3.1.3 Cadenas .....	43
3.1.3.1 Transmisiones Por Cadena De Rodillos .....	43
3.1.3.2. Estructura De La Cadena De Rodillos .....	44
3.1.3.3. Componentes Y Terminología Básica En Cadenas .....	45
3.1.3.4. Ventajas De La Transmisión Por Cadenas .....	46
3.1.4. Engranajes .....	47
3.1.4.1. Tipos De Engranajes .....	47
3.1.4.1.1. Los Engranajes Rectos: .....	47
3.1.4.1.2. Los Engranajes Helicoidales:.....	47
3.1.4.1.3. Los Engranajes Cónicos: .....	48
3.1.4.1.4. El Tornillo Sinfín O De Gusano:.....	49
3.1.4.2. Componentes Y Terminologías .....	50
3.1.5. Estructura.....	51
3.1.5.1. Resistencia De Materiales.....	52
3.1.5.2. Conceptos Básicos .....	52
3.1.5.3. Características De Algunos Materiales .....	54
3.1.5.4. Centro De Gravedad.....	55
3.1.5.5. Centro De Masa .....	56



3.1.5.6. Centroide .....	56
3.1.5.7. Momento De Inercia.....	57
<b>3.2. METODOLOGÍA .....</b>	<b>59</b>
3.2.1. Métodos.....	59
3.2.1.1. Procedimiento De Cálculo .....	59
3.2.1.1.1. Procedimiento De Cálculo Por Transmisiones De Cadenas .....	59
3.2.1.1.2. Procedimiento De Cálculo Por Transmisiones De Engranajes .....	66
3.2.1.1.3. Procedimiento De Cálculo De La Estructura .....	68
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	
<b>4.1. CÁLCULO DE DISEÑO POR TRANSMISIONES DE CADENA DE RODILLOS.....</b>	<b>69</b>
4.1.1. Resultado de los cálculos por cadenas .....	73
<b>4.2. CÁLCULO POR ENGRANAJES .....</b>	<b>74</b>
4.2.1 Resultado de los cálculos por engranajes.....	76
<b>4.3. CÁLCULO DE RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA.....</b>	<b>77</b>
4.3.1. Resultado de los cálculos de resistencia de materiales.....	84
<b>4.4. PROTOTIPO DE LA TRILLADORA .....</b>	<b>85</b>
4.4.1. Ensamblaje .....	85
4.4.2. Sistema De Fuerza .....	85
4.4.3. Resultados De Las Pruebas .....	90
<b>4.5. DISCUSIÓN.....</b>	<b>91</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>92</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>93</b>
<b>VII. REFERENCIAS .....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>98</b>

**Área** : Ingeniería Mecánica

**Tema** : Diseño de Máquinas

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 15 de octubre del 2020



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Granos De Quinoa.....	20
Figura N° 2: Campos De Quinoa En Puno .....	21
Figura N° 3: Descripción Botánica .....	22
Figura N° 4: Tableros Para Trillado De Granos .....	24
Figura N° 5: Trilla Por Fricción Manual .....	26
Figura N° 6: Trilla Manual Por Golpeteo.....	27
Figura N° 7: Trilla Manual Por Golpeteo.....	28
Figura N° 8: Trilla Con Vaca O Buey.....	29
Figura N° 9: Trilla De Rodillos Jalado Por Buey .....	29
Figura N° 10: Trilladora De Madera.....	30
Figura N° 11: Trilladora De Estructura Metálica.....	31
Figura N° 12: Trilladora Tubular .....	33
Figura N° 13: Vencedora Modificada .....	35
Figura N° 14: Vencedora Maqtron.....	37
Figura N° 15: Trilladora Y Cosechadora - Maseey Ferguson .....	38
Figura N° 16: Cosechadora Y Trilladora Yammar .....	39
Figura N° 17: Procedimiento De Separación De Los Granos Manualmente .....	40
Figura N° 18: Esquema Del Proceso De Trillado.....	41
Figura N° 19: Rodillo De Tracción Dibujado En Autocad .....	42
Figura N° 20: Rodillo De Trilla Dibujado En Autocad.....	42
Figura N° 21: Estructura De La Cadena.....	44
Figura N° 22: Cadena De Rodillos.....	44
Figura N° 23: Cadena De Rodillos De Varias Hileras .....	45
Figura N° 24: Transmisiones Por Cadena .....	46





Figura N° 25: Engranajes Rectos .....	47
Figura N° 26: Engranajes Helicoidales .....	48
Figura N° 27: Engranajes Cónicos .....	49
Figura N° 28: Tornillo Sinfín.....	50
Figura N° 29: Elementos Y Notación.....	50
Figura N° 30: Engranajes En Giro .....	51
Figura N° 31: Estructura Que Soporta Los Rodillos Y El Sistema De Transmisión .....	51
Figura N° 32: Estructuras Sometidas A Esfuerzos .....	52
Figura N° 33: Centro De Gravedad De Algunas Figuras Geométricas.....	55
Figura N° 34: Centroides De Algunas Figuras Geométricas .....	56
Figura N° 35: Momentos De Inercia De Algunas Figuras .....	58
Figura N° 36: Manual Para Selección De Cadena- Ansi.....	63
Figura N° 37: Rodillo De Tracción Y Trilla.....	77
Figura N° 38: Estructuras Sometidas A Tensión Y Compresión.....	79
Figura N° 39: Simetría En La Estructura .....	79
Figura N° 40: Cargas Que Originan El Momento.....	80
Figura N° 41: Momentos En La Estructura .....	80
Figura N° 42: Sección Transversal De La Estructura Dividida En 3 Partes .....	81
Figura N° 43: Ubicación Del Centroides .....	82
Figura N° 44: Cálculo De La Distancia Para El Área Exterior I1 .....	82
Figura N° 45: Cálculo De La Distancia Para El Área Interior I2 .....	83
Figura N° 46: Pandeo En La Estructura .....	83
Figura N° 47: Ensamblaje De Rodillos De Tracción .....	85
Figura N° 48: Ensamblaje De Rodillos De Trilla .....	86
Figura N° 49: Ensamblaje Del Sistema De Transmisión .....	86
Figura N° 50: Ensamblaje Del Sistema De Transmisión Compacto: Cadenas Y Engranajes	



.....	87
Figura N° 51: Ensamblaje De Taladro Manual.....	88
Figura N° 52: Taladro De 3kw De Baja Revolución. ....	88
Figura N° 53: Prueba Y Calibración .....	89
Figura N° 54: Pruebas Definitivas .....	89
Figura N° 55: Tamaño De Tallo Al Final De La Trilla En Una Sola Pasada.....	90



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Comparación De Macronutrientes De La Quínoa Versus Otros Cereales	23
Tabla N° 02: Comparación De Minerales De La Quínoa Versus Otros Cereales .....	23
Tabla N° 03: Especificaciones Técnicas: .....	32
Tabla N° 04: Especificaciones Técnicas .....	34
Tabla N° 05: Densidad Y Peso Específico De Sólidos .....	54
Tabla N° 06: Máquinas Motrices .....	61
Tabla N° 08: Especificaciones Para Las Cadenas De Rodillos .....	64
Tabla N° 09: Número De Dientes Para Piñón Y Catalina .....	70
Tabla N° 10: Resumen De Resultados .....	73
Tabla N° 11: Evaluación Para El Módulo .....	75
Tabla N° 12: Resumen De Resultados Para Los Engranajes.....	76
Tabla N° 13: Datos Para Hallar El Centroides .....	81
Tabla N° 14: Resultados Para El Diseño De La Estructura.....	84
Tabla N° 15: Resumen De Pruebas .....	90



## ÍNDICE DE ACRONIMOS

<b>ANSI:</b>	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares
<b>ONUAA:</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación la Agricultura
<b>FAO:</b>	Organización para la Agricultura y la Alimentación
<b>NASA:</b>	La Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio
<b>CG:</b>	Centro de Gravedad



## RESUMEN

Mediante el diseño de la máquina trilladora de quinua y la construcción de un prototipo de la máquina trilladora, se logró la optimización del proceso de trillado, debido a que actualmente este proceso se realiza con máquinas diseñadas para otros productos como el trigo y la cebada, lo que origina una pérdida de tiempo y energía en el proceso para obtener el grano, debido a que el tallo y la panoja son triturados y el grano es separado en zarandas, con el consiguiente aumento del costo del trillado, motivo que justificó el desarrollo de un diseño de trilladora especial para la quinua y la elaboración de un prototipo, utilizando para ello la información que nos proporciona la tradición de los productores, los cuales en su mayoría realizan el trillado en forma manual, sin destruir el tallo y separando el grano sin emplear mucha energía. El prototipo de la trilladora está desarrollado en base a la mecanización de los procesos tradicionales, consistentes en la separación del tallo y los granos realizando una fricción superficial sin dañar el tallo y el grano de quinua; tal como como se ve en los resultados de la presente investigación, en donde incluso el trillado se puede realizar cuando la panoja tiene cierta humedad, lo que no ocurre con las máquinas empleadas actualmente. El sistema desarrollado hace que la energía invertida en el proceso de trillado sea menor y el tiempo empleado mucho más corto; para ello se usa rodillos propulsores y rodillos friccionadores, los cuales giran a revoluciones diferentes, logrando desgranar la quinua en forma mucho más rápida, con la consiguiente optimización del proceso de trillado.

**Palabras Clave:** trillado, quinua, optimización.



## ABSTRACT

Through the design of the quinoa threshing machine and the construction of a prototype of the threshing machine, the optimization of the threshing process was achieved, because currently this process is carried out with machines designed for other products such as wheat and barley. This causes a loss of time and energy in the process to obtain the grain, due to the fact that the stem and the panicle are crushed and the grain is separated in sieves, with the consequent increase in the cost of threshing, a reason that justified the development of a special threshing machine design for quinoa and the elaboration of a prototype, using the information provided by the tradition of the producers, who mostly carry out the threshing manually, without destroying the stem and separating the grain without use a lot of energy. The prototype of the thresher is developed based on the mechanization of traditional processes, consisting of the separation of the stalk and the grains by performing surface friction without damaging the stalk and the quinoa grain; As seen in the results of the present investigation, where even threshing can be done when the panicle has a certain humidity, which does not happen with the machines currently used. The developed system makes the energy invested in the threshing process less and the time spent much shorter; for this, propeller rollers and friction rollers are used, which rotate at different revolutions, managing to shell the quinoa much faster, with the consequent optimization of the threshing process.

**Keywords:** threshing, quinoa, optimization.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de este trabajo comprenderá, un breve análisis de la historia del trillado de la quinua, realizado por los agricultores de la región alto andina y el país. Proceso que comprende varias etapas para obtener el grano limpio de la quinua, por lo cual buscamos diseñar una máquina trilladora para que pueda facilitar y optimizar la producción del trillado de este cereal.

Cabe resaltar que la intención de este proyecto es ayudar a comunidades campesinas que cultivan la Quinua en una baja escala, a optimizar el proceso de trillado. Por lo tanto, los criterios de diseño y el prototipo final se tienen que ajustar a las necesidades planteadas por los agricultores y sobre todo lograr una capacidad de trillado que cumpla las exigencias impuestas por sus cultivos.

Una de las principales limitantes de la optimización del trillado de la quinua en Perú es a no dudar la falta de tecnología, la mecanización de la labor de trilla ha sido intentada utilizando para el efecto varios tipos de trilladoras de cereales o leguminosas con relativo éxito; también la trilla tradicional de quinua, que se realiza en forma manual, lo que representa trabajo laborioso y tedioso.

También se ha considerado que, al diseñar este tipo de maquinaria, se obtendrá una disminución del requerimiento de horas de trabajo por parcela, que le permitirá al agricultor utilizar el tiempo marginal en otras actividades productivas.

### **1.1. PLATEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Actualmente, los pequeños productores de quinua realizan la trilla de forma artesanal, golpeando la panoja con bastones y posteriores usando el viento se separa los



granos del material inservible. Agricultores medianos que siembran más de una hectárea, utilizan máquinas trilladoras para granos como la cebada o el trigo, adaptando cribas para separar el grano de quinua, proceso que invierte mucha energía ya que el método consiste en triturar toda la panoja, granos y tallos, para después separar los granos mediante zarandas, ventiladores y otros elementos, lo que hace un gasto innecesario de tiempo y energía, primero para triturar y después para separar.

Para solucionar estos inconvenientes, es necesario la mecanización de las diferentes labores, y en nuestro caso nos centraremos en el proceso de trilla.

## **1.2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

Se presenta el siguiente proyecto de investigación con la finalidad de aportar a la región y país una máquina que permita desarrollar la producción de quinua a gran escala, ya que, especialmente en la región alto andina, las áreas de sembrado de quinua son muy pequeñas, especialmente porque para las diferentes labores, sea el sembrado, deshierbe, abonado, cosecha y trilla se requiere de bastante mano de obra, la cual es escasa para las labores agrícolas, lo que conlleva a un alto costo de producción.

Estos procesos de trillado con máquinas adaptadas, también traen consigo que algunos granos de quinua se vean afectados por la violencia del proceso y resulten con daños en su estructura, lo que disminuye su capacidad como semilla.

Con estas consideraciones es necesario el desarrollar el diseño de una máquina trilladora especializada para la quinua, la que tenga características de rapidez, ahorro de energía y que no dañe a los granos.





### **1.3. OBJETIVO**

#### ***1.3.1. OBJETIVO GENERAL***

- Optimización del proceso de trillado de la quinua mediante el diseño de una máquina trilladora

#### ***1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS***

- Diseñar una máquina trilladora de quinua.
- Elaboración de un prototipo de una máquina trilladora de quinua para optimizar del proceso de trillado.

### **1.4. HIPÓTESIS**

#### ***1.4.1. HIPÓTESIS GENERAL***

- El uso de una máquina trilladora de quinua facilitará el proceso de trillado, aumentando así la producción significativamente y poder reducir los costos de trillado.

#### ***1.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS***

- Una información técnica de las características de la quinua, el proceso de trillado de la misma nos permitirá diseñar una maquina trilladora.
- El proceso de trillado de la quinua se optimiza más con una máquina trilladora óptima que con la manera tradicional a mano o máquinas inadecuadas.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

**Llangarí Edison, Benalcazar Eduardo (2012).** Diseño y Construcción de una Trilladora y Limpiadora de Quinoa, Riobamba – Ecuador, Tesis para Optar el Título de Ingeniero Mecánico en la Escuela superior Politécnica de Chimborazo de la Facultad de Mecánica. Una de las principales limitantes de la producción de la quinoa en Ecuador es la falta de tecnología para la cosecha, la misma que debe realizarse en época oportuna, para evitar pérdidas de grano en el campo, la mecanización de la labor de trilla ha sido intentada para el efecto varios tipos de trilladoras de cereales o legumbres con relativo éxito.

Objetivo General: Diseñar y construir una máquina trilladora – limpiadora de quinoa que se adapte a las condiciones y necesidades tanto sociales como económicas del pequeño y mediano agricultor, tomando en cuenta diferentes factores tales como: eficiencia y rapidez en el trabajo, presente una facilidad de operación de manejo, transporte de la máquina, que sea de fácil construcción, presente un rendimiento notable y su diseño sea adaptable a los requerimientos futuros.

**Rubén León (2018).** Diseño, Fabricación y Evaluación de Máquina Trilladora de Granos de Quinoa para la Región Sur Peruana, Tesis para Optar el Título de Ingeniero Mecánico en la Universidad Nacional de San Agustín de la Facultad de Producción y Servicios, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica, Arequipa – Perú : El sector agrícola de la región andina requiere para su desarrollo la utilización de maquinaria que se adapte a sus necesidades, con la cual se acelere la producción y mejore la eficiencia de los procesos.



La quinua por su alto valor alimenticio y su, adaptación a diferentes pisos agroecológicos y suelos, ha generado gran interés entre los agricultores, empresas agroindustriales, instituciones públicas y privadas, nacionales e internacionales.

**Andrés Farías (2014)** Diseño y Construcción de un Prototipo Replicable de Trilladora de Baja Capacidad Especializada en Quínoa. Proyecto de Grado Para Optar por el Título de Ingeniero Mecánico en la Universidad de los Andes de la Facultad de Ingeniería - Departamento de Ingeniería Mecánica, Bogotá - Colombia: Refiere que la recolección de la Quínoa se hace en diferentes “recogidas”, por lo cual realizarlo mediante una opción que no sea la recolecta manual generaría una alta pérdida de producción. En cuanto a la separación del grano, para realizar este proceso es más eficiente tener la planta seca en el momento del procesado, es por esto que artesanalmente el proceso de separación del grano se realiza en 2 etapas, secado de la planta y trillado. El secado de las plantas se realiza poniendo las platas sobre un plástico al sol, sin tener en cuenta las condiciones ambientales que puedan afectar el proceso. El trillado se realiza manualmente, por lo cual consume una gran cantidad de tiempo del cultivador, además de que se pierde un porcentaje considerable del grano y de Saponina (producto secundario que puede ser obtenido del cultivo de la Quínoa y es utilizado en productos cosméticos y de limpieza).

En el proyecto a realizar se pretende seguir un proceso de diseño con el fin de llegar a concretar la construcción de un primer prototipo de una máquina trilladora cuyo funcionamiento esté enfocado especialmente a la planta de Quínoa.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

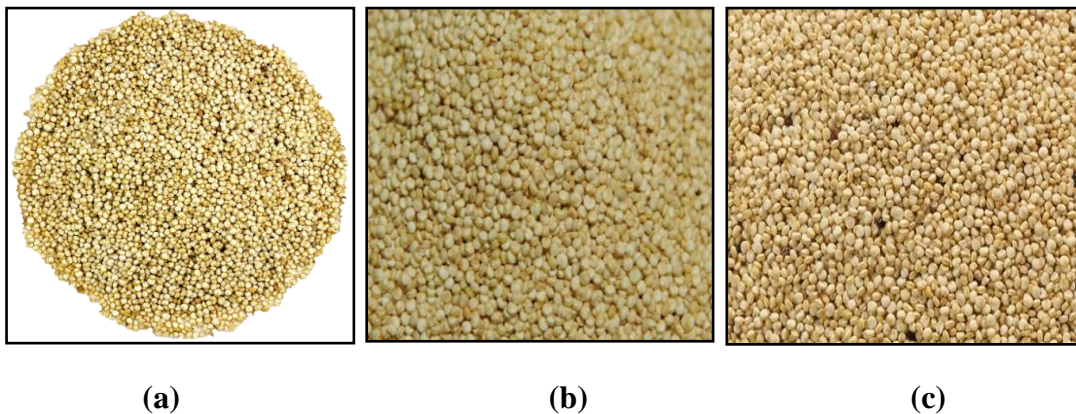
### **2.2.1. LA QUINUA**

Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), es un grano andino cultivado

principalmente en la zona altiplánica de la Cordillera de Los Andes del Perú y Bolivia. Tradicionalmente crece en tierras áridas y semiáridas, con capacidad de adaptabilidad a las adversidades climáticas y diversos pisos ecológicos. es un cultivo andino domesticado hace miles de años por las antiguas culturas de la Región Andina de Sud América.

Los requerimientos nacionales y mundiales de la quinua se han incrementado notablemente estimulando su cultivo en toda la región andina y en otros países del mundo. Su productividad y la producción pueden aumentarse a través de muchos factores y entre ellos un manejo agronómico apropiado del cultivo. (Gómez Pando & Aguilar Castellanos, 2016)

**Figura N° 1: Granos de Quinua**



**Fuente (123RF, 2020)**

[https://es.123rf.com/photo\\_33243566\\_quinua-primer-plano-fondo.html](https://es.123rf.com/photo_33243566_quinua-primer-plano-fondo.html)

**Figura N° 2: Campos de Quinua en Puno**



(a)

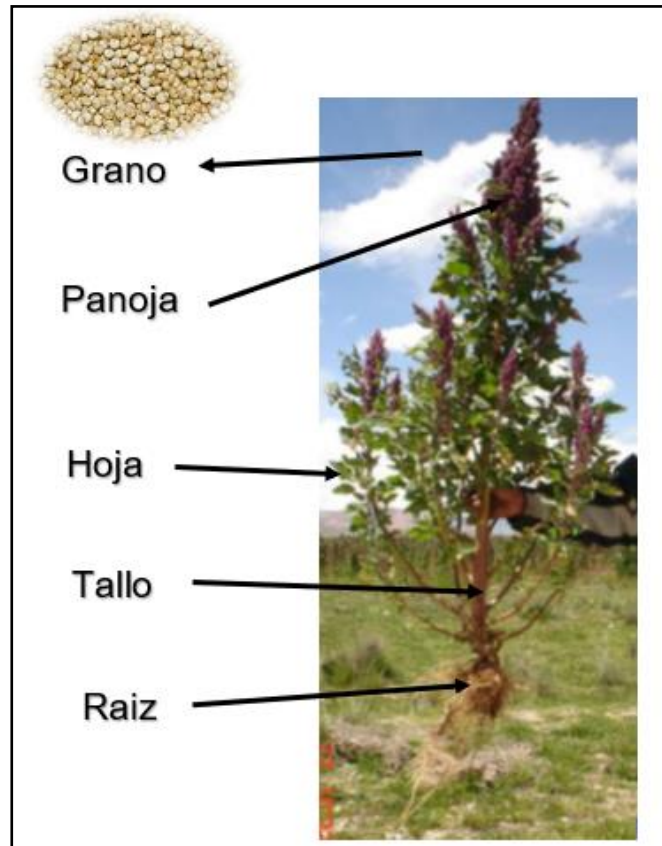
(b)

**Fuente: (Gómez Pando & Aguilar Castellanos, 2016)**

### ***2.2.2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA***

La quinua es una planta herbácea de 80 cm a 3 m de alto, con tallo erecto, generalmente poco ramificado, cilíndrico a la altura del cuello, poliédrico, glabro, y según su tipo de ramificaciones pueden presentarse con un tallo principal y varias ramas laterales cortas características de la zona del altiplano o de ramas de igual tamaño, característico en los eco tipos que se cultivan en los valles interandinos. (Tapia, 1997).

**Figura N° 3: Descripción botánica**



**Fuente: Minaya 2009**

### **2.2.3. IMPORTANCIA DEL CULTIVO**

La quinua desde 1996 fue catalogada por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, como uno de los cultivos promisorios de la humanidad no sólo por sus grandes propiedades benéficas y por sus múltiples usos, sino también por considerarla como una alternativa para solucionar los graves problemas de nutrición humana. La NASA también la incluyó dentro del sistema CELLS (en español: Sistema Ecológico Controlado para Mantener la Vida) para equipar sus cohetes en los viajes espaciales de larga duración por ser un alimento de composición nutritiva excelente. (Schlick, G. & Bubenheim, D., 1996)

La FAO considera la Quinoa como uno de los cultivos promisorios de la humanidad, no solo por las propiedades que tiene, si no por los múltiples usos de la planta. (Montoya, L. A, Martínez, L., & Peralta, J., 2005)

#### 2.2.4. VALOR NUTRICIONAL

**Tabla N° 01: Comparación de Macronutrientes de la Quinoa versus otros cereales**

	QUINUA	MAÍZ	ARROZ	TRIGO
<b>Energía (Kcal/100gr)</b>	399	408	372	392
<b>Proteína (gr/100gr)</b>	16.5	10.2	7.6	14.3
<b>Fat (gr/100gr)</b>	6.3	4.7	2.2	2.3
<b>Total Carbohidratos (gr/100gr)</b>	69	81.1	80.4	78.4

Fuente: FAO

[http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/?no\\_mobile=1](http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/?no_mobile=1)

**Tabla N° 02: Comparación de Minerales de la Quinoa versus otros cereales**

mg/100 gr	QUINUA	MAÍZ	ARROZ	TRIGO
<b>Calcio</b>	147.7	17.1	6.9	50.3
<b>Hierro</b>	13.2	2.1	0.7	3.8
<b>Magnesio</b>	249.6	127.1	73.5	169.4
<b>Fósforo</b>	383.7	292.6	137.8	467.7
<b>Potasio</b>	926.7	377.1	118.3	578.3
<b>Zinc</b>	4.4	2.9	0.6	4.7

Fuente: FAO

[http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/?no\\_mobile=1](http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/?no_mobile=1)

## 2.2.5. PROCESO DEL TRILLADO

### 2.2.5.1. ANTECEDENTES DEL TRILLADO

La palabra trillo proviene del latín TRIBULUM y literalmente significa quebrantar algo, triturarlo, machucarlo, y sus orígenes se asocian al período Neo – Eneolítico, pues según consideraciones de la profesora Patricia C. Anderson del Centre d' Etudes Préhistoire, Antiquité de Francia, se han encontrado evidencias que señalan el origen de los trillos desde hace al menos 8 000 años en el oriente medio. (Wikiwand, 2020)

En sus inicios, el trillo era un tablero grueso hecho de varias tablas, de forma rectangular o trapezoidal recubierto de esquirlas cortantes de piedras o de metal, que posibilitaban separar los granos de las espigas al ser arrastradas por esa superficie. (Wikiwand, 2020)

**Figura N° 4: Tableros Para Trillado de Granos**



(a)



(b)

**Fuente: Wikiwand**

[https://www.wikiwand.com/es/Trillo\\_\(agricultura\)](https://www.wikiwand.com/es/Trillo_(agricultura))





(Nieto C., La Quinoa Cosecha y Pocosecha algunas experiencias en Ecuador, 1992) Menciona que, la labor de la trilla consiste en el conjunto de operaciones encaminadas a obtener granos limpios, libres de paja, hojas cubiertas de grano, tallos y otras partes de la planta, empleando para tal efecto métodos tales como: fricción, golpeteo o apisonado, siempre y cuando las espigas, vainas o panojas de los cultivos hayan alcanzado por lo menos su madurez fisiológica.

La Trilla está llamada también golpeo o garroteo, la trilla se realiza cuando los granos están secos y con una humedad que fluctúa entre 10 a 13%. Se efectúa sacando las panojas secas de la parva, la cual se extiende sobre mantas preparadas apropiadamente para este fin. En algunos lugares se apisona un terreno plano, formando las eras, con arcilla bien apisonada a manera de una loza liza y consistente. Luego se procede a efectuar el golpeo de las panojas colocadas en el suelo en forma ordenada, generalmente panoja con panoja, cuyos golpes rítmicos permitirá desprender el grano de la inflorescencia, usando las denominadas huactanas o aukañas (palos curvos con mango alargado y en el extremo curvo con presencia de envolturas de cuero de llama distanciadas apropiadamente uno de otro, dando un espacio para que durante el golpeteo actúen como ventosas que faciliten la trilla). (LLANGARÍ TZAQUI & BENALCÁZAR SORIA, 2012)

(Alvarado Chavez, 2004) Define a la trilla o desgrane en la acción de separar o desprender los granos de las espigas o vainas de las plantas. La trilla mediante cosechadoras combinadas se realiza mediante un cilindro y un cóncavo, la fricción se produce debido al espacio entre el cilindro y el cóncavo, si el espacio entre ellos es reducido, la fricción es mayor y viceversa, sin embargo, no todos los granos son resistentes a grandes impactos y no todos los granos son tolerantes a la fricción para esto

se debe calibrar la velocidad del cilindro trillador y el espacio entre el cilindro y el cóncavo, de acuerdo con el tipo de semilla.

#### **2.2.5.2. TRILLA MANUAL**

También es muy común la trilla por fricción manual de las panojas sobre piedras o tejas, aunque este sistema se realiza con quinua recién cortada, es decir cuando las plantas y panojas están blandas y no lastiman las manos al momento de la fricción (Nieto C. & Vimos , 1992)

**Figura N° 5: Trilla por Fricción Manual**



**Fuente: (Nieto C. & Vimos , 1992)**

#### **2.2.5.3. TRILLA ARTESANAL POR GOLPETEO**

El trillado artesanal por golpeteo o maja es aquel que se utiliza cuando la cosecha no es grande. Aquí se recurre a un madero largo con el cual se golpea la mies y con las manos se va desalojando la paja gruesa, que esta luego sirve para utilizarla en los techos de las chozas o casas de campo y también para preparar los alimentos sustituyendo a la leña. ( Alarcón Porras, 2014)

Consiste en separar los granos o semillas, golpeando las panojas con ayuda de palos encorvados, denominados jaukañas (aymara) o guajtanas (quechua), sobre una base que puede ser tolderos, mantas de yute, de lona u otro material. Se recomienda colocar las panojas en forma ordenada con panojas en un solo sentido, separando las quinuas que no corresponden a la variedad cultivada. (LLANGARÍ TZAQUI & BENALCÁZAR SORIA, 2012).

**Figura N° 6: Trilla Manual por Golpeteo**



**Fuente:** <http://perso.wanadoo.es/necarro/datosdeinteres.htm>

**Figura N° 7: Trilla Manual por Golpeteo**

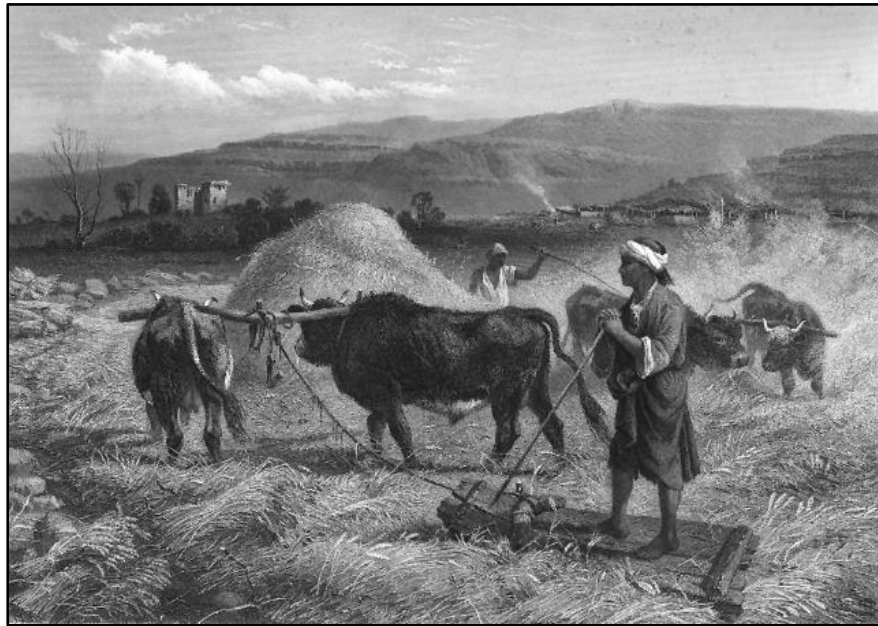


**Fuente:** [http://laquinua.blogspot.com/2010\\_05\\_01\\_archive.html](http://laquinua.blogspot.com/2010_05_01_archive.html)

#### **2.2.5.4. TRILLA CON ANIMALES**

En otros tipos de máquinas antiguas, el agricultor se subía a ellas para hacer peso, mientras que una vaca, buey o caballo, tiraban de ella en forma de círculo sobre montones de cereales, por ejemplo, trigo ya seco, separando así el grano de las espigas. (Rodríguez Cabrera, Escudero, & Hernández, 2013)

**Figura N° 8: Trilla con Vaca o Buey**



**Fuente:** <https://www.wikiwand.com/es/Trilla>

**Figura N° 9: Trilla de Rodillos Jalado por Buey**



**Fuente:** [https://www.wikiwand.com/es/Trillo \(agricultura\)](https://www.wikiwand.com/es/Trillo_(agricultura))

## 2.2.6. MÁQUINAS TRILLADORAS

### 2.2.6.1. ANTECEDENTES

se difundieron de forma generalizada en todo el mundo desarrollado a partir de la segunda mitad del siglo XIX, fecha en que comienzan a difundirse las cosechadoras que combinan las operaciones de siega – trilla y limpia de manera autopropulsada o con ayuda del tractor como fuente motriz.

Las primeras cosechadoras eran accionadas por medio de sus propias ruedas (años 1880) y eran tiradas por grupos considerables de animales, (hasta 40 caballos o mulas) y luego por dos o más tractores de vapor hasta inicios del siglo XX. (Rodríguez Cabrera, Escudero, & Hernández, 2013)

**Figura N° 10: Trilladora de Madera**



**Fuente: (SHUTTERSTOCK, 2020)**

<https://www.shutterstock.com/image-photo/old-rusted-threshing-machine-isolated-on-632666561>

**Figura N° 11: Trilladora de Estructura Metálica**



**Fuente: (DREAMSTIME, 2020)**

[https://es.dreamstime.com/trilladora-abandonada-en-el-campo image129651915](https://es.dreamstime.com/trilladora-abandonada-en-el-campo-image129651915)

#### **2.2.6.2. TRILLADORAS MECANIZADAS**

Son máquinas portátiles y/o estacionarias que funcionan con motor propio. El mejor rendimiento se obtiene trabajando con 5 personas, un operador de la trilladora, dos que van a par, cerca de la trilladora, uno que abastece al operador de la máquina y uno que separa y traslada la broza (tallos, brozas) con horqueta. El rendimiento promedio de la trilladora es de 130 kg/hora. (LLANGARÍ TZAQUI & BENALCÁZAR SORIA, 2012)

#### **2.2.6.3. TRILLADORAS ESTACIONARIAS.**

Estas trilladoras tienen una capacidad moderada de producción, además carecen de un mecanismo alimentador para ello están provistas de una tolva de alimentación que permite guiar adecuadamente la entrada de las panojas hacia el cilindro trillador. Son de pequeña dimensión lo cual favorece su traslado. (León Gutiérrez, 2018)



### Las partes Principales de las Trilladoras Estacionarias son:

- Cilindro desgranador.
- Cóncavo.
- Mecanismo de limpieza.
- Caja de recolección.

#### 2.2.6.3.1. LA TRILLADORA TUBULAR

Es un equipo muy liviano con toma de fuerza independiente y puede ser trasladada en una camioneta. Tiene una vida útil mayor a 10 años y con un costo de \$. 2000 dólares.

El rendimiento promedio de la trilladora tubular es de 95 kg/h en el procesamiento de granos de quinua con un 15 % de jipi, que se separa mediante el venteado del grano. La zaranda de salida permite obtener un grano casi limpio evitando la labor de tamizado posterior, como ocurre en el caso de otras trilladoras. (Soto, Marconi, & Rojas, 2008)

**Tabla N° 03: Especificaciones técnicas:**

Características	Trilladora
Peso de la trilladora (kg)	65
Largo, Ancho, Alto (cm)	145 x 40 x135
Dimensiones de la tolva (cm)	55 x 70
Fuente de Tracción	Motor a gasolina
Capacidad del motor	5 HP
Peso del motor (kg)	16.5
Vida útil (años)	mayor a 10

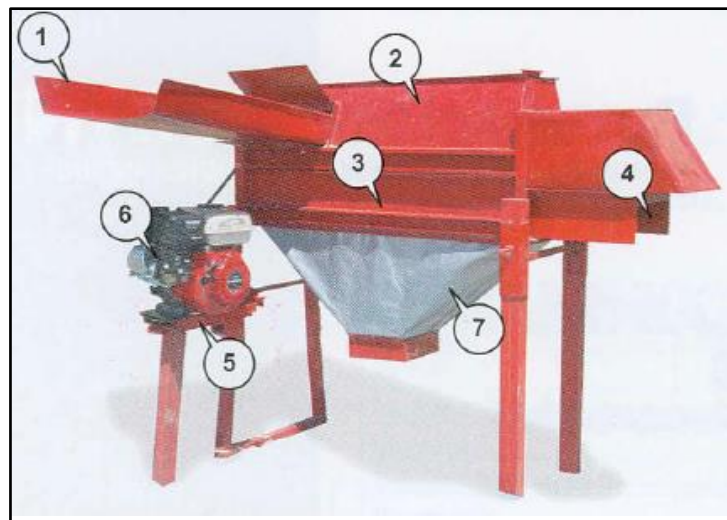
**Fuente: FUNDACIÓN PROINPA**



### Partes de la trilladora:

1. plataforma de alimentación
2. cuerpo de trilla
3. zaranda de salida de granos
4. salida de broza
5. base del motor
6. motor a gasolina de 5 hp
7. colector de grano trillado

**Figura N° 12: Trilladora Tubular**



**Fuente: Fundación PROINPA**

#### **2.2.6.3.2. TRILLADORA VENCEDORA MODIFICADA**

La trilladora Vencedora es un equipo de fabricación brasilera, para las condiciones del altiplano, requiere de un tractor para remolcar o un camión para transportar. La máquina es poco apropiada para las condiciones de los pequeños productores con parcelas

dispersas. Por estas razones, a nivel local en el año 2007, el equipo se ha adaptado reduciendo su tamaño y manteniendo los principios de trilla y ventilación, con un coste de \$ 2500 dólares.

Las pruebas con este equipo se realizaron en el Altiplano Norte y Centro de Bolivia. Su rendimiento fue de 180 a 210 kg/h, con una efectividad de 85 % de grano y 15 % de jipi (hojas y perigonio triturado). (Soto, Marconi, & Rojas, 2008)

**Tabla N° 04: Especificaciones Técnicas**

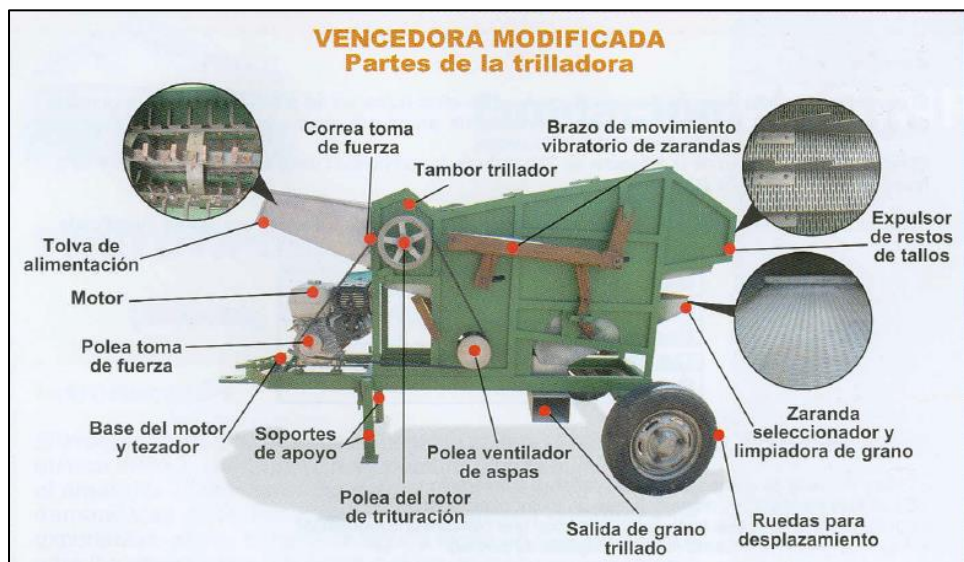
<b>Características</b>	<b>Trilladora</b>
Fuente de tracción	Motor estacionario a gasolina
Capacidad del motor	13 HP (Honda GX 390)
Tipo	Estacionario
Rotor de trituración	Con dientes a martillo
Peso de la trilladora	550 kg
Peso del motor	30 kg
Largo de trilladora	2.80 m
Ancho de trilladora	0.70 m
Alto de trilladora	1.60 m
Dimensiones tolva de alimentación	0.60 x 0.45 (m)
Vida útil	> a 20 años

**Fuente: Fundación PROINPA**

## Partes de la Trilladora

- Tolva de alimentación
- Tambor trillador
- Brazo de movimiento vibratorio de zarandeo
- Expulsor de restos de tallo
- Zaranda seleccionadora y limpiadora de granos
- Salida de grano de trillado
- Motor
- Polea para, toma de fuerza, ventilador de aspas, del rotor de trituración
- Soporte de apoyo
- Ruedas para desplazamiento

**Figura N° 13: Vencedora Modificada**



**Fuente: PROINPA**



#### **2.2.6.4. TRILLADORAS MÓVILES.**

Esta trilladora tiene una mayor capacidad que las estacionarias trillan grandes volúmenes de producción. Algunas máquinas combinan dos procesos como son la siega y la trilla. Estas máquinas son bastante voluminosas y tienen un costo bastante mayor que las anteriores esto debido a la autopropulsión mecanismo de alimentación separación y limpieza de grano. (León Gutiérrez, 2018)

##### **Partes Principales de las Trilladoras Móviles:**

- Mecanismo alimentador
- Cilindro desgranador y cóncavo.
- Sacudidor.
- Zarandón.
- Caja de primera limpia.
- Caja de segunda Limpia.
- Desbarbador.
- Cilindro clasificador de semilla.

##### **2.2.6.4.1 TRILLADORA VENCEDORA MAQTRON**

La trilladora vencedora maqtron de fabricación brasileña, de mayor dimensión tiene sistema de trillado y de venteo conjuntamente para obtener un producto más limpio del grano, de fácil remolque a tractor o carro para su movilidad, su rendimiento según los fabricantes es de 700 – 800 kg/h. Su precio es de \$ 10800 dólares.

##### **Datos Técnicos:**

- Peso: 460kg

- Largo: 312cm
- Alto:201cm
- Ancho:167cm
- Ancho del cilindro:43.7cm
- Distancia entre ejes: 189cm
- Motores requeridos:
- Motor diésel: 10 – 13 HP
- Motor a Gasolina: 13 – 15 HP
- Motor eléctrico: 10 CV

**Figura N° 14: Vencedora Maqtron**



**Fuente: (POTDEVIN CABEZAS, 2015)**

#### **2.2.6.4.2. COSECHADORA COMBINADA DE GRANOS (ALTA CAPACIDAD)**

Se trata de cosechadoras que realizan la siega, trilla y venteo en el mismo campo de cultivo; por lo tanto, son máquinas autopropulsadas con motor propio que van más allá

de 70 HP de potencia y su rendimiento es bastante alto en la cosecha. Las cosechadoras combinadas cortan o recogen el cultivo al mismo tiempo que se desplazan por el campo cosechando todo tipo de cultivos, reduciendo el empleo de mano de obra, realizando la cosecha en forma oportuna lo que permite que el grano llegue oportunamente al mercado. Sin embargo, la inversión es alta. Mecánicamente es una estructura en la cual se encuentran convenientemente ubicados todas sus partes funcionales y el motor que da movimiento a los mecanismos recolectores, de trilla, limpieza, descarga y transmisión a las ruedas. ( PRADO VALLEJO, 2016)

**Figura N° 15: Trilladora y Cosechadora - Maseey Ferguson**



**Fuente: ( PRADO VALLEJO, 2016)**

**Figura N° 16: Cosechadora y Trilladora YAMMAR**



**Fuente: (KONG NUON GROUP, 2020)**

<http://www.kongnuongroup.com/en/pdetail/view/2>

En su proyecto de investigación Tecnologías de Cosecha de Quinoa en el Distrito de Acocro, Provincia de Huamanga, una de las partícipes del proyecto indica lo siguiente.

**Roció Prado** resume que estas tecnologías contribuyen a mejorar la pureza comercial del producto final, al ahorro de tiempo y dinero en el uso de mano de obra. También es ponderable reconocer la importancia de que, ahora, los agricultores están tomando conciencia del significado de un producto de calidad, lo que repercute en mayores ingresos para las familias por la valoración y precio que recibe el producto. Sin embargo, es necesario considerar los aspectos que dificultan su adopción y que son básicamente los relacionados a la disponibilidad y costos de la tecnología innovadora (herramientas y/o maquinarias). (2016)

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIALES.

Para poder realizar el presente trabajo de investigación, primero se revisó la literatura y se conversó con productores de quinua de diferentes zonas de la Región de Puno, en donde después del análisis de la información se procedió a entender el fenómeno del proceso de trilla tradicional y mecanizado, llegando a la conclusión de que a través de un proceso de separación de los granos con una mano y agarre del tallo con la otra, se obtiene la separación de los granos sin necesidad de destruir el tallo, con la consiguiente optimización del tiempo y consumo de energía en el proceso, tal como se aprecia en la figura

**Figura N° 17: Procedimiento de Separación de los Granos Manualmente**



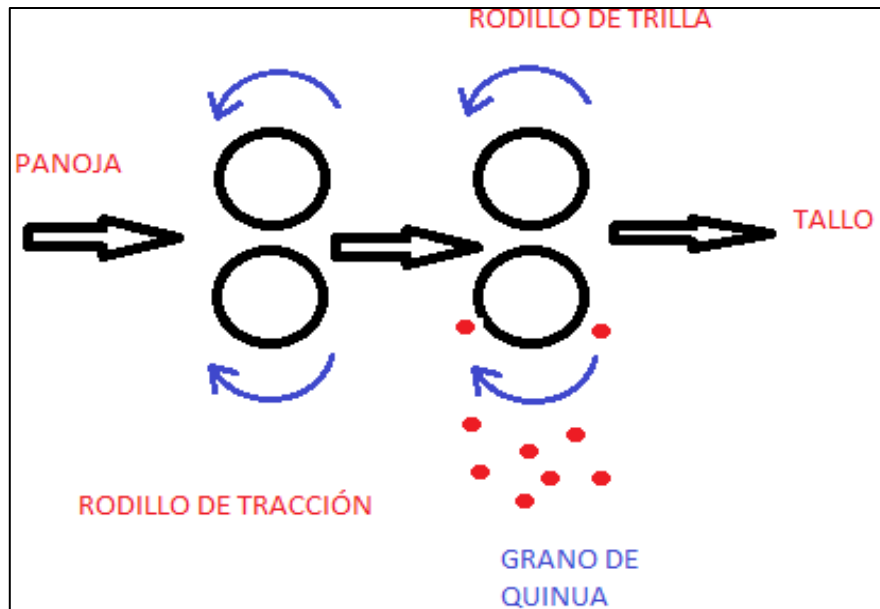
**Elaborado por el Equipo de Trabajo**

Una vez definido el proceso a mecanizar se procedió a concebir la máquina que pueda realizar la acción de las manos en forma continua y después de varias propuestas



se decidió por concebir el proceso mediante pares de rodillos paralelos con velocidades diferentes y acciones diferentes. El esquema concebido se visualiza en la figura.

**Figura N° 18: Esquema del Proceso de Trillado**



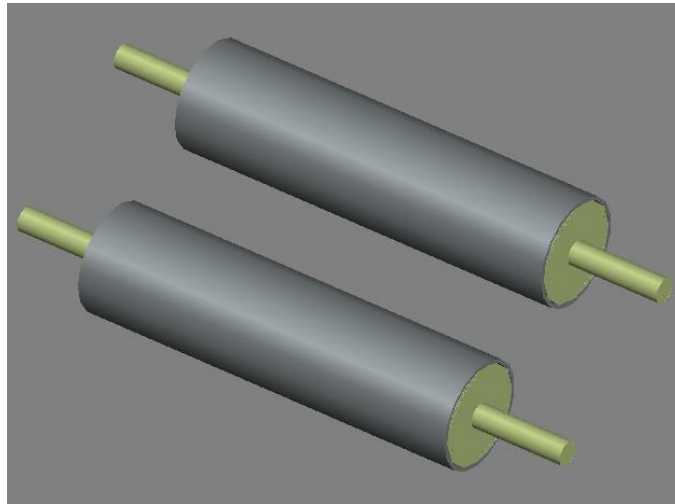
**Elaborado por el Equipo de Trabajo**

Una vez concebido el esquema general se procedió a la fabricación de un prototipo que realizara la acción de la figura.

### **3.1.1. RODILLOS DE TRACCIÓN.**

Para los rodillos de tracción se usará un tubo de acero de 100 mm, de diámetro y 400 mm de largo, cubierto de una superficie de goma flexible, con el fin de dar movimiento a la panoja y no dañe los granos de quinua en esa acción. Tal como se muestra en la figura.

**Figura N° 19: Rodillo de Tracción Dibujado en AutoCAD**

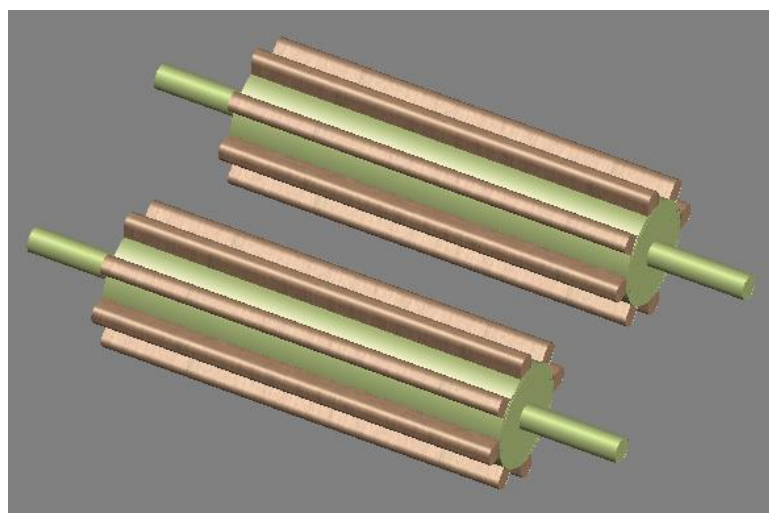


**Elaborado por el Equipo de Trabajo**

### **3.1.2. RODILLOS DE TRILLA**

Para los rodillos de trilla se usan tubos de acero de 100 mm de diámetro y 400 mm de largo, revestidos con aletas de madera quienes golpearán a la panoja y se desprenderán los granos cayendo a la superficie, tal como se ve en la figura.

**Figura N° 20: Rodillo de Trilla Dibujado en AutoCAD**



**Elaborado por el Equipo de Trabajo**



### **3.1.3 CADENAS**

Sirven para la transmisión de movimiento de una rueda dentada a otra rueda dentada, cada rueda va montada a un eje. Constituyen un sólido y seguro medio para la transmisión de potencia (energía mecánica)

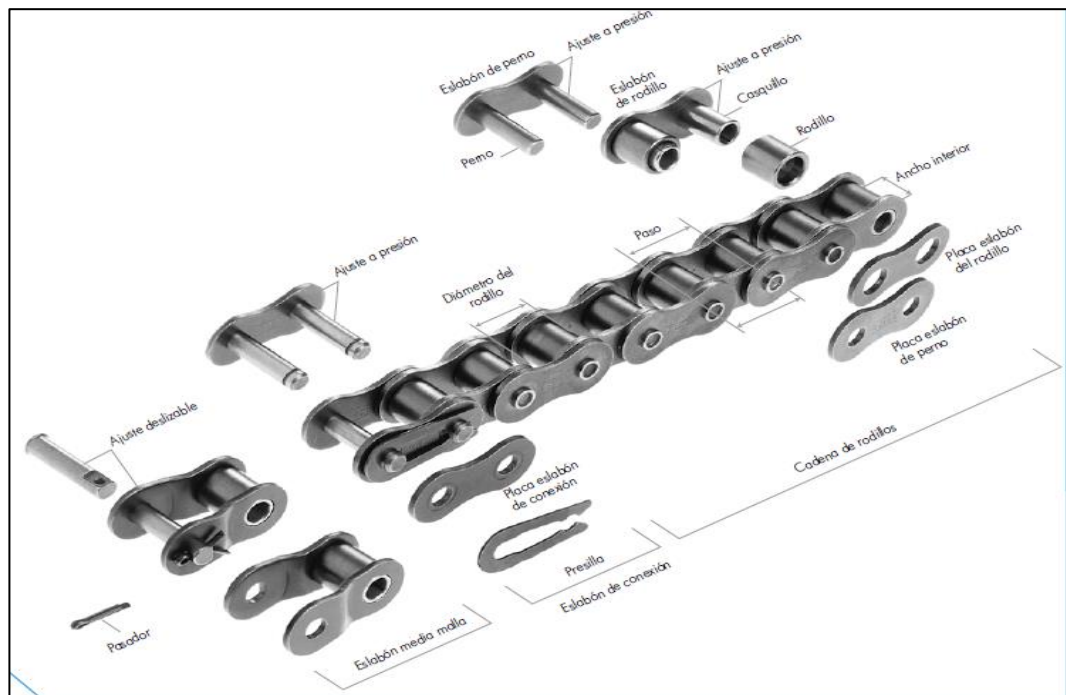
#### **3.1.3.1 TRANSMISIONES POR CADENA DE RODILLOS**

Las transmisiones mediante cadenas son mecanismos formados por cadenas y ruedas dentadas (conocidas como catarinas) que se encargan de transferir un movimiento de rotación entre dos ejes paralelos, por medio del empuje generado entre los dientes de las catarinas y los eslabones de la cadena. El mecanismo consta de dos catarinas y un elemento deformable formado por una serie de eslabones rígidos que pueden tener un giro relativo entre ellos. (Ramirez Lozano, 2000)

Las características básicas de las transmisiones de cadena incluyen una relación constante puesto que no se involucra al deslizamiento ni el arrastre, vida larga y capacidad para impulsar varios ejes a partir de una sola fuente de potencia. (G. Budynas & Keith Nisbett, 2011)

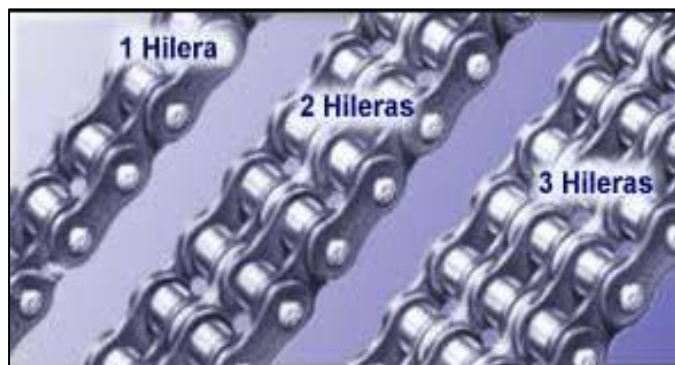
### 3.1.3.2. ESTRUCTURA DE LA CADENA DE RODILLOS

Figura N° 21: Estructura de la Cadena



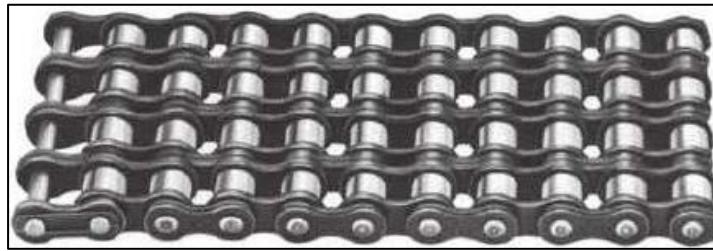
Fuente: (TSUBAKI, 2015)

Figura N° 22: Cadena de Rodillos



Fuente: (TSUBAKI, 2015)

**Figura N° 23: Cadena de Rodillos de Varias Hileras**

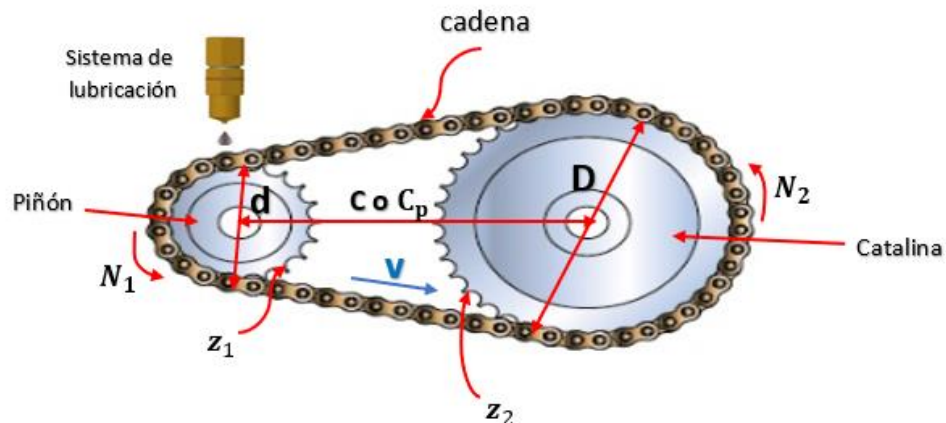


Fuente: (TSUBAKI, 2015)

### 3.1.3.3. COMPONENTES Y TERMINOLOGÍA BÁSICA EN CADENAS

- $m_g$  : Relación de transmisión
- $Z_1$  : # dientes del piñón
- $Z_2$  : # dientes de la catalina
- $N_1$  : RPM del piñón
- $N_2$  : RPM de la catalina
- $d_p$  : diámetro de paso del piñón
- $D_p$  : diámetro de paso de la catalina
- $C$  : distancia entre centros ( pulg, pies, m, cm, etc)
- $C_p$  : distancia entre centros en pasos de cadena
- $V$  : velocidad tangencial ( pies/min)

Figura N° 24: Transmisiones por Cadena



Fuente: (Blinklearning, 2020)

<https://www.blinklearning.com/coursePlayer/clases2.php?idclase=117992286&idcurso=2017766>

#### 3.1.3.4. VENTAJAS DE LA TRANSMISIÓN POR CADENAS

- La variación en la distancia de centros entre flechas se puede acomodar más fácilmente que con transmisiones con engranes.
- Las cadenas son más fáciles de instalar y reemplazar que las bandas.
- Las cadenas no requieren de tensión en el lado flojo. Por lo que, las cargas sobre los apoyos son reducidas.
- Cadenas no se deslizan o se resbalan como sucede con las bandas
- Las transmisiones con cadenas son más compactas debido al menor tamaño de las catarinas con respecto a las poleas para la misma transferencia de potencia.
- Las cadenas no producen cargas estáticas.
- Las cadenas operan a menor temperatura que las bandas.
- Las cadenas no sufren tanto deterioro por aceite, calor o grasa.

### 3.1.4. ENGRANAJES

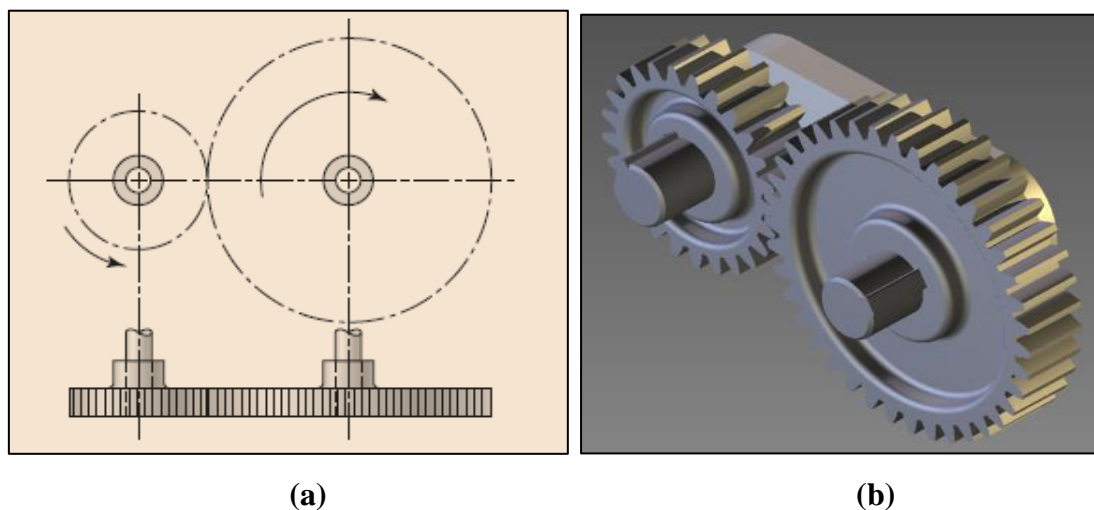
Son elementos mecánicos, que permiten transmitir el movimiento entre ejes no alineados y modificar la velocidad de giro. Los ejes pueden ser paralelos, cruzarse o cortarse formando cierto ángulo, siendo la relación de velocidad de giro de los ejes dependiente de los diámetros primitivos de los engranajes empleados. (Fadón Salazar, Cerón Hoyos, & Díez Gutiérrez, 2016).

#### 3.1.4.1. TIPOS DE ENGRANES

##### 3.1.4.1.1. LOS ENGRANES RECTOS:

Que se ilustran en la figura (25), tienen dientes paralelos al eje de rotación y se emplean para transmitir movimiento de un eje a otro eje paralelo. De todos los tipos, el engrane recto es el más sencillo, razón por la cual se usará para desarrollar las relaciones cinemáticas básicas de la forma de los dientes.

**Figura N° 25: Engranajes Rectos**



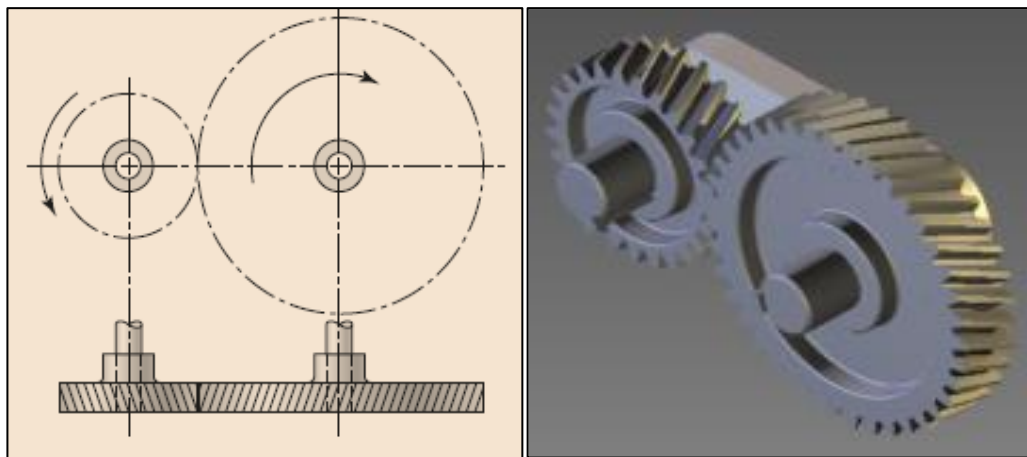
**Fuente: (G. Budynas & Keith Nisbett, 2011)**

##### 3.1.4.1.2. LOS ENGRANES HELICOIDALES:

Que se muestran en la figura 26, poseen dientes inclinados con respecto al eje de

rotación, y se utilizan para las mismas aplicaciones que los engranes rectos y, cuando se utilizan en esta forma, no son tan ruidosos, debido al engranado más gradual de los dientes durante el acoplamiento. Asimismo, el diente inclinado desarrolla cargas de empuje y pares de flexión que no están presentes en los engranes rectos. En ocasiones, los engranes helicoidales se usan para transmitir movimiento entre ejes no paralelos. De sus inconvenientes se puede decir que se desgastan más que los rectos, son más caros de fabricar y necesitan generalmente más engrase que los rectos

**Figura N° 26: Engranajes Helicoidales**



(a)

(b)

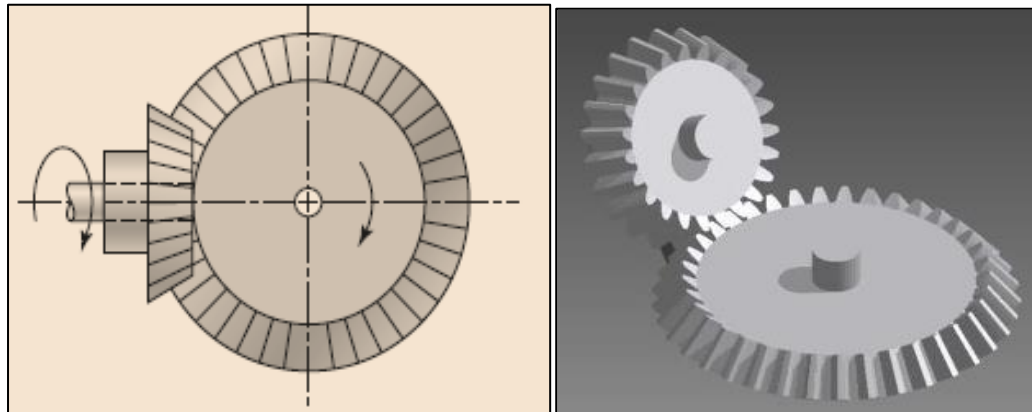
**Fuente: (G. Budynas & Keith Nisbett, 2011)**

#### **3.1.4.1.3. LOS ENGRANES CÓNICOS:**

Como los de la figura 27, que presentan dientes formados en superficies cónicas, se emplean sobre todo para transmitir movimiento entre ejes que se intersecan. Son utilizados para efectuar reducción de velocidad con ejes en  $90^\circ$ . Estos engranajes generan más ruido que los engranajes cónicos helicoidales. Se utilizan en transmisiones antiguas y lentas. En la actualidad se usan muy poco.



**Figura N° 27: Engranajes Cónicos**



(a)

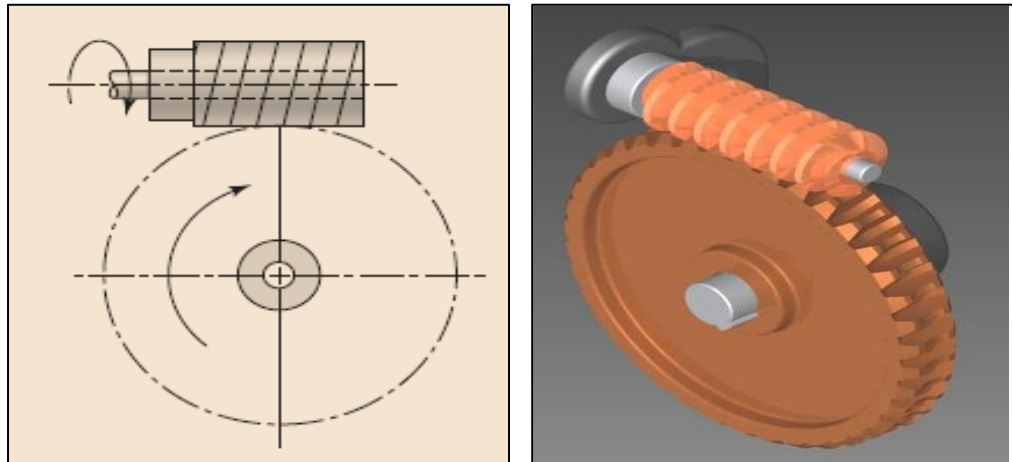
(b)

**Fuente: (G. Budynas & Keith Nisbett, 2011)**

#### **3.1.4.1.4. EL TORNILLO SINFÍN O DE GUSANO:**

Que se muestra en la figura 28, representa el cuarto tipo de engrane básico. Como se indica, el gusano se parece a un tornillo. Es un mecanismo diseñado para transmitir grandes esfuerzos, y como reductores de velocidad aumentando la potencia de transmisión. Generalmente trabajan en ejes que se cortan a  $90^\circ$ . Tiene la desventaja de no ser reversible el sentido de giro, sobre todo en grandes relaciones de transmisión y de consumir en rozamiento una parte importante de la potencia. Este mecanismo si transmite grandes esfuerzos necesario que esté muy bien lubricado para matizar los desgastes por fricción.

Figura N° 28: Tornillo Sinfín



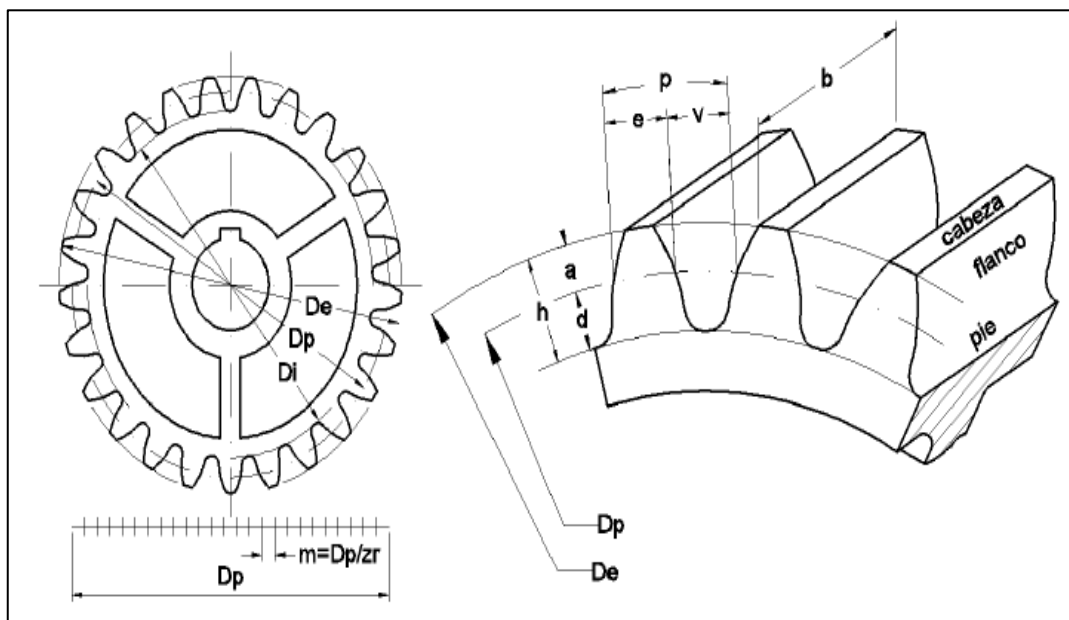
(a)

(b)

Fuente: (G. Budynas & Keith Nisbett, 2011)

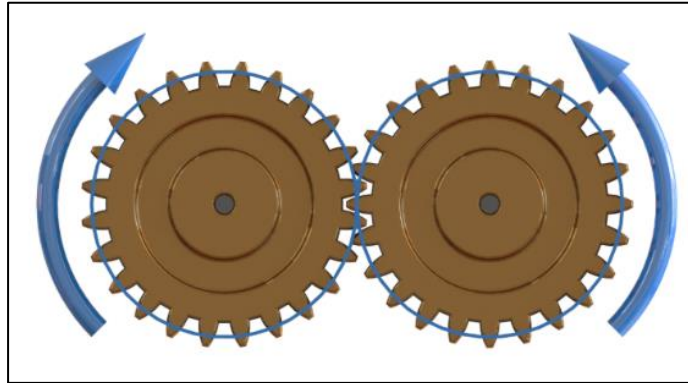
### 3.1.4.2. COMPONENTES Y TERMINOLOGÍAS

Figura N° 29: Elementos y Notación



Fuente: (Fadón Salazar, Cerón Hoyos, & Díez Gutiérrez, 2016)

**Figura N° 30: Engranajes en Giro**

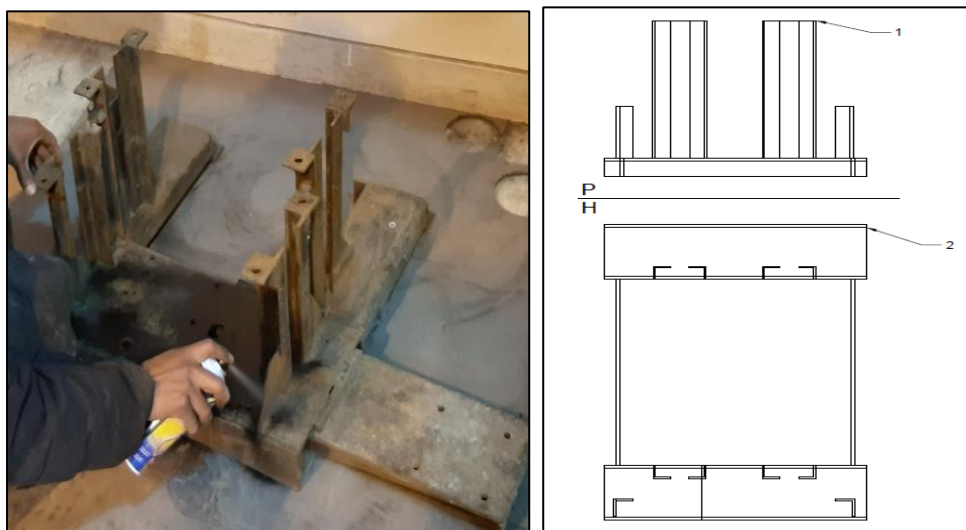


**Fuente: (Robotics plus, 2020)**

### **3.1.5. ESTRUCTURA**

La estructura se realizará de perfiles comerciales disponibles en el mercado que garanticen la estabilidad, rigidez y sea del tipo modular para realizar modificaciones de las distancias entre los rodillos a fin de evaluar el funcionamiento y comportamiento del prototipo, tal como se muestra en la figura.

**Figura N° 31: Estructura que Soporta los Rodillos y el Sistema de Transmisión**

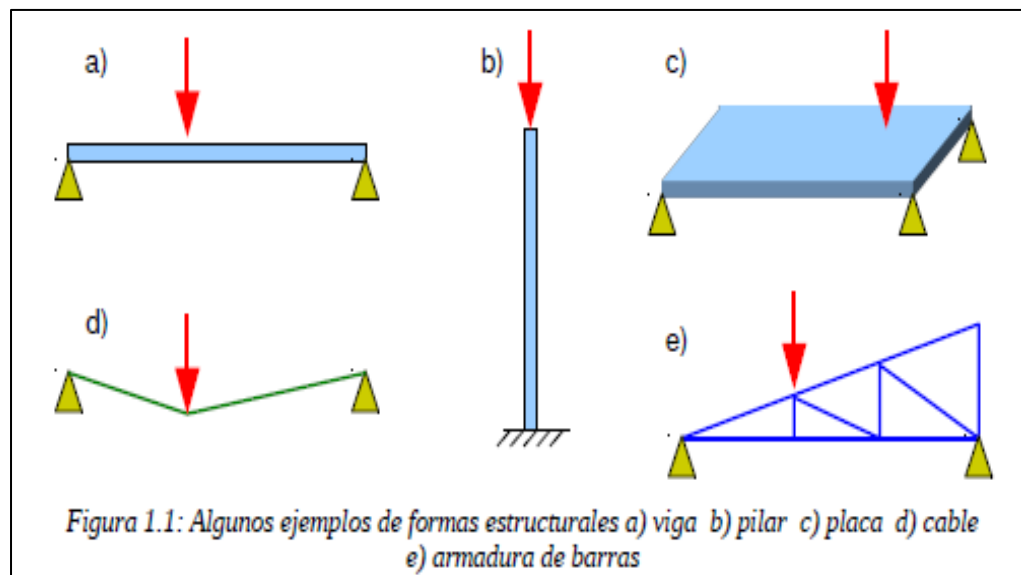


**Elaborado por el Equipo de Trabajo**

### 3.1.5.1. RESISTENCIA DE MATERIALES

Los elementos de una estructura deben de aguantar, además de su propio peso, otras fuerzas y cargas exteriores que actúan sobre ellos. Dependiendo de su posición dentro de la estructura y del tipo de fuerzas que actúan sobre ellos, los elementos o piezas de las estructuras soportan diferentes tipos de esfuerzos. Una fuerza sobre un objeto tiende a deformarlo, la deformación producida dependerá de la dirección, sentido y punto de aplicación donde esté colocada esa fuerza. (María , 2011)

**Figura N° 32: Estructuras Sometidas a Esfuerzos**



**Fuente: (JC, 2014)**

### 3.1.5.2. CONCEPTOS BÁSICOS

- **Fuerza:** es todo agente capaz de modificar la cantidad de movimiento o la forma de los cuerpos materiales.
- **Vector:** es una herramienta geométrica utilizada para representar una magnitud física del cual depende únicamente un módulo (o longitud) y una dirección (u orientación) para quedar definido.



- **Momento:** de una fuerza (respecto a un punto dado), es una magnitud vectorial, obtenida como producto vectorial del vector de posición del punto de aplicación de la fuerza con respecto al punto al cual se toma el momento por la fuerza, en ese orden. Generan giros.
- **Esfuerzo:** es la fuerza que hace un elemento de la estructura para no ser deformado por las cargas. Los esfuerzos pueden ser: esfuerzos compuestos y esfuerzos variables.
- **Resistencia:** es cuando la carga actúa y produce deformación. Es la capacidad de un cuerpo para resistir una fuerza aun cuando haya deformación.
- **Rigidez:** es cuando la carga actúa y no produce deformación. Es la capacidad de un cuerpo para resistir una fuerza sin deformarse.
- **Carga:** es la fuerza exterior que actúan sobre los diferentes elementos. Podemos diferenciar tres tipos de cargas, como son: la carga estática, la carga dinámica y la carga cíclica.
  - ❖ Carga estática: es la fuerza que se aplica gradualmente desde en valor inicial cero hasta su máximo valor  $F$ . Es decir, aquella que es invariable o su magnitud crece de forma lenta (un coche encima de un puente, etc.).
  - ❖ Carga dinámica: es la fuerza que se aplica con velocidad sobre la pieza que la debe soportar. En este caso la tensión producida es mayor que la de la carga estática, pues la energía cinética de la carga absorbida elásticamente por la pieza, lo cual origina un aumento de la tensión en la misma. Este aumento puede ser mayor que la propia tensión estática.
  - ❖ Carga cíclica o alternada: es aquella que cambia de dirección o magnitud (o ambas) de forma cíclica o alternada (cigüeñal, amortiguadores, etc.).

### 3.1.5.3. CARACTERÍSTICAS DE ALGUNOS MATERIALES

Tabla N° 05: Densidad y Peso específico de Sólidos

<b>ALGUNOS EJEMPLOS DE DENSIDAD Y PESO ESPECÍFICO DE SÓLIDOS</b>		
<b>SÓLIDO</b>	<b>DENSIDAD</b>	<b>PESO ESPECÍFICO</b>
	grs/cm <sup>3</sup>	N/m <sup>3</sup>
POLIURETANO	0.04	392
CORCHO	0.24	2350
PINO	0.31 - 0.76	3040 - 7450
HAYA	0.66 - 0.83	6470 - 8135
ENCINA	0.69 - 1.03	6760 - 10100
ROBLE	0.81 - 1.07	7940 - 10485
HIELO	0.92	9015
CAUCHO	0.95	9310
MAGNESIO	1.74	17050
LADRILLOS	1.84	18030
ALABASTRO	2.3	22540
HORMIGON	2.4 - 2.5	23520 - 24500
VIDRIO	2.5	24500
CUARZO	2.5 - 2.8	24500 - 27440
MARMOL ORDINARIO	2.5 - 2.85	24500 - 27930
GRANITO	2.51 - 3.05	24600 - 29890
ALUMINIO	2.7	26460
DIAMANTE	3.52	34496
ESTAÑO	7.31	71640
BRONCE	7.4	72520
ACERO	7.85	76930
HIERRO	7.87	77165
LATON	8.6	84280
COBRE	8.96	87810
PLATA	10.5	102900
PLOMO	11.34	111130
URANIO	19.05	186690
ORO	19.3	189140
PLATINO	21.45	210700

Fuente: (ATPP, 2008)

### 3.1.5.4. CENTRO DE GRAVEDAD

El centro de gravedad de un cuerpo rígido es el punto **G** donde puede aplicarse una sola fuerza **W**, llamada peso del cuerpo, para representar el efecto de atracción de la tierra sobre ese cuerpo. Es el punto del espacio en el que se considera que esta aplicado el peso.

**Figura N° 33: Centro de Gravedad de Algunas Figuras Geométricas**

	Nombre	Figura	$\bar{x}$	$\bar{y}$	$\Lambda$
1	Rectángulo		$\frac{b}{2}$	$\frac{h}{2}$	$bh$
2	Triángulo		$\frac{a+b}{3}$	$\frac{h}{3}$	$\frac{bh}{2}$
3	Triángulo rectángulo		$\frac{b}{3}$	$\frac{h}{3}$	$\frac{bh}{2}$
4	1/4 de círculo		$\frac{4r}{3\pi}$	$\frac{4r}{3\pi}$	$\frac{\pi r^2}{4}$
5	Semicírculo		$r$	$\frac{4r}{3\pi}$	$\frac{\pi r^2}{2}$
6	Círculo		0	0	$\pi r^2$
7	Sector circular		$\frac{2r \text{ sen } \alpha}{3\alpha}$	0	$\alpha r^2$

Fuente: (STUDUCO, 2020)

### 3.1.5.5. CENTRO DE MASA

Si una fuerza externa “F” actúa sobre un conjunto de partículas; centro de masa es aquel punto que se mueve con aceleración,  $a=F/M$  como si toda la fuerza externa actúa sobre dicho punto de masa “M”.

$$CG(X,Y,Z) = \text{Centro de masa}$$

**Nota:** Centro de gravedad y centro de masa coinciden en un mismo punto para un mismo cuerpo, siempre y cuando  $g$  no varié ( $g = \text{constante}$ )

### 3.1.5.6. CENTROIDE

Es aquel centro de masa de un cuerpo lineal, superficial ó volumétrico, donde la densidad se mantiene constante, vale decir se asume que el tipo de material es el mismo para todo el cuerpo.

**Figura N° 34: Centroide de Algunas Figuras Geométricas**

Forma		$\bar{x}$	$\bar{y}$	Área
Área triangular			$\frac{h}{3}$	$\frac{bh}{2}$
Un cuarto de área circular		$\frac{4r}{3\pi}$	$\frac{4r}{3\pi}$	$\frac{\pi r^2}{4}$
Área semicircular		0	$\frac{4r}{3\pi}$	$\frac{\pi r^2}{2}$
Un cuarto de área elíptica		$\frac{4a}{3\pi}$	$\frac{4b}{3\pi}$	$\frac{\pi ab}{4}$
Área semielíptica		0	$\frac{4b}{3\pi}$	$\frac{\pi ab}{2}$
Área semiparabólica		$\frac{3a}{8}$	$\frac{3h}{5}$	$\frac{2ah}{3}$
Área parabólica		0	$\frac{3h}{5}$	$\frac{4ah}{3}$



Continuación de la Figura N° 34:

Enjuta parabólica		$\frac{3a}{4}$	$\frac{3h}{10}$	$\frac{ah}{3}$
Enjuta general		$\frac{n+1}{n+2}a$	$\frac{n+1}{4n+2}h$	$\frac{ah}{n+1}$
Sector circular		$\frac{2r \operatorname{sen} \alpha}{3\alpha}$	0	$\alpha r^2$

Fuente: (Harper)

### 3.1.5.7. MOMENTO DE INERCIA

Las cantidades llamadas momento de inercia aparecen con frecuencia en los análisis de problemas de ingeniería. Por ejemplo, los momentos de inercia de áreas se utilizan en el estudio de las fuerzas distribuidas y en el cálculo de flexiones de vigas. El momento ejercido por la presión sobre una placa sumergidas se puede expresar en términos del momento de inercia del área de la placa. En dinámica, los momentos de inercia de masa se usan para calcular los movimientos rotatorios de los objetos.

Los momentos de inercia de un área son integrales de forma similar a las usadas para determinar el centroide de un área. El momento de inercia es una medida de la distribución del área respecto a un eje dado.

$$I = \frac{1}{12}bh^3 + Ad_y^2$$

$$I_x = \vec{I}_{x'} + Ad_y^2$$

$$I_y = \vec{I}_{y'} + Ad_y^2$$

Figura N° 35: Momentos de Inercia de Algunas Figuras

Sezione	Area della sezione	Distanza dal baricentro	Momento di inerzia	Modulo di resistenza
	A cm <sup>2</sup>	a cm	J cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>
	$H^2$	$\frac{H}{2}$	$\frac{H^4}{12}$	$\frac{H^3}{6}$
	$H^2 - h^2$	$\frac{H}{2}$	$\frac{H^4 - h^4}{12}$	$\frac{H^4 - h^4}{6H}$
	$B \cdot H$	$\frac{H}{2}$	$\frac{B \cdot H^3}{12}$	$\frac{B \cdot H^2}{6}$
	$BH - bh$	$\frac{H}{2}$	$\frac{1}{12} \cdot (BH^3 - bh^3)$	$\frac{1}{6H} \cdot (BH^3 - bh^3)$
	$\frac{\pi \cdot D^2}{4}$	$\frac{D}{2}$	$\frac{\pi \cdot D^4}{64}$	$\frac{\pi \cdot D^3}{32}$
	$\frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$	$\frac{D}{2}$	$\frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{64}$	$\frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{32 \cdot D}$
	$BH - bh$	$A = H - a$ $a = \frac{1}{2} \cdot \frac{cH^2 + bd^2}{cH + bd}$	$\frac{Ba^3 - b(h - A)^3 + cA^3}{3}$	$W_A = \frac{I}{A}$ $W_a = \frac{I}{a}$
	$BH - bh$	$A = H - a$ $a = \frac{1}{2} \cdot \frac{cH^2 + bd^2}{cH + bd}$	$\frac{Ba^3 - b(h - A)^3 + cA^3}{3}$	$W_A = \frac{J}{A}$ $W_a = \frac{J}{a}$

### Continuación de la Figura N° 35:

Sezione	Area della sezione A cm <sup>2</sup>	Distanza dal baricentro a cm	Momento di inerzia J cm <sup>4</sup>	Modulo di resistenza W cm <sup>3</sup>
	$BH - bh$	$\frac{H}{2}$	$\frac{BH^3 - bh^3}{12}$	$\frac{BH^3 - bh^3}{6H}$
	$BH + bh$	$\frac{H}{2}$	$\frac{BH^3 + bh^3}{12}$	$\frac{BH^3 + bh^3}{6H}$
	$BH - bh$	$A = H - a$ $a = \frac{1}{2} \cdot \frac{cH^2 + bd^2}{cH + bd}$	$\frac{Ba^3 - b(h - A)^3 + cA^3}{3}$	$W_A = \frac{I}{A}$ $W_a = \frac{I}{a}$
	$BH - bh$	$\frac{H}{2}$	$\frac{BH^3 - bh^3}{12}$	$\frac{BH^3 - bh^3}{6H}$

Fuente: (OPPO, 2020)

### 3.2. METODOLOGÍA

El presente estudio se realizará como una investigación Experimental-Proyectiva.

Investigación proyectiva según (Hurtado, 2000) “consiste en la elaboración de una propuesta o de un modelo como solución a un problema o necesidad del tipo práctico, ya sea de un grupo social, o de una institución. En un área particular del conocimiento, a partir de un diagnóstico preciso de las necesidades del momento, los procesos explicativos o generadores involucrados y las tendencias futuras”. (p.325)

#### 3.2.1. MÉTODOS

##### 3.2.1.1. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

###### 3.2.1.1.1. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO POR TRANSMISIONES DE CADENAS

- a. **Cálculo de la Relación de Transmisión ( $m_g$ ) o (i).** - Dividir las RPM del eje más rápido entre las RPM del motor del otro eje.



$$m_g = \frac{N_1}{N_2} ; m_g = \frac{D}{d} ; m_g = \frac{Z_1}{Z_2}$$

- b. Cálculo del Número de dientes de las ruedas ( $Z_n$ ).** - Asuma un número de dientes, de preferencia de 17 a 25 dientes, para obtener el número de dientes de la catalina, multiplica el número de dientes del piñón por la relación de transmisión ( $m_g$ ) y redondea al entero más próximo, y recalcula la relación de transmisión en base a los números de dientes escogidos.

$$Z_2 = Z_1 * m_g$$

- c. Cálculo de la Potencia de diseño.** -Se determina multiplicando la potencia a transmitir por el factor de servicio ( $f.s$ ) de la tabla N°5, en caso de no disponer de la potencia de la máquina, utilice la potencia nominal del motor

$$HP_d = HP * f.s$$

**Tabla N° 06: Máquinas Motrices**

<b>FACTORES DE SERVICIOS PARA TRANSMISIONES POR CADENAS DE RODILLOS</b>			
<b>MAQUINAS MOTRICES</b>			
Clase A: Motores de combustión interna con acoplamiento hidráulico.			
Clase B: Motores eléctricos y turbinas			
Clase C: Motores de combustión interna con acoplamiento mecánico.			
MAQUINAS MOVIDAS	CLASES		
	A	B	C
Agitadores de líquidos y semilíquidos.....	1,0	1,0	1,2
<i>Alimentadores:</i>			
De mesa giratoria.....	1,0	1,0	1,2
De mandil de fajas, de tornillos, de paletas rotatorias.....	1,2	1,3	1,4
Reciprocantes.....	1,4	1,5	1,7
Batidoras.....	1,2	1,3	1,4
Bombas centrífugas.....	1,0	1,0	1,2
Bombas reciprocantes de 7 ó más cilindros.....	1,2	1,3	1,4
Compresores centrífugos.....	1,2	1,3	1,4
<i>Compresores reciprocantes:</i>			
De 3 ó más cilindros.....	1,2	1,3	1,4
De 1 ó 2 cilindros.....	1,4	1,5	1,7
Chancadoras.....	1,4	1,5	1,7
<i>Elevadores de cangilones:</i>			
Alimentados ó cargados uniformemente.....	1,0	1,0	1,2
No alimentados ó cargados uniformemente.....	1,2	1,3	1,4
Generadores.....	1,0	1,0	1,2
Hornos y secadores rotatorios.....	1,2	1,3	1,4
<i>Líneas de ejes (Contraejes):</i>			
Para servicio liviano y normal.....	1,0	1,0	1,2
Para servicio pesado.....	1,2	1,3	1,4
<i>Maquinarias:</i>			
Para aserraderos.....	1,2	1,3	1,4
De imprenta.....	1,2	1,3	1,4
De lavanderías.....	1,2	1,3	1,4
De panaderías.....	1,2	1,3	1,4
<i>Máquinas:</i>			
No reversible con carga uniforme.....	1,0	1,0	1,2
No reversible con carga pulsante moderada.....	1,2	1,3	1,4
Reversible con carga variable ó con impacto severos.....	1,4	1,5	1,7
Moledores.....	1,2	1,3	1,4

Fuente: (DAVILA, 2008)



Continuación de la Tabla N° 06

MAQUINAS MOVIDAS	CLASES		
	A	B	C
<i>Molinos:</i>			
De bolas de tubos .....	1,2	1,3	1,4
De martillos, de rodillos .....	1,4	1,5	1,7
Prensas .....	1,4	1,5	1,7
Propulsores de barcos .....	1,4	1,5	1,7
Sopladores centrifugos .....	1,0	1,0	1,2
Tecles .....	1,2	1,3	1,4
<i>Transportadores:</i>			
Alimentados ó cargados uniformemente.....	1,0	1,0	1,2
No alimentados ó cargados Uniformemente.....	1,2	1,3	1,4
Ventiladores centrifugos .....	1,0	1,0	1,2
Winches .....	1,2	1,3	1,4
Zarandas rotatorias cargadas uniformemente .....	1,2	1,3	1,4
<b>FACTORES DE SERVICIOS BASICOS:</b>			
Carga uniforme .....	1,0	1,0	1,2
Carga con choques moderados.....	1,2	1,3	1,4
Cargas con choques fuertes.....	1,4	1,5	1,7

Fuente: (DAVILA, 2008)

- d. **Cálculo de la Potencia Nominal Equivalente.** - para obtener la potencia nominal equivalente, multiplique la potencia de diseño por el factor de corrección de numero de dientes de la tabla N°6.

$$HP_e = HP_d * \text{Factor de correccion}$$

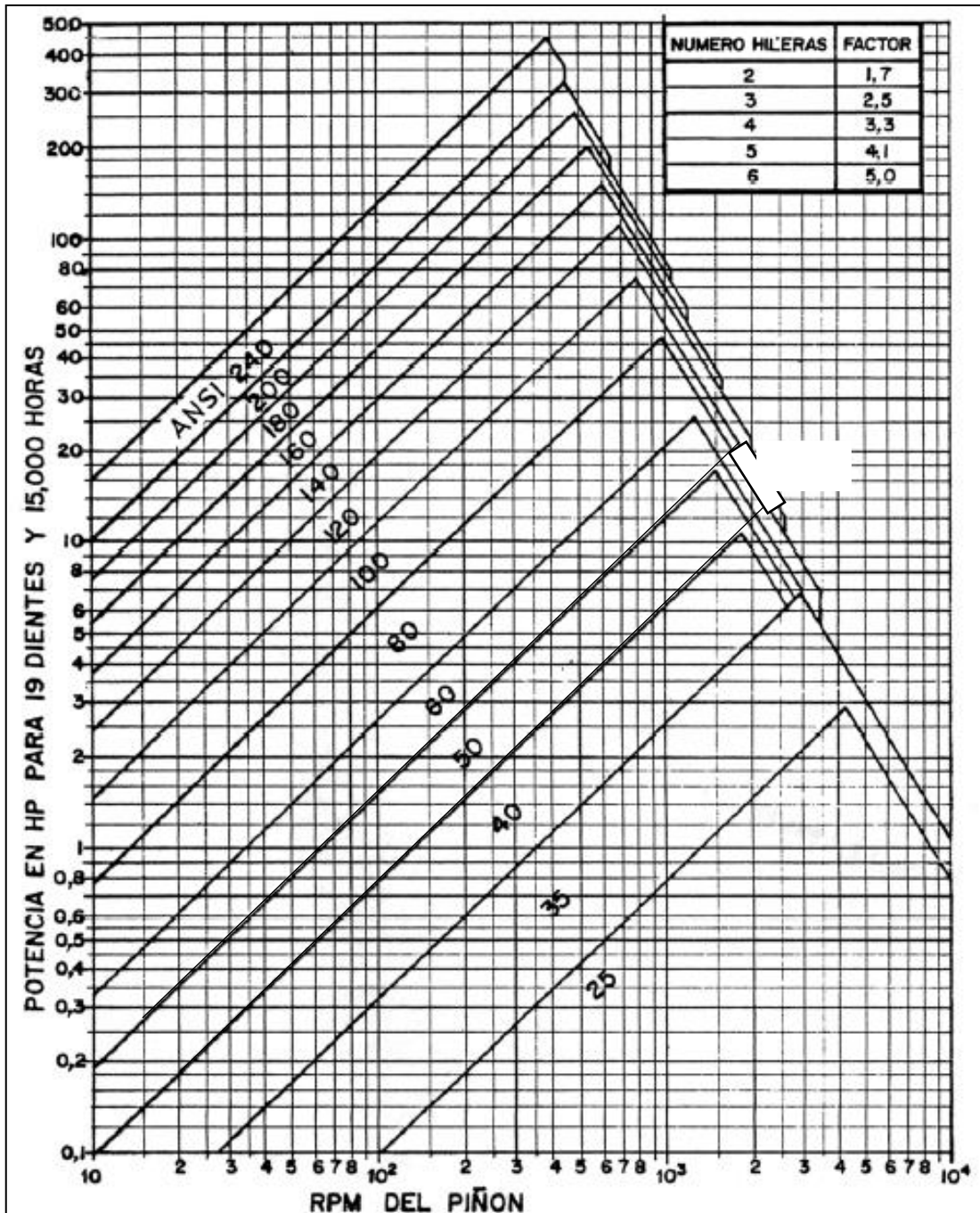
Tabla N° 07: Factor Modificadorio de las Potencias a Transmitir

NUMERO DE DIENTES	FACTOR	NUMERO DE DIENTES	FACTOR	NUMERO DE DIENTES	FACTOR
11	1,73	19	1,00	27	0,68
12	1,64	20	0,95	28	0,66
13	1,51	21	0,90	29	0,63
14	1,39	22	0,85	30	0,61
15	1,29	23	0,81	31	0,59
16	1,20	24	0,78	32	0,57
17	1,13	25	0,74	33	0,55
18	1,06	26	0,71	34	0,53

Fuente: (DAVILA, 2008)

- e. **Selección de la cadena.** - escoja la cadena adecuada en la figura (26), con los valores de la potencia nominal equivalente y la RPM del eje más rápido.

**Figura N° 36: Manual para Selección de Cadena- ANSI**



Fuente: (DAVILA, 2008)



- f. **Cálculo del Diámetro de paso de las ruedas.** - Determine el valor de paso (P), en la tabla N°7, calcule el diámetro de paso utilizando las fórmulas siguientes:

$$d_p = \frac{P}{\sin\left(\frac{180}{Z_1}\right)}$$

$$D_p = \frac{P}{\sin\left(\frac{180}{Z_2}\right)}$$

**Tabla N° 08: Especificaciones Para las Cadenas de Rodillos**

ANSI N°	PASO Pulg	CARGA DE ROTURA Lbs.	PESO PROMEDIO EN lbs/pie.	VELOCIDAD MAXIMA, PIES/MIN		
				TIPO DE LUBRICACION		
				MANUAL	GOTEO	SALPICADURA
25	1/4	875	0,09	500	2 500	3 500
35	3/8	2 100	0,21	370	1 700	2 800
40	1/2	3 700	0,42	300	1 300	2 300
50	5/8	6 100	0,68	250	1 000	2 000
60	3/4	8 500	1,00	220	850	1 800
80	1	14 500	1,73	170	650	1 500
100	1 1/4	24 000	2,50	150	520	1 300
120	1 1/2	34 000	3,69	130	430	1 200
140	1 3/4	46 000	5,00	115	370	1 100
160	2	58 000	6,50	100	330	1 000
180	2 1/4	76 000	9,06	95	300	950
200	2 1/2	95 000	10,65	85	260	900

Fuente: (DAVILA, 2008)

- g. **Cálculo de la velocidad tangencial**

$$V = \left( \frac{\pi * d_p * N_P}{12} \right)$$

Siendo:

$d_p$  : Diámetro de paso del piñón (*pulg*)





$N_p$ : Número de RPM del piñón

$V$ : Velocidad tangencial en (pies/min)

Determine de la tabla N°7, la velocidad permisible de acuerdo al tipo de lubricación a utilizar o disponible y compárelo con la velocidad tangencial calculada.

Si la velocidad calculada resultara mayor que la permisible, escoja otra cadena de menor paso, pero con mayor número de hileras y/o reduzca el número de dientes del piñón.

Vuelva a recalcular la transmisión hasta que la velocidad de la cadena satisfaga la limitación de la velocidad tangencial.

**h. Cálculo de la longitud de la Cadena.** – asuma una distancia entre centros, en caso de que no exista limitación asumir:

$$C_p = 30 \text{ a } 50 \text{ pasos}$$

- Calcule la Longitud aproximada de la cadena en número de pasos por la expresión:

$$L_p = 2 * C_p + 0.53(Z_1 + Z_2)$$

- Redondee el valor calculado a un número par más próximo. Recalcule La distancia entre centros en número de pasos por medio de la fórmula:

$$L_p = 2 * C_p + \left( \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right) + \frac{(Z_1 + Z_2)^2}{4 * \pi^2 * C_p}$$



Para obtener la distancia entre centros en pulgada, multiplique  $C_p$  por el paso de la cadena

$$C = C_p * P \text{ (Pulg)}$$

### 3.2.1.1.2. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO POR TRANSMISIONES DE ENGRANAJES

**Diámetro Interior o de Pie ( $D_i$ ):** Es el de la circunferencia en la que se encuentra el pie del diente.

**Diámetro Principal ( $D_p$ ):** Es el de la circunferencia correspondiente a la relación de transmisión.

**Diámetro Exterior o de Cabeza ( $D_e$ ):** Es el de la circunferencia de cabeza de los dientes.

**Paso Circunferencial ( $p_c$ ):** Para que dos ruedas dentadas engranen, han de tener los dientes iguales, es decir, el paso circunferencial  $p$  ha de ser el mismo (figura 31), para ello se divide la longitud de la circunferencia primitiva entre el número de dientes de la rueda o del piñón respectivamente.

$$p_c = \frac{\pi D_p}{Z_r} = \frac{\pi d_p}{Z_p} = m\pi$$

**Módulo o paso Diametral ( $m$ ):** Siendo  $p$  un número irracional por contener en su definición el número  $\pi$ , las demás definiciones del engranaje lo serán también, por lo que se emplea el módulo  $m$  como base de cálculo de los engranajes



$$m = \frac{D_p}{Z_r} = \frac{d_p}{Z_p} = \frac{p_c}{\pi}$$

**Paso diametral en pulgadas o “diametral Pitch” P:** es el número de dientes que tiene un engranaje por cada pulgada de diámetro primitivo. Es la inversa del módulo en pulgadas.

$$P = \frac{Z_r}{D_p} = \frac{Z_p}{d_p} = \frac{1}{m}; \text{ (Dado } m \text{ en pulgadas)}$$

**Altura del Diente ( $h$ ):** Es la distancia entre la base o pie del diente y su cabeza, mide:

$$h = \frac{9}{4}m = a + d = \frac{D_e - D_i}{2} = \frac{d_e - d_i}{2}; a = m; d = \frac{5}{4}m$$

La altura del diente se descompone en dos partes, la que está sobre el diámetro principal, o adendum,  $a$  y la que está por debajo o dedendum,  $d$ .

**Espesor  $e$  del Diente y Vano  $v$ :** El paso circunferencial  $p = e + v = m\pi$ , abarca el arco de la circunferencia primitiva del engranaje correspondiente al espesor  $e$  del diente y el vano  $v$  entre dos dientes consecutivos.

$$e = \frac{19}{40}p; \quad v = \frac{21}{40}p$$

**Relación de Velocidades ( $i$ ):** Para determinar la relación de velocidades, se obtiene la longitud  $L_r$  y  $l_p$  de la circunferencia correspondiente al diámetro primitivo de la rueda y del piñón y se obtiene el cociente, usualmente se hace  $l_p = 1$  para obtener la relación de velocidades entre ambas.



$$\left. \begin{aligned} l_p &= \pi d_p \\ L_r &= \pi D_p \end{aligned} \right\}$$

$$i = \frac{l_p}{L_r} = \frac{d_p}{D_p} = \frac{Z_p}{Z_r}$$

Así, conociendo la distancia entre los ejes L, y la relación de velocidades  $i$ , se pueden conocer los diámetros principales correspondientes.

**Distancia entre Centros (L):**

$$L = \frac{D_p + d_p}{2}$$

### 3.2.1.1.3. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA

**Segunda ley de Newton**

$$F = ma$$

$$M = Fd$$

**De Equilibrio Estático**

$$\sum \vec{F} = 0$$

$$\sum \vec{M} = 0$$

**Para cada eje se cumple:**

$$\sum \vec{F}_x = 0$$

$$\sum \vec{F}_y = 0$$

$$\sum \vec{F}_z = 0$$

$$\sum \vec{M}_x = 0$$

$$\sum \vec{M}_y = 0$$

$$\sum \vec{M}_z = 0$$



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. CÁLCULO DE DISEÑO POR TRANSMISIONES DE CADENA DE RODILLOS

Para el diseño de la máquina trilladora, se realizaron los cálculos de transmisiones por cadena y engranajes, los datos necesarios para el diseño como las potencias, las RPM, se tomaron valores teniendo en cuenta la altitud y las temperaturas de la región y evaluando las máquinas ya existentes en el mercado, también se utilizaron materiales que son muy comerciales, con el fin de que sea accesible para los agricultores de la región altiplánica, ya que, el diseño realizado lo hemos plasmado en un prototipo para ver el funcionamiento.

Las máquinas trilladoras de granos (quinua, quiwicha, trigo, arroz) trabajan con 800 a 900 RPM, Para el diseño de las máquinas trilladora trabajamos con un motor de 5.5 HP, que trabaje con 800 a 900 RPM, entonces tenemos:

- Potencia del motor: 5.5 HP
- Giro del motor: 3600 rpm
- Piñón: 3" Ø, 1200rpm
- Maquina trilladora: 800rpm

✓ **Relación de Transmisión  $m_g$**

$$m_g = \frac{N_1}{N_2} ; m_g = \frac{D}{d} ; m_g = \frac{Z_2}{Z_1}$$

$$m_g = \frac{1200}{800} = 1.5$$



✓ **Número de dientes de las ruedas:**

$$Z_2 = Z_1 * m_g$$

$$Z_2 = Z_1 * 1.5$$

**Tabla N° 09: Número de dientes para piñón y catalina**

$Z_1$	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$Z_2$	25.5	27	28.5	30	31.5	33	34.5	36	37.5

Recalculando:

$$\frac{27}{18} = 1.5 ; \Rightarrow Error = 0\% (ideal)$$

✓ **Cálculo de la Potencia de diseño:**

$$HP_d = HP * f.s$$

$$f.s = 1.4$$

$$HP_d = 5.5 HP * 1.4 = 7.7 hp$$

✓ **Cálculo de la Potencia Nominal Equivalente. - .**

$$HP_e = HP_d * Factor de correccion$$

$$HP_e = 7.7 HP * 1.06 = 8.16 HP$$

✓ **Selección de la cadena:**

$$HP_e = 8.16 HP$$

$$RPM_{piñon} = 1200 rpm$$



Con los datos mencionados vamos a la figura (36) tenemos las siguientes opciones:

$$1ra\ opcion, ANSI\ 50 - 1 \rightarrow P = 5/8''$$

$$2da\ opcion, ANSI\ 40 - 2 \rightarrow P = 1/2''$$

$$3ra\ opcion, ANSI\ 40 - 3 \rightarrow P = 1/2''$$

Optamos la primera opción, ANSI 50-1 con P= 5/8 pulg

✓ **de Cálculo del Diámetro paso de las ruedas:**

$$d_p = \frac{P}{\sin\left(\frac{180}{Z_1}\right)}; \quad D_p = \frac{P}{\sin\left(\frac{180}{Z_2}\right)}$$

$$d_p = \frac{5/8''}{\sin\left(\frac{180}{18}\right)} = 3.6'' \phi; \quad D_p = \frac{5/8''}{\sin\left(\frac{180}{27}\right)} = 5.38''\phi$$

✓ **Cálculo de la velocidad tangencial**

$$V = \left(\frac{\pi * d_p * N_p}{12}\right)$$

$$V = \left(\frac{\pi * 3.6'' * 1200}{12}\right) = 1130.97\ pies/min$$

De la (T- 8) ni manual, ni goteo. La descartamos.

$$2da\ opcion\ ANSI\ 40 - 2 \rightarrow P = 1/2''$$

$$d_p = \frac{1/2''}{\sin\left(\frac{180}{18}\right)} = 2.88'' \phi; \quad D_p = \frac{1/2''}{\sin\left(\frac{180}{27}\right)} = 4.31''\phi$$



Recalculamos la velocidad

$$V = \left( \frac{\pi * 2.88'' * 1200}{12} \right) = 904.78 \text{ pies/min}$$

- De la tabla Tenemos lubricación por goteo

✓ **Cálculo de la longitud de la Cadena**

$$L_p = 2 * C_p + 0.53(Z_1 + Z_2)$$

Asumimos:

$$C_p = 30 \text{ pasos}$$

$$L_p = 2 * 30 + 0.53(18 + 27) = 83.85 \equiv 84 \text{ pasos}$$

✓ **Distancia entre centros:**

$$L_p = 2 * C_p + \left( \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right) + \frac{(Z_1 + Z_2)^2}{4 * \pi^2 * C_p}$$

$$84 = 2 * C_p + \left( \frac{18 + 27}{2} \right) + \frac{(18 + 27)^2}{4 * \pi^2 * C_p}$$

$$C_p = 30.7 \text{ pasos}$$

Para obtener la distancia entre centros en pulgadas, multiplique  $C_p$  por el paso de la cadena

$$C = 30.7 * 1/2'' = 15.35''$$





#### 4.1.1. RESULTADO DE LOS CÁLCULOS POR CADENAS

Tabla N° 10: Resumen de Resultados

	<b>Piñón</b>	<b>Catalina</b>
Diámetro Primitivo	2,88"Ø	4,31"Ø
RPM	1200 rpm	800 rpm
Número de Dientes	$Z_1 = 18$	$Z_2 = 27$
Relación de Transmisión	$m_g = 1,5$	
Potencia de Diseño	$HP_d = 7,7 HP$	
Potencia nominal Equivalente	$HP_e = 8,16 HP$	
Distancia entre Centros	$C = 15,35"$	
Velocidad tangencial	$V = 904,78 \text{ pies}/\text{min}$	
cadena	ANSI 40-2	
Longitud de la cadena	84 pasos	
Paso de la cadena	P=1/2"	

Elaborado por el Equipo de Trabajo



## 4.2. CÁLCULO POR ENGRANAJES

El diseño de transmisiones por engranaje se acoplará al de cadenas, y los engranajes serán del mismo diámetro entonces como datos tendremos:

➤ **Diámetro de los engranajes  $D_p, d_p$**

$$D_p = d_p = 4.31" \emptyset$$

Convertimos a centímetros

$$D_p = d_p = 4.31" * 2.54 = 10.95 \text{ cm} \cong 109.5 \text{ mm} \emptyset$$

➤ **Relación de velocidades ( $i$ ):**

El piñón y la rueda son del mismo diámetro, por lo tanto, la relación de velocidades será:

$$D_p = d_p = 109.5 \text{ mm} \emptyset$$

$$i = 1$$

➤ **Cálculo de Distancia entre Centros ( $L$ ):**

$$L = \frac{D_p + d_p}{2}$$

$$L = \frac{109.5 + 109.5}{2} = 109.5 \text{ mm}$$

$$m = \frac{D_p}{Z_r} = \frac{d_p}{Z_p} = \frac{p_c}{\pi}; \quad \text{de la fórmula se obtiene}$$

$$D_p = m * Z_r$$



**Tabla N° 11: Evaluación para el Módulo**

$m$	$D_p = 109,5 = m * Z_r$	
2	54,75	
3	36,5	viable
4	27,375	
5	21,9	

**Elaborado por el Equipo de Trabajo**

De la tabla asumiremos  $m=3$ , entonces será:  $Z_r = 36$  dientes

➤ **Cálculo de Paso Circunferencial ( $p$ ):**

$$p = \frac{\pi D_p}{Z_r} = \frac{\pi d_p}{Z_p} = m\pi$$

$$p = 3 * \pi = 9.425 \text{ mm}$$

➤ **Cálculo de Altura del Diente ( $h$ ):**

$$h = \frac{9}{4}m = a + d = \frac{D_e - D_i}{2} = \frac{d_e - d_i}{2}; a = m; d = \frac{5}{4}m$$

$$h = \frac{9}{4} * 3 = 6.75 \text{ mm}$$

➤ **Cálculo del adendum  $a$  y  $d$**

La altura del diente se descompone en dos partes, la que está sobre el diámetro principal, o adendum,  $a$  y la que está por debajo o dedendum,  $d$ .

$$a = m; d = \frac{5}{4}m$$



$$a = 3 \text{ mm}; \quad d = 3.75 \text{ mm}$$

➤ **Espesor e del Diente y Vano v:** El paso circunferencial  $p = e + v = m\pi$ ,

$$e = \frac{19}{40}p; \quad v = \frac{21}{40}p$$

$$e = 4.477\text{mm}; \quad v = 4.95\text{mm}$$

**Nota:** Para el diseño de la trilladora se utilizarán 4 engranajes con estas características.

#### 4.2.1 RESULTADO DE LOS CÁLCULOS POR ENGRANAJES

**Tabla N° 12: Resumen de Resultados para los engranajes**

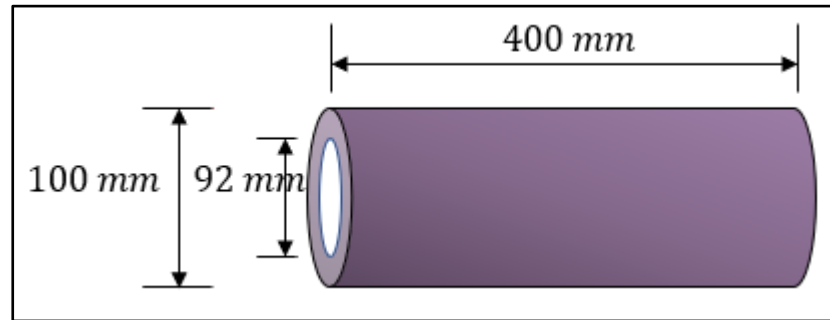
	Rueda	Piñón
Diámetro Primitivo	4,31"Ø	4,31"Ø
Número de Dientes	$Z_r = 36$	
Distancia entre Centros	$L = 109,5 \text{ mm}$	
Relación de velocidades	$i = 1$	
Módulo	$m = 3$	
Paso	$p = 3 * \pi = 9,425 \text{ mm}$	
Altura del diente	$h = 6,75 \text{ mm}$	
Adendum	$a = 3 \text{ mm}$	
Dedendum	$d = 3,75\text{mm}$	
Espesor y vano del diente	$e = 4,477\text{mm}; \quad v = 4,95\text{mm}$	

**Elaborado por el Equipo de Trabajo**

### 4.3. CÁLCULO DE RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA

Tenemos rodillos de tracción y de trilla que soportará la estructura, el rodillo mide 100 mm diámetro y 400 mm de altura como se ve en la figura (37)

**Figura N° 37: Rodillo de tracción y trilla**



**Elaborado por el Equipo de Trabajo**

$$V = \pi r^2 h$$

$$V_1 = \pi * 0.05^2 * 0.4 = 0.0031416 \text{ m}^3$$

$$V_2 = \pi * 0.046^2 * 0.4 = 0.0026591 \text{ m}^3$$

$$V_r = V_1 - V_2 = 0.0031416 \text{ m}^3 - 0.0026591 \text{ m}^3 = 0.0004825 \text{ m}^3$$

➤ **Cálculo del peso del rodillo:**

$$\rho_{acero} = 7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\delta_{acero} = 76930 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$$



La masa del rodillo será:

$$m_r = 7850 \frac{kg}{m^3} * 0.0004825 m^3 = 3.787 kg$$

La estructura tiene que soportar la masa de 2 rodillos más algunos elementos por lo tanto la masa total será:

$$\Rightarrow m_{total} = 3.787 kg * 2 + \text{elementos de transmision}$$

$$\Rightarrow m_{total} = 3.787 kg * 2 + 1kg = 8.57 kg$$

➤ **Cálculo del peso que soportará cada estructura será:**

Como en un eje hay dos puntos de apoyo, entonces dividiremos la masa total en dos partes

$$\Rightarrow m_{total} = \frac{8.57 kg}{2} = 4.285 kg \text{ (para cada lado del eje)}$$

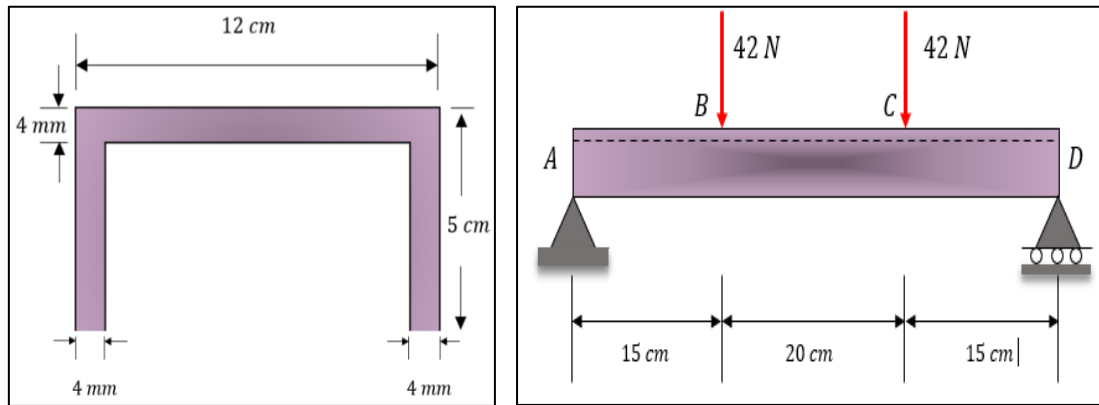
Calculamos el peso:

$$P = m * g$$

$$\Rightarrow P = 4.285 kgf * 9.8 \frac{m}{s} = 41.99 N \cong 42 N$$

De la figura calcularemos los esfuerzos máximos de tensión y compresión en la porción B y C de la viga.

**Figura N° 38: Estructuras sometidas a tensión y compresión**



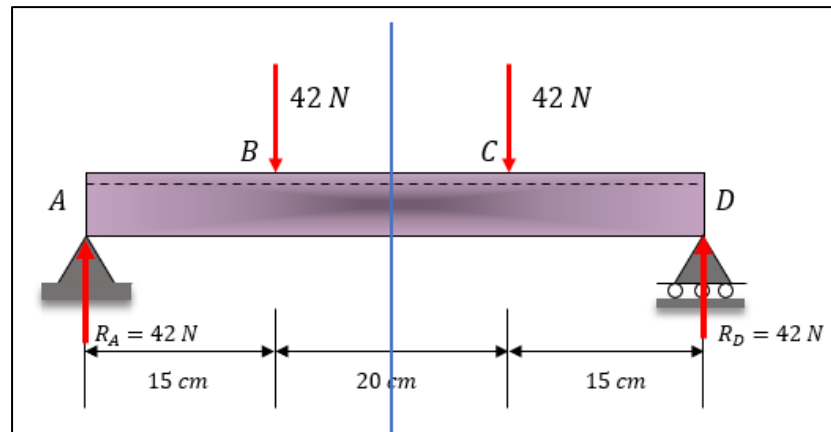
(a)

(b)

**Elaborado por el Equipo De Trabajo**

Si trazamos una línea al medio de la viga vemos que hay simetría en las cargas por lo tanto las reacciones en A y D ascendentes serán:

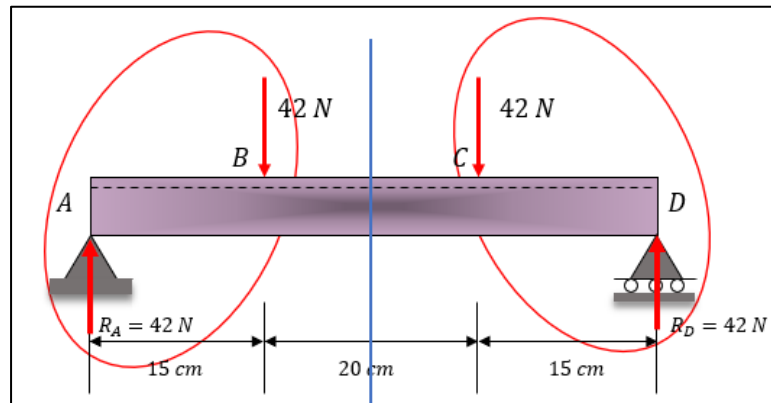
**Figura N° 39: Simetría en la Estructura**



**Elaborado por el Equipo De Trabajo**

**Evaluamos las cargas:**

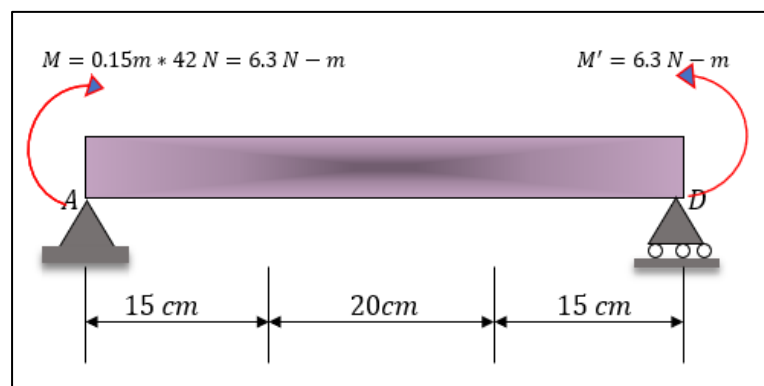
**Figura N° 40: Cargas que Originan el Momento**



**Elaborado por el Equipo De Trabajo**

De la figura se observa que las cargas A, B y C, D nos generan momentos flectores, entonces tendremos:

**Figura N° 41: Momentos en la Estructura**



**Elaborado por el Equipo De Trabajo**

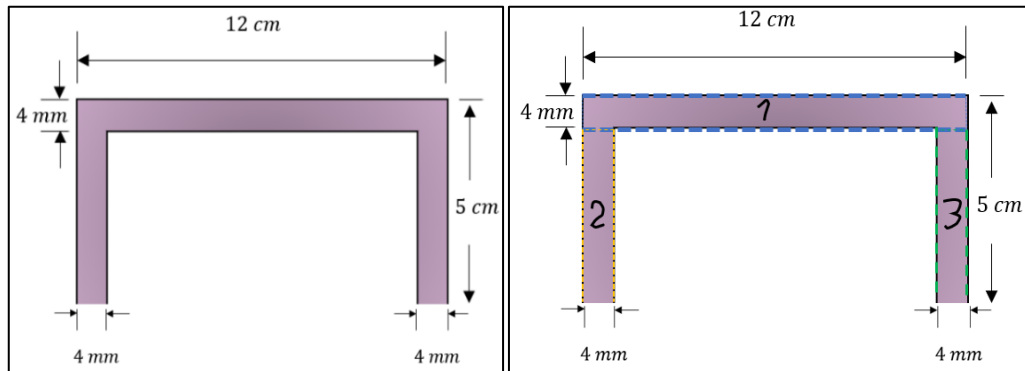
➤ **Cálculo de los Esfuerzos Máximos:**

$$\sigma_{max} = \frac{Mc}{I}$$

- Primero vamos a calcular el eje neutro para el centroide de la figura transversal:



**Figura N° 42: Sección Transversal de la Estructura Dividida en 3 Partes**



**Elaborado por el Equipo De Trabajo**

**Tabla N° 13: Datos para hallar el Centroide**

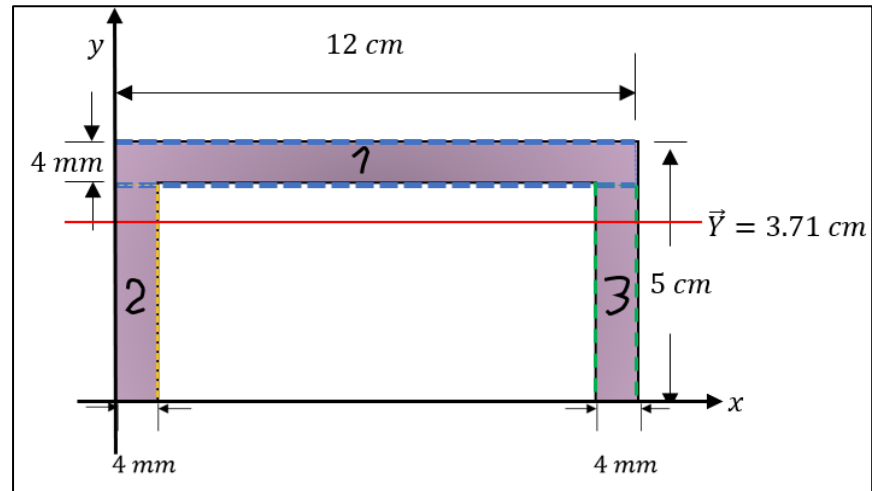
Figura	Área	$\bar{Y}_i$	$A\bar{Y}_i$
1	$4,8 \text{ cm}^2$	$4,8 \text{ cm}$	$23,04 \text{ cm}^3$
2	$1,84 \text{ cm}^2$	$2,3 \text{ cm}$	$4,23 \text{ cm}^3$
3	$1,84 \text{ cm}^2$	$2,3 \text{ cm}$	$4,23 \text{ cm}^3$
	$\sum A = 8,48 \text{ cm}^2$		$\sum A\bar{Y}_i = 31,5 \text{ cm}^3$

**Elaborado por el Equipo De Trabajo**

$$\bar{Y} = \frac{\sum A\bar{Y}_i}{\sum A} = \frac{31,5 \text{ cm}^3}{8,48 \text{ cm}^2} = 3,71 \text{ cm}$$

- La ubicación de la Y será:

**Figura N° 43: Ubicación del Centroide**



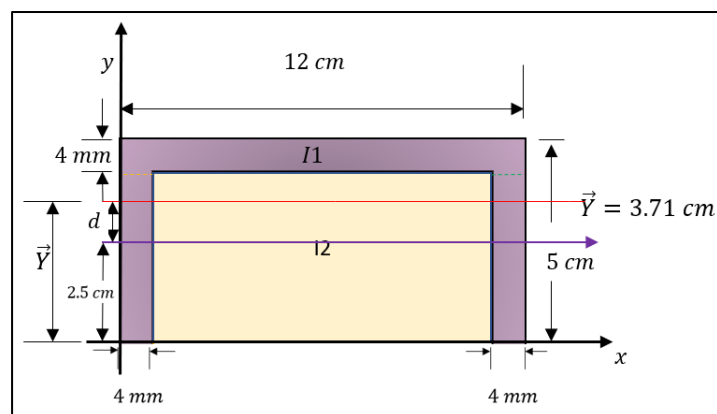
**Elaborado por el Equipo De Trabajo**

- Cálculo del momento de inercia  $I$

$$I = I_1 - I_2$$

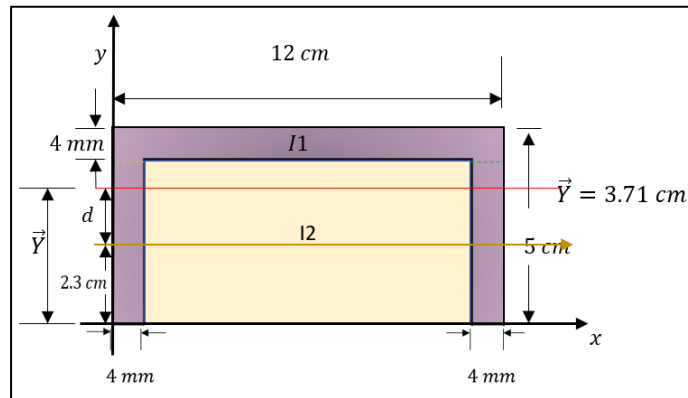
$$I = \frac{1}{12} bh^3 + A * d^2$$

**Figura N° 44: Cálculo de la Distancia para el Área Exterior I1**



**Elaborado por el Equipo De Trabajo**

**Figura N° 45: Cálculo de la Distancia Para el Área Interior I2**



**Elaborado por el Equipo De Trabajo**

$$I_1 = \frac{1}{12} 12 \text{ cm} * (5 \text{ cm})^3 + (12 \text{ cm} * 5 \text{ cm}) * (1.21 \text{ cm})^2 = 212.85 \text{ cm}^4$$

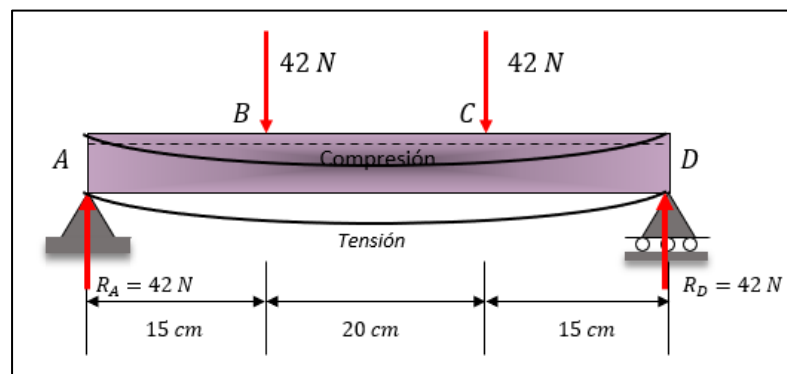
$$I_2 = \frac{1}{12} 11.2 \text{ cm} * (4.6 \text{ cm})^3 + (11.2 \text{ cm} * 4.6 \text{ cm}) * (1.41 \text{ cm})^2$$

$$= 193.28 \text{ cm}^4$$

$$I = 212.85 \text{ cm}^4 - 193.28 \text{ cm}^4 = 19.57 \text{ cm}^4 \cong 1.957 * 10^{-7} \text{ m}^4$$

- **Evaluaremos los Esfuerzos de Tensión y Compresión**

**Figura N° 46: Pandeo en la Estructura**



**Elaborado por el Equipo De Trabajo**



$$\sigma_t = \frac{MC}{I} = \frac{6.3 \text{ N} - m * 0.0371m}{1.957 * 10^{-7} m^4} = 1.193281 * 10^6 \frac{N}{m^2} = 1.2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = -\frac{MC}{I} = \frac{6.3 \text{ N} - m * 0.0129m}{1.957 * 10^{-7} m^4} = -0.415278 * 10^6 \frac{N}{m^2} = -0.42 \text{ MPa}$$

#### 4.3.1. RESULTADO DE LOS CÁLCULOS DE RESITENCIA DE MATERIALES

Tabla N° 14: Resultados para el diseño de la estructura

Cargas	42 N (2 cargas para cada eje)
Centroide	$\vec{Y} = 3,71 \text{ cm}$
Momento de Inercia	$I = 1,957 * 10^{-7} m^4$
Esfuerzo máximo de tensión	$\sigma_T = 1,2 \text{ MPa}$
Esfuerzo máximo de compresión	$\sigma_c = -0,42 \text{ MPa}$

Elaborado por el Equipo De Trabajo

#### 4.4. PROTOTIPO DE LA TRILLADORA

##### 4.4.1. ENSAMBLAJE

Una vez construida todas las partes, se procedió al ensamblaje y la regulación del prototipo, para lo cual se realiza primero la instalación de los rodillos, para después hacer la instalación del sistema de tracción para finalmente colocar el taladro quien dará la potencia de funcionamiento.

##### 4.4.2. SISTEMA DE FUERZA

Para poder realizar el funcionamiento del prototipo se eligió un taladro de baja revolución de 3 kW de potencia, el cual garantiza la potencia necesaria para el funcionamiento y las revoluciones de acuerdo a las revoluciones de otras máquinas similares para trillado, tal como se muestra en la figura (51)

**Figura N° 47: Ensamblaje de Rodillos de Tracción**



(a)

(b)

**Elaborado por el Equipo De Trabajo**

**Figura N° 48: Ensamblaje de Rodillos de Trilla**



(c)

**Elaborado por el Equipo De Trabajo**

**Figura N° 49: Ensamble del Sistema de Transmisión**



**Elaborado por el Equipo De Trabajo**

**Figura N° 50: Ensamble del Sistema de Transmisión Compacto: Cadenas y Engranajes**



**Elaborado por el Equipo De Trabajo**

**Figura N° 51: Ensamblaje de Taladro Manual**



**Elaborado por el Equipo De Trabajo**

**Figura N° 52: Taladro de 3kW de Baja Revolución.**



**Elaborado por el Equipo De Trabajo**



**Figura N° 53: Prueba y Calibración**



**Elaborado por el Equipo De Trabajo**

**Figura N° 54: Pruebas Definitivas**



**Elaborado por el Equipo De Trabajo**

#### 4.4.3. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Los resultados de las pruebas realizadas se muestran en la tabla siguiente

**Tabla N° 15: Resumen de Pruebas**

ESTADO DE PANOJA	N° INTENTOS PARA TRILLAR	ESTADO FINAL DEL TALLO
HUMEDA	6	ENTERO
SEMI HUMEDA	3	ENTERO
SECA	1	EN PEDAZOS GRANDES

**Elaborado por el Equipo De Trabajo**

**Figura N° 55: Tamaño de Tallo al Final de la Trilla en una Sola Pasada.**



**Elaborado por el Equipo De Trabajo**



#### 4.5. DISCUSIÓN

Los resultados nos muestran que el sistema propuesto tiene un comportamiento óptimo en comparación con los sistemas tradicionales en donde toda la panoja es pulverizada, es decir el tallo y los granos están entremezclados y deben ser separados a través de cribas usando tiempo y energía para lograr la separación.

En el caso del sistema propuesto a través del prototipo, se verifica que la panoja en el caso de húmedo y semi húmedo permanece entero el tallo, para lo cual se ahorra energía ya que el tallo no es pulverizado, por consiguiente, el tiempo destinado para la separación se ahorra en el nuevo sistema, con el consiguiente ahorro de tiempo y energía lo que nos lleva a reducir el costo de trillado en proporción aproximada de 20 %

En el caso que la panoja esté seca, se verifica que el tallo es destruido en pedazos grandes, quedando los granos separados de la panoja, esto también es un gran ahorro de tiempo y se usará menos energía para separar los granos de los pedazos de tallo restantes, calculándose un ahorro aproximado de tiempo y energía del 40 %



## V. CONCLUSIONES

- ✓ Se logró la optimización del proceso de trillado mediante el diseño y construcción de un prototipo de trilladora, la cual realiza el proceso de trillado en menor tiempo, menor uso de energía y menor daño al grano de quinua que las trilladoras convencionales que se usan en la Región Puno, disminuyendo considerablemente el costo de trillado, con lo cual se podrá incrementar la producción de quinua.
- ✓ Se diseñó una máquina trilladora de quinua en base a la mecanización de los procesos de trillado manuales tradicionales, con lo que se logra la disminución de tiempo ya que no se tritura el tallo y no se necesita tiempo para la separación entre el grano y los residuos de la panoja; de igual manera se logra una disminución de la energía empleada en el proceso de trillado, consistente en que no hay trituración del tallo y se usa menos energía en la separación del grano por haber menos residuos; por otro lado al no haber golpes en la panoja como sí ocurre en los sistemas tradicionales, el grano de quinua no sufre mayor deterioro, tal como se aprecia en la tabla 14, resultando el sistema diseñado apropiado para la trilla de la quinua.
- ✓ Se elaboró un prototipo de la trilladora en base al diseño desarrollado, usando materiales que se encuentran en el mercado local y de fácil acceso, construyéndose dicho prototipo en la empresa ORMAC SRL en sus talleres de la ciudad de Juliaca; dicho prototipo puede variar de los parámetros de velocidad y distancia entre rodillos, lo que permite realizar pruebas a diferentes condiciones y así optimizar su funcionamiento.



## VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Dentro de las recomendaciones propuestas sugerimos seguir haciendo más pruebas con el prototipo y desarrollar la máquina definitiva para poner a disposición de los productores de quinua.
- ✓ Con respecto al diseño de la máquina trilladora se podría hacer algunas mejoras, para obtener un mayor rendimiento de la máquina y así optimizar más el proceso de trillado de la quinua.
- ✓ Recomendar a los futuros profesionales también puedan incursionar en proyectos de construcción de maquinaria agrícola, ya que la agricultura es un sector importante para el desarrollo de nuestro País.



## VII. REFERENCIAS

- Alarcón Porras, M. A. (2014). “Reconstrucción de una trilladora agrícola con adaptación de un motor de combustión interna para una micro empresa familiar en el Cantón Alausí. Universidad Internacional del Ecuador, Ecuador.
- PRADO VALLEJO, R. (2016). TECNOLOGÍAS DE COSECHA DE QUINUA EN EL DISTRITO DE ACOCRO, PROVINCIA DE HUAMANGA. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA, Ayacucho - Perú.
- 123RF. (23 de 25 de 2020). 123RF. Obtenido de [https://es.123rf.com/photo\\_33243566\\_quinoa-primer-plano-fondo.html](https://es.123rf.com/photo_33243566_quinoa-primer-plano-fondo.html)
- AGRO.COM. (25 de Abril de 2020). Obtenido de <https://profesionalagro.com/noticias/john-deere-muestra-en-el-campo-sus-nuevas-cosechadoras.html>
- Alvarado Chavez, A. (2004). Maquinaria y mecanización agrícola. Costa Rica: EUNED.
- ATPP. (2008). DENSIDAD Y PESO ESPECIFICO. ATPP, Barcelona - España.
- Blinklearning. (15 de junio de 2020). Obtenido de <https://www.blinklearning.com/coursePlayer/clases2.php?idclase=117992286&idcurso=2017766>
- DAVILA, M. I. (2008). Diseño de Elementos de Maquinas I. Lima, Perú: Impresión Pool Producciones SRL.
- DREAMSTIME. (21 de FEBRERO de 2020). Obtenido de <https://es.dreamstime.com/trilladora-abandonada-en-el-campo-image129651915>
- Fadón Salazar, F., Cerón Hoyos, J. E., & Díez Gutiérrez, J. (2016). Transmision de Movimiento.



- G. Budynas, R., & Keith Nisbett, J. (2011). Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. Mexico: Mc Graw Hill.
- Gómez Pando, L., & Aguilar Castellanos, E. (2016). GUÍA DE CULTIVO DE LA QUINUA. Lima - Perú: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Harper, B. (s.f.). CENTROIDE E INERCIA. UNI- NORTE.
- Hurtado, J. (2000). METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN. Bogotá: QUIRÓN.
- JC. (2014). RESISTENCIA DE MATERIALES. Universidad de Valladolid - Área de Mecánica de Medios Continuos y Teoría de estructuras.
- KONG NUON GROUP. (20 de ABRIL de 2020). Obtenido de <http://www.kongnuongroup.com/en/pdetail/view/2>
- León Gutiérrez, R. E. (2018). DISEÑO, FABRICACIÓN Y EVALUACIÓN DE MÁQUINA TRILLADORA DE GRANOS DE QUINUA PARA LA REGIÓN SUR PERUANA. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN; FACULTAD DE PRODUCCION Y SERVICIOS; ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECANICA, Arequipa - Perú.
- LLANGARÍ TZAQUI, E. F., & BENALCÁZAR SORIA, E. J. (2012). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA TRILLADORA Y LIMPIADOARA DE QUINUA. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, Riobamba - Ecuador.
- M. J. (2011). TIPOS DE ESFUERZOS FISICOS. Federacion de Enseñanza de CC.OO - Andalucía.
- Montoya, L. A, Martínez, L., & Peralta, J. (2005). Análisis de variables estratégicas para la conformación de una cadena productiva de quínoa en Colombia. revista de Ciencias Administrativas y Sociales.
- Nieto C., C. (1992). La Quinoa Cosecha y Pocosecha algunas experiencias en Ecuador. QUITO - ECUADOR.



- Nieto C., C., & Vimos , C. (1992). La Quinoa, la Cosecha y Poscosecha Algunas Experiencias en Ecuador. Ecuador: INIAP.
- OPPO. (24 de 06 de 2020). OPPO. Obtenido de [https://www.oppo.it/tabelle/aree\\_mom\\_inerzia.htm](https://www.oppo.it/tabelle/aree_mom_inerzia.htm)
- POTDEVIN CABEZAS, A. (2015). MEJORAS A PROTOTIPO DE TRILLADORA DE QUÍNOA DE BAJA CAPACIDAD Y LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE LIMPIEZA DE LA SEMILLA. Universidad de los Andes- Facultad de Ingeniería - Departamento de Ingeniería Mecánica, Bogota - Colombia.
- Ramirez Lozano, J. (2000). DISEÑO DE ELEMENTOS FLEXIBLES PARA LA TRANSMISION DE POTENCIA MECANICA MEDIANTE EL USO DE LA COMPUTADORA. UNIVERDIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON, Mexico.
- Robotics plus. (15 de Junio de 2020). Obtenido de <https://robotics.plus/gear/>
- Rodríguez Cabrera, J., Escudero, A., & Hernández, R. (2013). CONCEPCIÓN Y DISEÑO DE MÁQUINA TRILLADORA DE PEQUEÑO FORMATO. UNIVERSIDAD CENTRAL “MARTA ABREU” DE LAS VILLAS, Santa Clara, Cuba.
- Schlick, G., & Bubenheim, D. (1996). Quinoa: Candidate crop for NASA’s. Alexandria, V.A: ed. J. Janick.
- SHUTTERSTOCK. (25 de FEBRERO de 2020). Obtenido de <https://www.shutterstock.com/image-photo/old-rusted-threshing-machine-isolated-on-632666561>
- Soto, J. L., Marconi, J. L., & Rojas, W. (2008). PROTOTIPOS: TRILLADORAS DE GRANOS. La Paz - Bolivia: FUNDACION PROINPA.
- STUDUCO. (16 de MAYO de 2020). Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-federico->



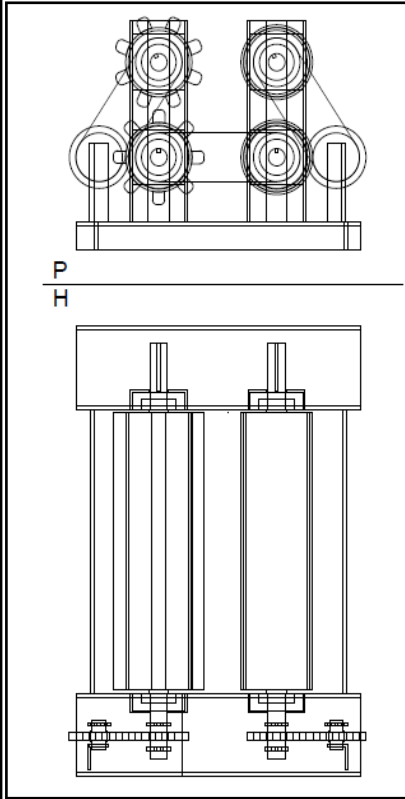


villarreal/fisica-i/resumenes/centro-de-gravedad-resumen-introduccion-a-la-  
termodinamica-estadistica-mediante-problemas/4528781/view

- Tapia, M. E. (1997). Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la Alimentación. Santiago - Chile: FAO - RLAC.
- TSUBAKI. (2015). Catalogo - Cadena de transmisión. Innovation in Motion TSUBAKI, 10.
- Wikiwand. (15 de 03 de 2020). Obtenido de [https://www.wikiwand.com/es/Trillo\\_\(agricultura\)](https://www.wikiwand.com/es/Trillo_(agricultura))

## ANEXOS

### ANEXO 1: PLANO A-1: Plano General – Trilladora de Quinua



N°	NOMBRE Y CARACTERÍSTICA	MATERIAL	CANTIDAD

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA Y SISTEMAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA			
<b>PROTOTIPO DE TRILLADORA DE QUINUA</b>			
NOMBRE: PLANO GENERAL		TESISTAS: EDELSON ODILON AGUILAR CAMPOS JHON DARWIN ROQUE YANA	
ESCALA: 1: 4	FECHA: 05/05/2020	REVISADO :	N° PLANO: 01



## ANEXO 2: PLANO A-2: Plano de Estructura – Trilladora de Quinua

2	ESTRUCTURA BASE	ACERO SAE 1020 4mm espesor	1
1	ESTRUCTURA	ACERO SAE 1020 4mm espesor	1
N°	NOMBRE Y CARACTERÍSTICA	MATERIAL	CANTIDAD

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA Y SISTEMAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA			
<b>PROTOTIPO DE TRILLADORA DE QUINUA</b>			
NOMBRE: PLANO DE ESTRUCTURA		TESISTAS: EDELSON ODILON AGUILAR CAMPOS JHON DARWIN ROQUE YANA	
ESCALA: 1:4	FECHA: 05/05/2020	REVISADO :	N° PLANO: 02



### ANEXO 3: PLANO A-3: Rodillo de Trabajo – Trilladora de Quinua

N°	NOMBRE Y CARACTERÍSTICA	MATERIAL	CANTIDAD
4	PALETAS DE TRILLADO	MADERA	16
3	CUBIERTA DE TRACCIÓN	CAUCHO	2
2	RODILLO DE TRACCIÓN	TUBO DE ACERO SAE 1020	2
1	RODILLO DE TRILLA	TUBO DE ACERO SAE 1020	2

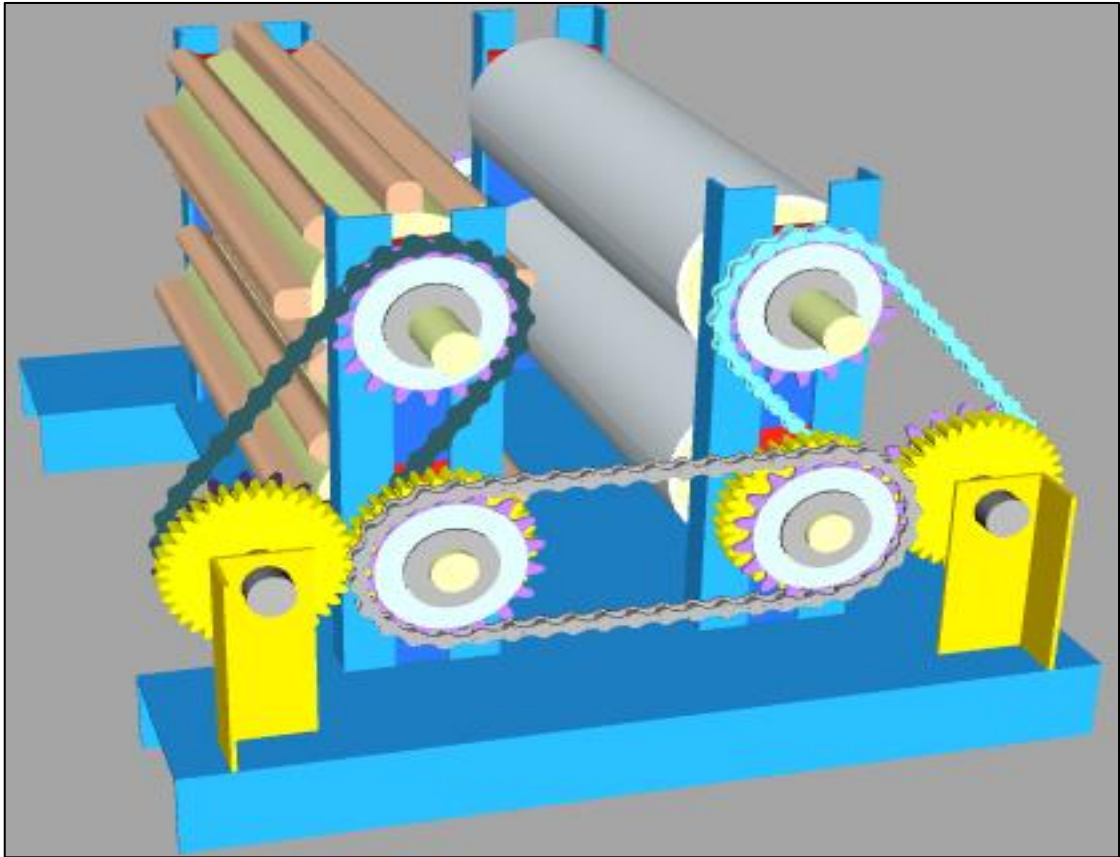
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA Y SISTEMAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA			
<b>PROTOTIPO DE TRILLADORA DE QUINUA</b>			
NOMBRE: RODILLOS DE TRABAJO		TESISTAS: EDELSON ODILON AGUILAR CAMPOS JHON DARWIN ROQUE YANA	
ESCALA: 1:4	FECHA: 05/05/2020	REVISADO :	N° PLANO: 03

### ANEXO 4: PLANO A-4: Sistema de Transmisión – Trilladora de Quinua

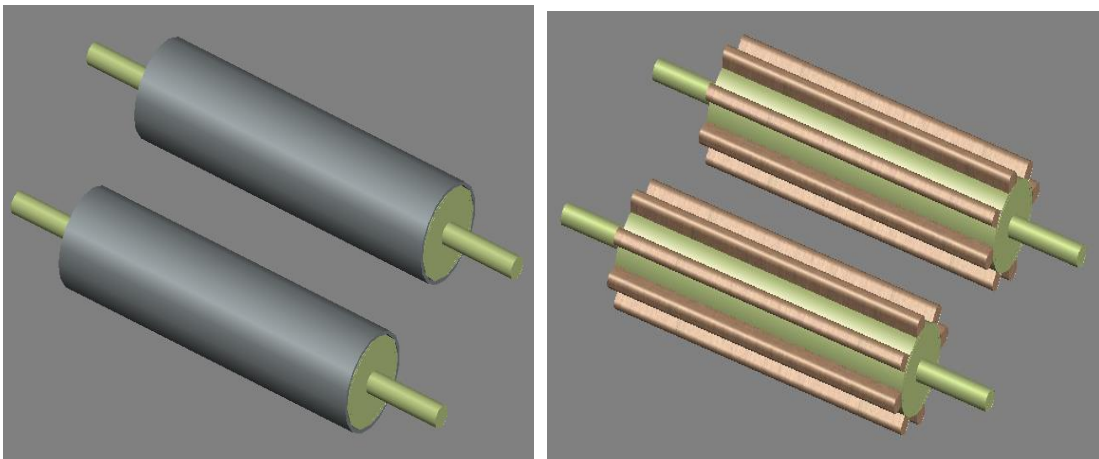
4			
3	CADENA ANSI 40-2 paso 1/2"	ACERO	4
2	PIÑÓN DE 36 DIENTES RECTOS	ACERO	8
1	PIÑÓN DE CADENA DE 18 DIENTES paso 1/2"	ACERO	8
N°	NOMBRE Y CARACTERÍSTICA	MATERIAL	CANTIDAD

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y SISTEMAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA			
<b>PROTOTIPO DE TRILLADORA DE QUINUA</b>			
NOMBRE: SISTEMA DE TRANSMISIÓN		TESISTAS: EDELSON ODILON AGUILAR CAMPOS JHON DARWIN ROQUE YANA	
ESCALA: 1:4	FECHA: 05/05/2020	REVISADO :	N° PLANO: 04

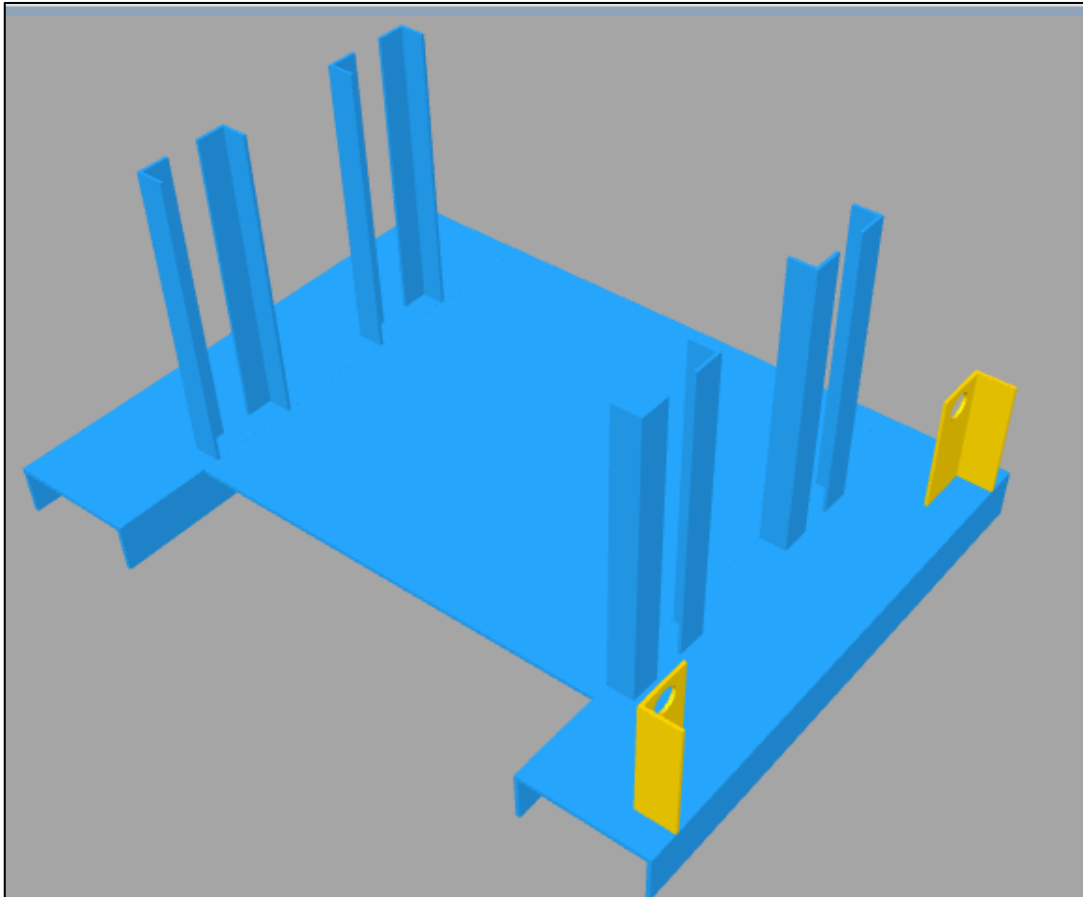
**ANEXO 5: FIGURA A-1: Vista General en 3d Diseñado en AutoCAD – Trilladora de Quinua**



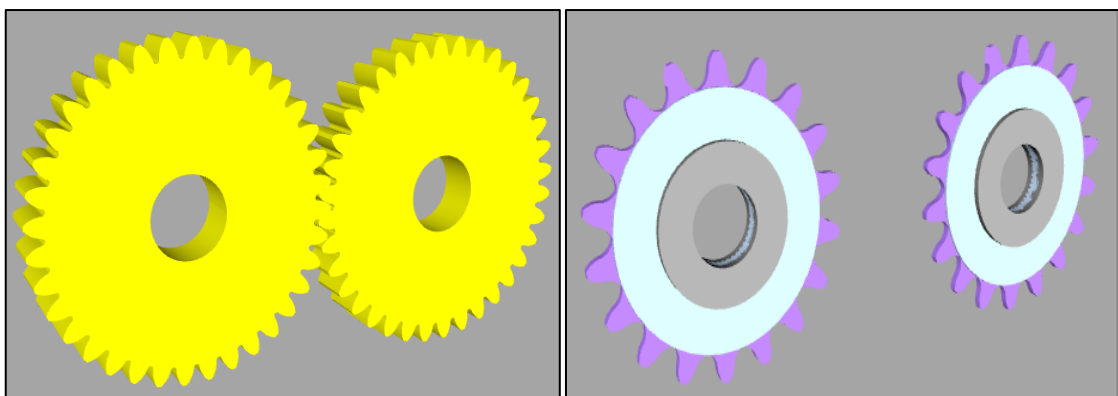
**ANEXO 6: FIGURA A-2: vista en 3d de rodillos de trabajo – trilla dora de quinua**



**ANEXO 7: FIGURA A-3: Vista en 3d de la Estructura de Soporte – Trilladora de Quinua**



**ANEXO 8: FIGURA A-4: Vista en 3d de Engranajes y Catalina**





**ANEXO 9: TABLA A-1: Conversión de Unidades.**

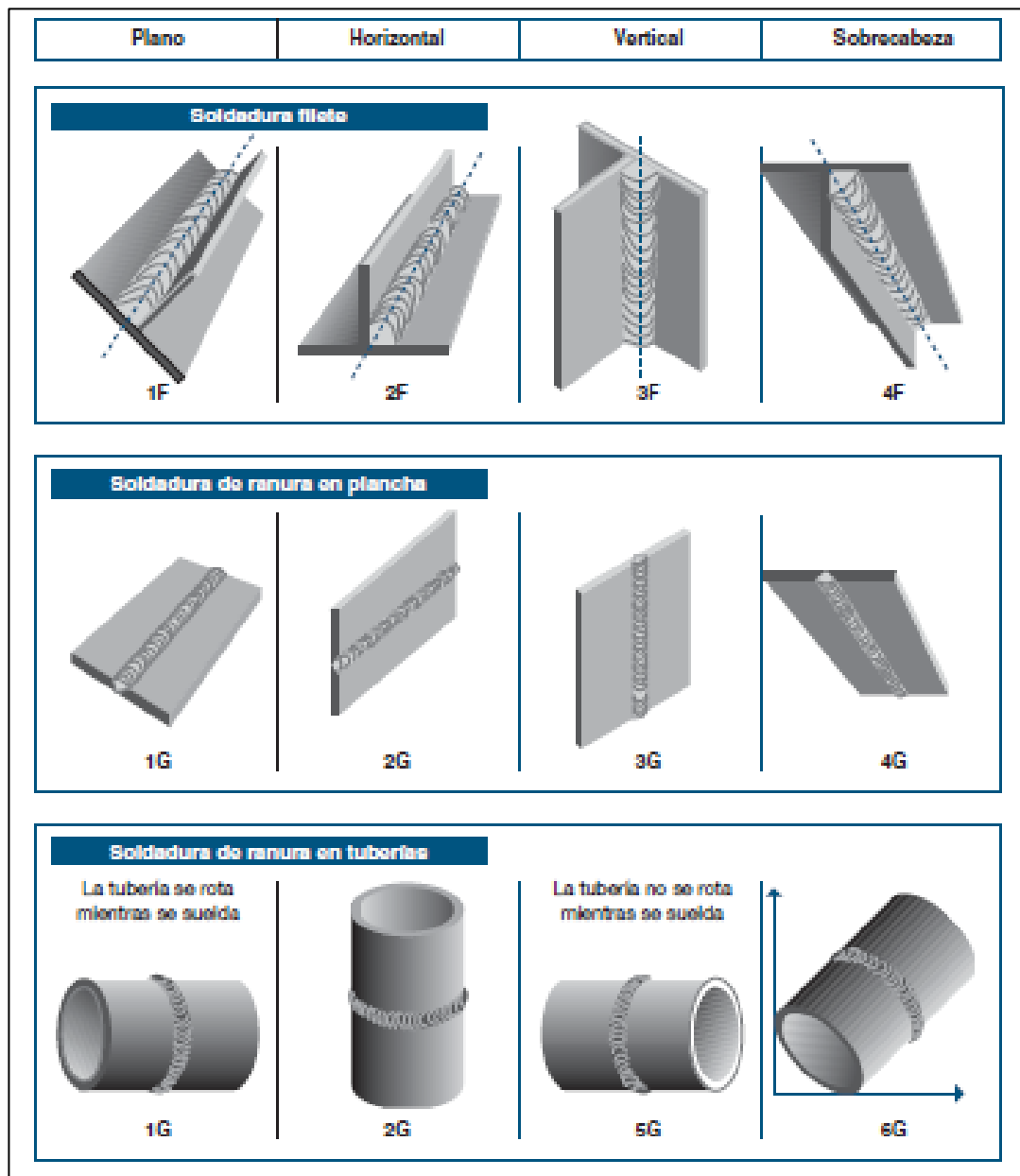
<b>English-metric conversions factors</b>				
Multiply the base unit by the factor shown to obtain the desired conversion				
Base unit		Factor	Conversion	
inch	in	25.4	millimeter	mm
millimeter	mm	.03937	inch	in
foot	ft	.3048	meter	m
meter	m	3.281	foot	ft
pound	lb	4.448	newton	N
newton	N	.225	pound	lb
pound	lb	.454	kilogram	kg
kilogram	kg	2.205	pound	lb
kilogram	kg	9.807	newton	N
newton	N	.102	kilogram	kg
pounds per foot	lb/ft	1.488	kilograms per meter	kg/m
kilograms per meter	kg/m	.672	pounds per foot	lb/ft
pound-feet	lb-ft	1.356	newton-meter	Nm
newton-meter	Nm	.737	pound-feet	lb-ft
pound-feet	lb-ft	.1384	kilogram-meter	kg m
kilogram-meter	kg m	7.234	pound-feet	lb-ft
horsepower (English)	hp	745.7	watt	W
watt	W	.00134	horsepower	hp

**ANEXO 10: TABLA A-2: Factor de Compresión de Metales por Diámetro**

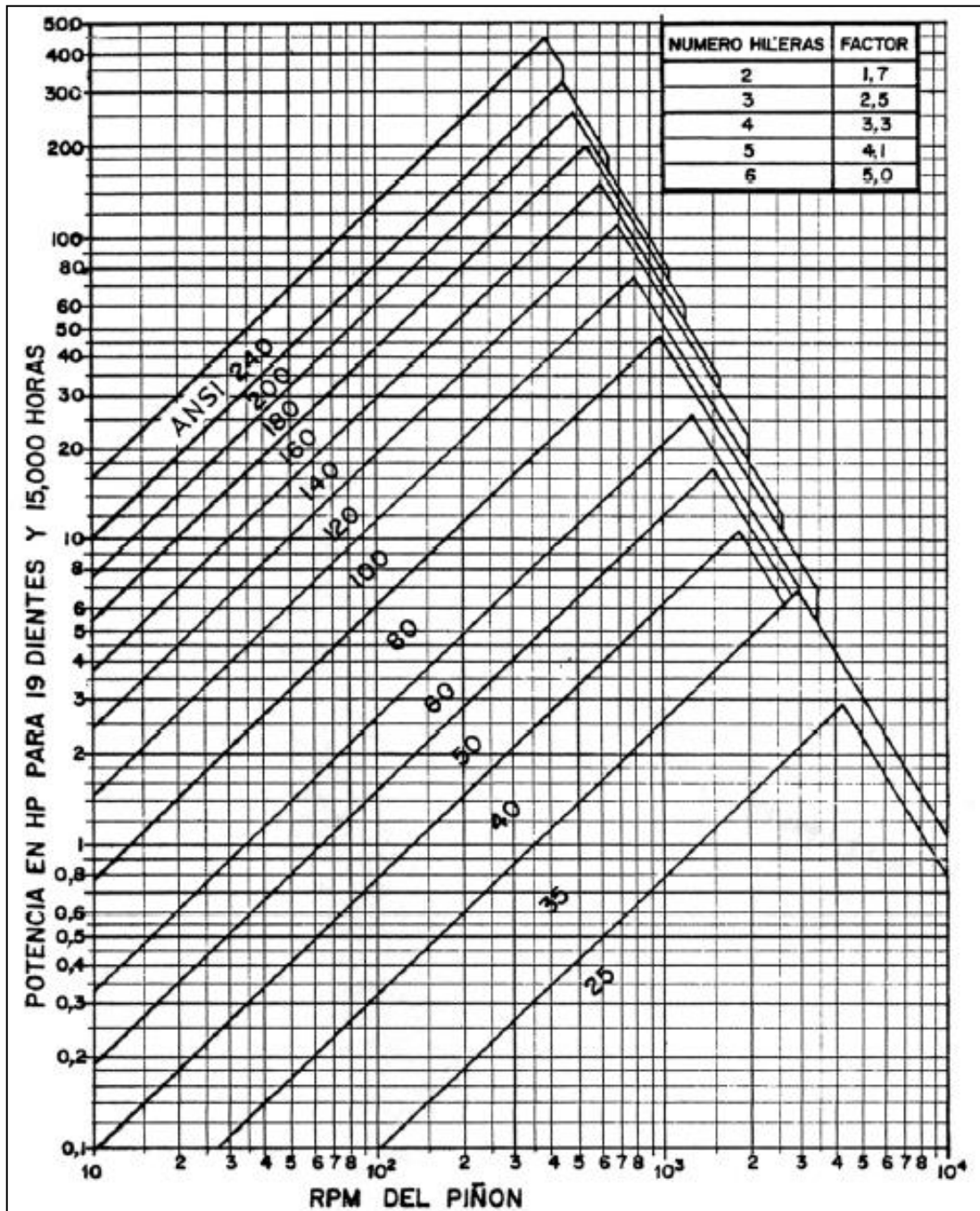
Ø A mm	B mm	Ø C mm	G mm	Compression		Ref.
				Maximum load daN	Deflection mm	
12.5	10	M5	10	12	2	511110
	13.5			11	2.5	511128
	15			10	3	511115
	20			8	3.5	511125
16	10	M5	12	20	2	511292
	15			20	3	511294
	20			15	4	511296
	25			15	5	511298
20	8.5	M6	16.5	40	1.5	511200
	15			35	4	511215
	20			30	5	511220
	25			30	5.5	511225
	30			25	7	511230
25.5	10	M8	20	80	2	511265
	15			60	3.5	511270
	19			55	4.5	511251
	22			50	5.5	511275
	25			50	6	511280
	30			50	8	511285
	40			50	10	511290
30	15	M8	25	90	3.5	511308
	22			80	6	511310
	30			70	8	511312
	40			60	9	511314



## ANEXO 11: FIGURA A-5: Posiciones de Soldadura en Diferentes Secciones de Aceros.



ANEXO 12: FIGURA A-6: Manual Para Selección de Cadena -ANSI



## ANEXO 13: Catalogo De Motor Gasolinero

### Aguamarket

Productos y Servicios para la Industria del Agua Latinoamericana

PRECIOS REFERENCIALES

Inicio | Nuevo Cliente | Cotizar Productos | Guía Productos | Productos Destacados | Precios Referenciales

Ingreso Clientes

Ingrese AQUÍ su e-mail

INGRESAR

NUEVO CLIENTE

¿Cómo Cotizar?

>> Comunidad

>> Bolsa de Trabajo

>> Suscribase al Boletín

>> Contacto

>> Proveedores Nuevos y Registrados

Oferta del Mes

**\$ 450.000 + IVA\***

[Click Aquí](#)

\* Hasta agotar stock

Producto Nuevo

Cod. Producto : 1655



[SOPLADORES.](#)

[ver más...](#)

Productos por Categoría

**Precio Referencial de**

MOTOR BENCINERO DE 5,5 HP

Esta cotización es informativa, los valores son **REFERENCIALES**

 [Imprimir](#)

[Beneficios](#)

ID Cotización : **13890**

Despacho : En nuestras Bodegas

País Oferente : Chile

Fecha Cotización : 4/5/2007  
mm/dd/aaaa

**Comentarios Técnicos**



**características técnicas:**

- modelo: gx160t1qpu
- valvulas: sobre la culata ohv
- numero cilindros: unico inclinado 25°
- eje: horizontal
- enfriamiento: aire forzado
- lubricación: resalpique
- alerta aceite: no
- parador: a distancia con cable
- diámetro por camera: 68mm x 45mm
- desplazamiento: 163 cm3
- relación de compresión: 8.5:1
- máx.pot.salida: 5,5 hp/3600rpm
- par máximo: 1.1 kg-m/2500 rpm
- arranque: manual piola retráctil
- filtro aire: dual
- capac.estanque comb: 3,6 lts.
- consumo específico comb.: 230g/hp-hr
- nivel de ruido a 7 metros a 3600 rpm: 78 db-a
- capacidad aceite en cárter: 0.6 lts.
- largo (mm): 312
- ancho (mm): 362
- altura (mm): 335
- peso en seco (kgs): 15

**VALOR: 175.000 PESOS CHILENOS + IVA**

(valor neto: no incluye impuestos, contáctese para descuentos)

[http://www.aguamarket.com/p/CotizacionesAM/detalle\\_cotizacion.asp?MAIL=&idOferta=13890&idCotizacion=1103381/12/200707:15:04 p.m.](http://www.aguamarket.com/p/CotizacionesAM/detalle_cotizacion.asp?MAIL=&idOferta=13890&idCotizacion=1103381/12/200707:15:04 p.m.)

107

repositorio.unap.edu.pe  
No olvide citar adecuadamente esta tesis