

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
SEDE LATACUNGA**



CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TRITURADOR DE ACEITE DE
JATROPHA O PIÑÓN PARA LA ELABORACIÓN DEL BIODIESEL**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO
AUTOMOTRÍZ**

**GARZÓN LÓPEZ EDGAR MIGUEL
SOTO BRICEÑO PABLO ANDRÉS**

Latacunga, Agosto del 2009

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Los autores de ésta tesis los Srs. Garzón López Edgar Miguel y Soto Briceño Pablo Andrés.

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TRITURADOR DE ACEITE DE JATROPHA O PIÑÓN PARA LA ELABORACIÓN DEL BIODIESEL”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Agosto del 2009

.....
Garzón López Edgar Miguel
CI.- 19171301630 - 9

.....
Soto Briceño Pablo Andrés
CI.- 110332889 - 2

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

AUTORIZACIÓN

Los autores de ésta tesis los Srs. Garzón López Edgar Miguel y Soto Briceño Pablo Andrés.

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la institución del trabajo **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TRITURADOR DE ACEITE DE JATROPHA O PIÑÓN PARA LA ELABORACIÓN DEL BIODIESEL”** cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Agosto del 2009

.....
Garzón López Edgar Miguel
CI.- 19171301630 - 9

.....
Soto Briceño Pablo Andrés
CI.- 110332889 - 2

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

CERTIFICADO

ING. LUIS MENA (DIRECTOR)

ING. GUIDO TORRES (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN TRITURADOR DE ACEITE DE JATROPHA O PIÑÓN PARA LA ELABORACIÓN DEL BIODIESEL”** realizado por el señores: Pablo Andrés Soto Briceño y Edgar Miguel Garzón López ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autorizan a los señores: Pablo Andrés Soto Briceño y Edgar Miguel Garzón López, que lo entregue al ING. JUAN CASTRO, en su calidad de Director de Carrera

Latacunga, Agosto del 2009

.....
Ing. Luis Mena
DIRECTOR

.....
Ing. Guido Torres
CODIRECTOR

DEDICATORIA

El presente proyecto es dedicado a Dios por regalarme la vida, y darme la oportunidad de realizar mis estudios y ahora culminarlos.

Agradezco a mi familia que ha sido un apoyo en todo momento, principalmente a mi madre que incondicionalmente me ha brindado todo su amor y enseñado el valor de la vida, a mi padre, mis hermanos, abuelitas, tíos, primos, amigos y a mi novia que ha apoyado todos mis proyectos y hemos podido la realización juntos.

En el proceso de la elaboración de nuestro trabajo tuvimos la oportunidad de conocer a muchas personas que desinteresadamente nos apoyaron con sus conocimientos, como nuestros profesores el Ing Luis Mena, Ing Guido Torres, el Dr Peter Schwiebert y su esposa quienes fueron nuestra guía en todo el proceso de elaboración de nuestra tesis permitiéndonos aprender sobre la importancia de los biocombustibles, el Ing Jimmy Aguirre que colaboró con la elaboración de la misma en sus instalaciones.

A todas éstas y muchas personas más que de una u otra manera brindaron su granito de arena con su ayuda les quedo infinitamente agradecido.

Edgar Garzón.

DEDICATORIA

Primeramente quiero agradecer a Dios por haberme dado la oportunidad de estudiar en una prestigiosa Universidad, con el apoyo de todas las personas que de una u otra forma creyeron en todo lo que quería lograr.

A mis Padres, Esposa e Hija, que con su apoyo diario hicieron de mí una persona responsable, a mi Abuelita, Tíos, Tías, Primos, que me ayudaron con todo su apoyo desinteresado, para que día a día vaya logrando mis objetivos y metas.

De una manera muy especial a mi Mami Emérita, que fue el pilar fundamental desde la niñez hasta el momento, la forjadora en valores, la amiga, la madre, que me enseñó que hay que ir escalando peldaño a peldaño, sorteando todos los obstáculos que la vida presente, hasta poder alcanzar la meta principal “Llegar a ser Profesional”.

Dejo constancia de gratitud a todas las personas que directa o indirectamente han colaborado en la planificación y realización de este trabajo, muy particularmente, al Ing. Luis Mena, Ing. Guido Torres, al Dr. Peter Schwiebert y Esposa y al Ing. Jimmy Aguirre, por sus valiosas sugerencias y provisión de material bibliográfico, a fin de ayudar a que nuevas personas aporten en investigaciones de biocombustibles, ayudando a fomentar las energías renovables y la conservación del medio ambiente.

A mis amigos y compañeros de universidad, que fueron las personas con las que compartí durante los seis años de estudio anécdotas y una serie de dificultades para llegar al objetivo.

Pablo Soto.

CONTENIDO

Portada.....	i
Declaración.....	ii
Autorización.....	iii
Certificación.....	iv
Dedicatoria.....	v
Contenido.....	vii
Resumen.....	xiii
Presentación.....	xiv

I. CAPÍTULO INTRODUCCIÓN AL TEMA

1.1 Introducción.....	15
1.2 Conceptos Básicos.....	18

II. CAPÍTULO GENERALIDADES

2.1 ACEITE DE JATROPHA CURCAS O PIÑÓN.....	24
2.1.1 Objetivos en el Cultivo de Jatropha.....	26
2.1.2 Propiedades.....	27
2.1.3 Usos.....	29
2.1.4 Beneficios.....	30
2.1.4.1 Al medio Ambiente.....	30
2.1.4.2 A Inversionistas.....	30
2.1.4.3 A Productores.....	31
2.2 DIESEL.....	32
2.2.1 Propiedades.....	33
2.2.2 Número o Índice de Cetano.....	34
2.2.3 Extracción.....	34

2.2.4 Índice de Contaminación.....	36
2.2.5 Utilización.....	38
2.2.6 Beneficios.....	38
2.3 BIODIESEL.....	39
2.3.1 Propiedades.....	40
2.3.2 Grado de Contaminación.....	40
2.3.3 Propósito de su Utilización.....	41
2.3.4 Usos.....	41
2.3.5 Beneficios al Vehículo.....	42
2.3.6 Beneficios al Medio Ambiente.....	43

III. CAPÍTULO

MARCO TEÓRICO DE LOS MATERIALES A UTILIZAR EN EL MOLINO

3.1 TIPOS DE MOLINOS PARA ACEITE DE JATROPHA.....	44
3.1.1 GX – 78.....	44
3.1.2 GX – 100.....	45
3.1.3 GX – 105.....	45
3.1.4 GX – 130.....	46
3.1.5 E – 1000.....	47
3.1.6 E – 500.....	47
3.1.7 E – 250.....	48
3.2 ENGRANAJES.....	49
3.2.1 Usos.....	49
3.2.1.1 Bomba Hidráulica.....	50
3.2.1.2 Mecanismo Diferencial.....	51
3.2.1.3 Caja de Velocidades.....	52
3.2.1.4 Reductores de Velocidad.....	53
3.2.2 Tipos de Engranajes.....	54
3.2.2.1 Ejes Paralelos.....	54

3.2.2.2 Ejes Perpendiculares.....	54
3.2.2.3 Por Aplicaciones Especiales.....	54
3.2.2.4 Por la Forma de Transmitir Movimiento.....	55
3.2.2.5 Transmisión mediante Polea o Cadena Dentada.....	55
3.2.3 Glosario para la Construcción de Engranajes.....	55
3.2.3.1 Diente de un Engrane.....	55
3.2.3.2 Módulo.....	55
3.2.3.3 Circunferencia Primitiva.....	55
3.2.3.4 Paso Circular.....	56
3.2.3.5 Espesor del Diente.....	56
3.2.3.6 Números de Dientes.....	56
3.2.3.7 Diámetro Exterior.....	57
3.2.3.8 Diámetro Interior.....	57
3.2.3.9 Pie del Diente.....	57
3.2.3.10 Cabeza del Diente.....	57
3.2.3.11 Flanco.....	57
3.2.3.12 Altura del Diente.....	57
3.2.3.13 Ángulo del Diente.....	57
3.2.3.14 Largo del Diente.....	57
3.2.3.15 Distancia entre Centros de dos Dientes.....	57
3.2.3.16 Relación de Transmisión.....	57
3.2.4 Fórmulas Constructivas de los Engranajes Rectos.....	59
3.2.5 Fórmulas Constructivas de los Engranajes Helicoidales.....	61
3.3 MOTORREDUCTORES O REDUCTORES DE VELOCIDAD.....	63
3.3.1 Aplicaciones.....	65
3.3.2 Tipos.....	67
3.3.3 Selección de Motorreductores.....	68
3.4 RODAMIENTOS	
3.4.1 Aplicaciones.....	69
3.4.2 Tipos.....	71

3.4.2.1 Rodamientos Rígidos de Bolas.....	71
3.4.2.2 Rodamientos de bolas de Contacto Angular.....	72
3.4.2.3 Rodamientos para Husillos.....	72
3.4.2.4 Rodamientos con cuatro Caminos de Rodadura.....	73
3.4.2.5 Rodamientos oscilantes de Bolas.....	74
3.4.2.6 Rodamientos de Rodillos cilíndricos.....	74
3.4.2.7 Rodamientos de Rodillos Cónicos.....	75
3.4.2.8 Rodamientos de una Hilera de Rodillos.....	75
3.4.2.9 Rodillos Axiales de Bolas.....	76
3.4.3 Selección y cálculo de Rodamientos.....	76

IV. CAPÍTULO

DISEÑO MECÁNICO

4.1 DISEÑO DEL TORNILLO TRANSPORTADOR.....	80
4.2 ESFUERZOS MECÁNICOS EN EL EJE.....	81
4.3 RESISTENCIA DE MATERIALES.....	88
4.4 CÁLCULO DEL TORQUE Y POTENCIA DEL MOTORREDUCTOR	90

V. CAPÍTULO

CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

5.1 CONSTRUCCIÓN DE SUS PARTES.....	92
5.2 DIAGRAMA DE FLUJO Y PROCESOS DE ELEMENTOS.....	101
5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	111
CONCLUSIONES.....	112
RECOMENDACIONES.....	114
BIBLIOGRAFÍA.....	115
ANEXOS.....	116

Anexo 3.3 – 1 Unidades y Simbología

- Anexo 3.3 – 2 Designación del Motorreductor
- Anexo 3.3 – 3 Selección del Motor
- Anexo 3.4 – 1 Selección del Rodamiento Rígido de Bolas
- Anexo 3.4 – 2 Selección del Rodamiento axial de Bolas
- Anexo 4.3 – 1 Acero Inoxidable AISI 304
- Anexo 4.3 – 2 Acero para Construcción Mecánica AISI 4140
- Anexo 4.3 – 4 Acero para Construcción Mecánica AISI 4340

CONTENIDO DE FIGURAS

1. Fruto de Jatropha.....	24
2. Semilla de Jatropha.....	25
3. Arbusto de Piñón.....	25
4. Piñón.....	27
5. Aceite de Piñón.....	29
6. Diesel Comercial.....	32
7. Planta para Extracción de Diesel.....	35
8. Productos del Crudo.....	36
9. Biodiesel.....	39
10. Vehículo a Diesel.....	42
11. Planta de Biodiesel.....	43
12. Engranés.....	49
13. Caja de velocidades.....	50
14. Bomba hidráulica.....	51
15. Mecanismo Diferencial.....	52
16. Eje de caja de Cambios.....	52
17. Diseño de Engranés.....	54
18. Paso Circular.....	56
19. Engranajes Rectos.....	59
20. Engranajes Helicoidales.....	61
21. Reductor.....	63
22. Máquinas Transportadoras.....	65
23. Máquinas Elevadoras.....	65

24. Máquinas Farmacéuticas.....	66
25. Máquina de Embalaje.....	66
26. Máquina Alimenticia.....	66
27. Máquina Transportadora.....	67
28. Rodamientos.....	69
29. Rodamientos en el Automóvil.....	70
30. Rodamientos usados en Minería.....	70
31. Rodamientos usados en Maquinaria General.....	70
32. Rodamientos Rígidos de Bolas.....	71
33. Rodamientos de Bolas de Contacto Angular.....	72
34. Rodamientos para Husillos.....	73
35. Rodamientos con cuatro Caminos de Rodadura.....	73
36. Rodamientos Oscilantes de Bolas.....	74
37. Rodamientos de Rodillos Cilíndricos.....	74
38. Rodamientos de Rodillos Cónicos.....	75
49. Rodamientos Oscilantes de una Hilera de Rodillos.....	76
40. Rodamientos Axiales de Bolas.....	76

CONTENIDO DE TABLAS

Propiedades del aceite de Jatropha.....	28
Propiedades del Diesel.....	33
Índices de Contaminación del Campo Vehicular en Ecuador.....	37
Propiedades del Biodiesel.....	40

RESUMEN

El presente proyecto fue elaborado pensando en la actual realidad de los combustibles derivados del petróleo, conociendo la limitación de los mismos se han incrementado los estudios de productos naturales para su sustitución.

En la actualidad es de gran importancia dar a conocer diferentes alternativas que se pueden usar para bajar el gran índice de contaminación al que estamos expuestos y gran parte de estos problemas son ocasionados por los vehículos que usan combustibles derivados de petróleo.

En el primer capítulo de nuestra investigación detallaremos los principales términos que nos van a ayudar a comprender de mejor manera las palabras usadas y sus significados, continuando con el siguiente capítulo detallaremos las características, usos, propiedades, forma de cultivo y beneficios de aceite de piñón al cual hemos dirigido nuestra investigación para de esta forma poder realizar una comparación de las características físicas y químicas del diesel y el biocombustible a extraer.

Detallaremos todos y cada uno de los materiales que usaremos en la elaboración del molino dando a conocer el por que del uso de los mismos, explicaremos como fueron realizados tomando en cuenta las características de los mismos, la forma como actúan sus elementos internamente y así poder diseñar una maquina cien por ciento segura.

Se han realizado gran cantidad de pruebas de funcionamiento hasta lograr obtener la mayor cantidad de extracción de aceite y eficiencia de la maquina con el fin de aprovechar al máximo todo el producto. Con la terminación de nuestro proyecto hemos tenido la oportunidad de dar a conocer varias recomendaciones sobre el uso de la maquina y los materiales que usamos en su construcción.

PRESENTACIÓN

En el transcurso del desarrollo del proyecto hemos tenido la satisfacción de conocer personas que nos han aportado con sus conocimientos como el Dr. Peter Schwiebert, el Ing. Luis MENA, Ing. Guido Torres, etc, y somos testigos pues del desarrollo de su innata vocación por el estudio.

Su versación por la cátedra y su constante dedicación a la investigación, son motivo de constante reconocimiento por sus colegas y alumnos y los han hecho merecedores al estímulo de viajes de estudio a varios centros destacados de investigación en biocombustibles.

En un medio como el nuestro, en el que la producción petrolera a decaído, éste proyecto viene hacer un aporte muy significativo e importante, una muestra prometedora de nuevos esfuerzos y nuevos aportes de unos jóvenes que inician su aporte científico, en un campo tan trascendental para la optimización de recursos, la conservación del medio ambiente, como es el uso adecuado de energías renovables.

Estamos convencidos que éste proyecto de Elaboración de un Molino extractor para Aceite de Piñón, claro, preciso, excelente fundamento y bien redactado, cumplirá plenamente los propósitos para los que fue concebido.

I. CAPÍTULO

INTRODUCCIÓN AL TEMA

1.1 INTRODUCCIÓN

El uso de combustibles fósiles en el Ecuador ha estado en constante aumento en las recientes décadas. En particular su uso en vehículos ha crecido tanto por el aumento del parque automotor como por el hecho que los combustibles fósiles presentan un subsidio en el país. Los principales combustibles en motores vehiculares en Ecuador provienen del petróleo fósil y son la gasolina, en autos livianos, y el diesel en vehículos pesados.

En el mundo moderno se empieza a utilizar el bioetanol en diversas mezclas con la gasolina (puede usarse hasta 10 – 15 % de etanol sin alterar el vehículo), mientras que en los motores diesel empieza a usarse mezclas con biodiesel. Los países Europeos hablan de un nivel de reemplazo de biodiesel de hasta un 20% en el diesel fósil.

En Ecuador se incorporo en las políticas nacionales el apoyo al uso de biocombustibles por medio del Decreto Ejecutivo 2332, Registro Oficial 482, 15 Diciembre 2004. En el se declara de interés nacional la producción, comercialización y uso de biocarburantes como componentes de los combustibles.

Puede usarse como materia prima tanto aceite vegetales puros o aceites vegetales residuales.

Para el segundo caso la presencia de restos impone se filtre este aceite antes de proceder a la transesterificación. En la práctica, los siguientes aceites vegetales pueden utilizarse:

- Palma Africana.

- Girasol.
- Soya.
- Colza.
- Piñón (*Jatropha curcas*)

La fabricación del biodiesel en Ecuador a nivel industrial se hace a partir principalmente de palma africana, existiendo una de las plantas más grandes de América Latina para fabricación de biodiesel de palma africana en la ciudad de Manta, Ecuador.

Ya existe un pequeño Mercado para el comercio de biomasa para aplicaciones energéticas. En la actualidad existe una gran fuerza para expandir el uso de biomasa como un origen de energía. Estas fuerzas han resultado que en muchos países se hagan políticas para estimularlo. El mercado es emergente y llevará algún tiempo hasta que se consolide. En un futuro cercano se espera que entren nuevos productos al mercado.

La introducción a gran escala de biomasa crea un nuevo mercado para la agricultura.

Cultivos para energía influenciarán el mercado de los cultivos. Se espera que los precios del café o algodón, que son extremadamente bajos suban. Todas las organizaciones que cultivan y los agricultores se beneficiarán de este desarrollo, especialmente para los países en desarrollo. Hay una tarea central para los gobiernos para guiar este desarrollo de un modo sostenible.

Hay un pequeño, aunque rápidamente expandiéndose Mercado para la biomasa. Parte de esta biomasa se transporta por todo el mundo hoy en día. Las razones para este rápido crecimiento son las fuerzas detrás de cambiar nuestros suministros de energía. Las fuerzas más importantes son:

- Dependencia y vulnerabilidad del suministro de petróleo; existe una necesidad urgente de asegurarse un suministro.

- Cambio climático (CO₂); hay una urgencia en reducir los niveles de emisiones.
- Problemas agrarios (sobreexplotación); necesidad urgente de cultivos no alimentarios.
- Desarrollo regional; necesidad de nuevas actividades económicas en los países en desarrollo.
- Reducción de las reservas de petróleo barato; necesidad urgente de nuevas energías baratas.

Estas fuerzas forman la base para la realización de políticas que estimulen el uso de biomasa. Varios países se han puesto metas mayores. Suecia está a la cabeza con la meta de no usar combustibles fósiles para el año 2020. Por lo tanto el mercado está ahí, se expande rápidamente pero aún está en fase emergente. Existen dudas en muchos aspectos de la cadena de biomasa. ¿Quién va a producir la biomasa? ¿De que forma se transportará?, ¿Quiénes son los clientes mas importantes?, ¿Cuál será el precio final en el mercado?, ¿Existe alguna barrera importante?, ¿Cómo se puede desarrollar el mercado de un modo sostenible?.

1.2 CONCEPTOS BÁSICOS

ASTM: Sociedad Norteamericana de Exámenes y Materiales (American Society for Testing and Materials). Organismo de Normalización de los Estados Unidos.

B -2: 2% biodiesel, 98% gasoil.

B -20: 20% biodiesel, 80% gasoil.

B – 100: Biodiesel puro.

BIOCOMBUSTIBLES: Combustibles que se obtienen a partir de sustancias de origen agrícola y que son susceptibles de ser empleados en motores de combustión interna (etanol anhidrido en las gasolinas y ésteres metílicos de oleaginosas en los gasóleos).

BIODEGRADABLE: Sustancia que puede ser descompuesta con cierta rapidez por organismos vivientes, los más importantes de los cuales son bacterias aerobias.

Sustancia que se descompone o desintegra con relativa rapidez en compuestos simples por alguna forma de vida como: bacterias, hongos, gusanos e insectos.

BIODIESEL: Combustible obtenido de la biomasa adecuado para la utilización por motores de combustión interna tipo Diesel.

BIODIVERSIDAD: Término por el que se hace referencia a la amplia variedad de seres vivos sobre la Tierra y los patrones naturales que la conforman.

BIOGAS: Se designa a la mezcla de gases resultantes de la descomposición de la materia orgánica realizada por acción bacteriana en condiciones anaerobias.

BIOMASA: Materia orgánica generada por los seres vivos. Se expresa en peso por unidad de superficie.

BOMBA HIDRAÚLICA: Las bombas hidráulicas son los elementos encargados de impulsar el aceite o líquido hidráulico, transformando la energía mecánica rotatoria en energía hidráulica.

CAJA DE VELOCIDADES: elemento encargado de acoplar el motor y el sistema de transmisión con diferentes relaciones de engranes o engranajes, de tal forma que la misma velocidad de giro del cigüeñal puede convertirse en distintas velocidades de giro en las ruedas.

CONTAMINACIÓN: Proceso por el cual un ecosistema se altera debido a la presencia de uno o más contaminantes. Introducción por parte del hombre, de elementos, sustancias y/o energía en el ambiente, hasta un grado capaz de perjudicar su salud, atentar contra los sistemas ecológicos y organismos vivientes, deteriorar la estructura y características del ambiente o dificultar el aprovechamiento racional de los recursos naturales.

CORROSIÓN: Proceso de reacciones químicas o electroquímicas que destruye un metal. El conocido estrato de herrumbre que recubre el acero, es el producto más común de la corrosión.

CO₂: El dióxido de carbono es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de oxígeno y uno de carbono .

DEFORESTACIÓN: Es el proceso de desaparición de los bosques o masas forestales, fundamentalmente causada por la actividad humana, debido a las talas realizadas por la industria maderera, así como para la obtención de suelo para cultivos agrícolas.

DEGRADACIÓN DE SUELOS: Pérdida de la capacidad productiva del suelo, causado por el viento o el agua; a causa de este desprendimiento la tierra es menos productiva.

DIESEL: Tipo de combustible derivado del petróleo y que es más viscoso que la nafta.

EFECTO INVERNADERO: Elevación de la temperatura de la atmósfera próxima a la corteza terrestre, por la dificultad de disipación de la radiación calorífica, a causa de la presencia de una capa de óxidos de carbono procedentes de las combustiones industriales.

ETHANOL:

ENERGÍA RENOVABLE: Se denomina a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, una por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otra porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

ENERGÍA SUSTENTABLE: Es el uso del desecho de cualquier materia de una manera, racionada.

GASÓLEO O GAS-OIL: Es el carburante usado en los motores de combustión o diesel, se obtiene en un proceso menos costoso que la gasolina mediante la destilación del petróleo bruto.

HIDROCARBUROS: Los hidrocarburos son compuestos orgánicos binarios formados por átomos de carbono e hidrógeno, se podría decir que constituye la función química más importante.

HOLLÍN: Sustancia grasa negra que el humo deposita en la superficie de los cuerpos alcanzados por él.

ÍNDICE DE CETANO: Corresponde a la cantidad presente (porcentaje en volumen) de cetano en una mezcla de referencia con igual punto de inflamación que el carburante sometido a prueba.

INEN: (Instituto Ecuatoriano de Normalización), es un Organismo vinculado al Ministerio de Comercio Exterior, Industrialización y Pesca, que se encarga de la expedición de normas técnicas que regulan todos los ámbitos de la producción.

JATROPHA CURCAS: Es una planta que crece relativamente rápido según el clima, entre tres y seis años y que vive más de 30, durante los cuales produce semillas con un contenido de aceite para varios usos y entre estos el de biocombustibles.

JOULE: Una de las unidades básicas de energía y es utilizada para mediciones de ecología dinámica o energética.

KILOCALORÍA: Unidad de energía calorífica que corresponde a 1000 calorías.

MECANISMO DIFERENCIAL: El mecanismo diferencial tiene por objeto permitir que cuando el vehículo dé una curva sus ruedas propulsoras puedan describir sus respectivas trayectorias sin patinar sobre el suelo.

MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA: Es todo aquel en el cual se incendia una mezcla de combustible y aire para producir energía mecánica o de movimiento de masas.

NAFTA: Producto de destilación del petróleo que se utiliza para hacer gasolinas.

NOx: Óxidos de nitrógeno.

PARAFINAS: Cualquiera de las sustancias blancas, inodoras, insípidas e inertes, compuestas de hidrocarburos saturados obtenidos del petróleo.

PETRÓLEO: Es una mezcla compleja no homogénea de hidrocarburos insolubles en agua y de origen orgánico.

PLUVIÓMETRO: Es un aparato de meteorología usado para medir, en milímetros lineales, la cantidad de líquidos durante un determinado tiempo medido en milímetros.

PRESIÓN ATMOSFÉRICA: Es la presión ejercida por el aire en cualquier punto de la atmósfera.

PODER CALORÍFICO: Varía de 8.500 a 11.500 cal. por g. (15.350 a 22.000 btu. por lb). Generalmente varía entre 1.002 y 1.080 cal. por g.

PUNTO DE EBULLICIÓN: Es la temperatura a la cual una sustancia pasa de estado líquido a estado gaseoso.

PUNTO DE IGNICIÓN: Se denomina al momento más propicio para que se inicie el encendido del combustible en un motor de combustión interna (MCI).

PUNTO DE INFLAMACIÓN: Es la temperatura a la cual una sustancia pasa de estado líquido a estado gaseoso.

RECOCIDO: Es el proceso de tratamiento térmico realizado para reducir los niveles de dureza de un material dado a un valor específico

REDUCTORES DE VELOCIDAD: El problema básico de las máquinas es reducir la alta velocidad de los motores a una velocidad utilizable por los equipos de las máquinas.

REVENIDO: Consiste en un calentamiento a fondo o por etapas, a una cierta temperatura y un enfriamiento apropiado. Este tratamiento permite neutralizar lentamente las tensiones internas producidas durante el temple. En general el revenido conduce a una reducción de la dureza y a un aumento de la tenacidad

TEMPLE: Consiste en austenitizar (calentamiento a fondo y manteniendo una cierta temperatura) y enfriar una pieza a una velocidad tal que la dureza aumenta considerablemente en zonas mas o menos grandes.

VISCOSIDAD CINEMÁTICA: Es el cociente entre la viscosidad dinámica y la densidad.

VISCOSIDAD DINÁMICA: Medición de la resistencia que un líquido opone al flujo. Producto del efecto combinado de la cohesión y la adhesión. Se indica en términos del tiempo necesario para que una cierta cantidad de líquido pase a

través de un orificio de determinado tamaño. La unidad de medida de la viscosidad dinámica es el poiseville.

VOLATILIDAD: El grado en que los líquidos se vaporizan o su relativa tendencia a vaporizarse.

II. CAPITULO

GENERALIDADES

2.1 ACEITE DE JATROPHA CURCAS O PIÑÓN.



Figura 1.- Fruto de Jatropha

Es de color amarillo claro, inoloro y con sabor ligero a nuez.

Este óleo vegetal, marcará una posibilidad para desarrollar cultivos alternativos en terrenos marginales o en aquellos donde no se efectúan cultivos tradicionales, convirtiéndose en el “oro verde” y con la generación de una nueva clase de productores.

El piñón (piñón de leche) es una planta originaria de la América Latina, de la familia de las Euphorbiaceae de nombre científico Jatropha Curcas. Se encuentra distribuida en toda la geografía nacional, donde crece espontáneamente y es utilizada, para la elaboración de biocombustibles y la cura de diferentes enfermedades.



Figura 2.- Semilla de Jatropha

El piñón de leche es un pequeño árbol que alcanza una altura de 3 a 5 metros, con la ventaja que se desarrolla y produce bien en suelos marginales, donde prácticamente ningún otro cultivo podría desarrollarse. Resiste a la falta de agua, desarrollándose en zona de muy baja pluviometría.

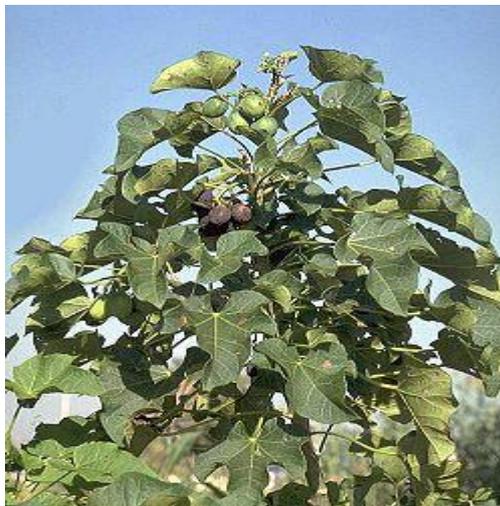


Figura 3.- Arbusto de la Jatropha

Se puede sembrar por semilla o por vía vegetativa (estacas), cuando la planta es obtenida por semilla tarda 2 años para producir la primera cosecha. Sembrado por estacas la primera producción se obtiene al año, con la ventaja de que la planta no sufre variabilidad por la posibilidad de cruce con otras plantas.

Su origen más probable es el sur de México y Centroamérica, supuestamente llevada por portugueses a sus colonias de Asia y África, entre 1750-1800.

Actualmente se encuentra en todas las zonas cálidas del mundo donde se ha asilvestrado.

2.1.1 OBJETIVOS EN EL CULTIVO DE JATROPHA

- Producción sustentable de biomasa y biocombustibles para consumo local.
- Captura de dióxido de carbono atmosférico (reducción de emisiones).
- Asegurar recursos alternativos de energía.
- Opción frente al decremento en las reservas de petróleo y otros combustibles fósiles.
- Reducir las emisiones de CO₂ frente al cambio climático global.
- Mejorar las condiciones económicas en el sector rural.
- Fomentar la biodiversidad y la conservación ecológica.
- Fomentar el uso de energía renovable sustentable.
- Aprovechamiento de suelos no aptos para producción alimentos.
- Apoyar a productores e inversionistas en el desarrollo de proyectos.
- Fomentar la expansión de cultivos regionales sustentables mediante proyectos piloto.
- Generar contratos de producción de biomasa en regiones rurales.

- Obtener certificados por reducción de emisiones de CO₂.

2.1.2 PROPIEDADES



Figura 4.- Piñón

El piñón es capaz de producir hasta 2 a 3 toneladas de semillas, que se transforman en 1.800 litros de aceite por hectárea, las cuales se pueden convertir en 1.680 litros de biodiesel. Al ser una especie arbustiva perenne, la cosecha es manual, empleando importante cantidad de mano de obra campesina, lo que significará una fuente genuina de trabajo rural, tan necesario en los esquemas productivos modernos que cada día son más tecnificados, y expulsan mano de obra a las grandes ciudades.

La planta en su primer año de siembra ya produce un 25% de su potencial máximo, y al año cinco de establecida la plantación se logra el 100% de su potencial, manteniéndose así hasta el año 40 cuando empieza a decaer de manera muy lenta su producción anual.

El piñón se adapta fácilmente a zonas entre 0 y 2.500 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas de alrededor 28 °C y precipitaciones entre 200 a 1.000 mms; este cultivo no debe verse como un sustituto de cultivos alimenticios o industriales; el piñón debe considerarse como un cultivo alternativo que puede generar importantes ingresos a la familia rural. La planta puede ser una excelente alternativa en la reforestación de zonas erosionadas, para los agricultores que se

encuentran en regiones en donde sus cultivos han perdido su valor comercial y para aquellas tierras que no son aptas para los cultivos tradicionales, o inclusive como cultivo alternativo y/o complementario.

PROPIEDADES	NORMA	VALORES		VALOR DETERMINADO	DESCRIPCION
		MIN	MAX		
Punto de Inflamación (°C)	INEN 1047	220		335	Permite conocer hasta que temperatura podrá ser calentado un producto sin peligro.
Punto de ignición (°C)			220	
Índice de cetano	INEN 1495	39		51	Capacidad de arranque en frío. En ambientes fríos un alto número de cetano es deseable
Viscosidad Cinemática a 37,8°C	INEN 1981		46	40.8	Una adecuada viscosidad proporcionada un bombeado adecuado y características lubricantes a los componentes del sistema
Densidad (Kg/m³)	INEN 1298	900	930	925	Indicador de la energía del combustible. Densidades altas indican mayor energía y buen rendimiento del combustible
Poder Calorífico (Kcal/Kg)	Valor no sujeto a norma			9471	Energía liberada por el combustible

Tabla 1.- Propiedades del Aceite de Jatropha

2.1.3 USOS.

El aceite de Jatropha se puede usar de diversas maneras:

- Para su uso en motores adaptados a consumir Aceite Vegetal Puro.
- Para la obtención de Biodiesel, para la utilización en motores diesel y generadores eléctricos.
- Para Jabones.

El único subproducto que se genera en la obtención de Aceite Vegetal Puro es la tarta de prensa.

La tarta de prensa de la Jatropha es venenosa, por lo que solamente la podremos usar para su uso como abono o para la obtención de Biogas en una planta de Biogas.



Figura 5.- Aceite de Jatropha

2.1.4 BENEFICIOS.

2.1.4.1 Al medio ambiente

- Captura de CO₂ atmosférico.
- Se evita la desertificación, la deforestación y degradación en los suelos.
- Se favorece la biodiversidad y conservación ecológica en zonas marginales.
- Reducción en el uso de energía fósil primaria.
- Disminución de las emisiones de CO₂ (gas de efecto invernadero).

2.1.4.2 A inversionistas

- Ganancias económicas de acuerdo con los términos y condiciones en los proyectos.
- Acceso al mercado de biomasa y biocombustibles.
- Acceso al mercado de bonos de carbono.
- Obtención de certificados de reducción de emisiones de CO₂.
- Creación de capacidad técnica y comercial.

2.1.4.3 A productores

- Ganancias económicas de acuerdo con los términos y condiciones en los proyectos.
- Aseguramiento de ingresos adicionales duraderos.
- Acceso a biocombustibles.
- Obtención de asistencia técnica y capacitación.
- Aprovechamiento de suelos improductivos marginales.
- Disminución de la dependencia en cultivos agrícolas alimentarios.
- Mayor influencia en el ámbito rural.
- Se evita la degradación de los suelos y la deforestación.
- Creación de capacidad técnica y comercial.

2.2 DIESEL



Figura 6.- Diesel comercial

También denominado gasoil o diesel, es un líquido de color blancuzco o verdoso y de densidad sobre 850 kilogramos por metro cúbico, compuesto fundamentalmente por parafinas y utilizado principalmente como combustible en motores diesel y en calefacción.

Cuando es obtenido de la destilación del petróleo se denomina petrodiesel y cuando es obtenido a partir de aceites vegetales se denomina biodiesel.

El petrodiesel es el gasóleo extraído del petróleo. Se diferencia del biodiesel, que es el gasóleo extraído del aceite vegetal.

Es una mezcla de hidrocarburos que se obtiene por destilación fraccionada del petróleo entre 250° y 350 °C a presión atmosférica. El gasóleo es más sencillo de refinar que la gasolina y suele costar menos. Por el contrario, tiene mayores cantidades de compuestos minerales y de azufre.

2.2.1 PROPIEDADES.

PROPIEDADES	VALORES	
	MIN	MAX
Norma del Combustible	ASTM PS121	ASTM PS121
Composición.	C10 – C21 HC	C10 – C21 HC
Punto de Ebullición 1 Atm. (°C).	160	382,2
Punto de Inflamabilidad (°C).	60	80
Punto de Ebullición (°C).	188	343
Temperatura de Autoignición (°C).	204,4	260
Densidad (Kg/m ³).	784,8	880,9
Número de Cetano	45	55
Contenido de Energía (MJ/Kg).	43,96	43,96
Contenido de Azufre (%peso).	0.05	0,05
Oxígeno (%peso).	0	0
Peso Específico.	0,8	0,9
Relación aire/combustible.	15	15

Tabla 2.- Propiedades del Diesel

2.2.2 NÚMERO O ÍNDICE DE CETANO

El número o índice de cetano guarda relación con el tiempo que transcurre entre la inyección del carburante y el comienzo de su combustión. Una combustión de calidad ocurre cuando se produce una ignición rápida seguida de un quemado total y uniforme del carburante.

Cuanto más elevado es el número de cetano, menor es el retraso de la ignición y mejor es la calidad de combustión. Por el contrario, aquellos carburantes con un bajo número de cetano requieren mayor tiempo para que ocurra la ignición y después queman muy rápidamente, produciendo altos índices de elevación de presión.

Si el número de cetano es demasiado bajo, la combustión es inadecuada y da lugar a ruido excesivo, aumento de las emisiones, reducción en el rendimiento del vehículo y aumento de la fatiga del motor. Un humo y ruido excesivos son problemas comunes en los vehículos diésel, especialmente bajo condiciones de arranque en frío.

En definitiva es un indicativo de la eficiencia de la reacción que se lleva a cabo en los motores de combustión interna.

2.2.3 EXTRACCIÓN

Se obtiene de la fracción destilada del petróleo denominada gasóleo. Tiene propiedades diferentes a la gasolina pues ésta contiene hidrocarburos más livianos. El combustible diesel es más pesado y aceitoso, de hecho, a veces se le denomina aceite diesel. Se evapora más lentamente y su punto de ebullición es más alto, incluso supera al del agua.

El petróleo diesel tiene un mejor rendimiento en Km./L en los motores que la gasolina.

Además resulta más económico porque requiere menos refinación.

En una refinería, el petróleo es convertido a una variedad de productos mediante procesos físicos y químicos.



Figura 7.- Planta para la extracción del Diesel

El primer proceso al que se somete el petróleo en la refinería, es la destilación para separarlo en diferentes fracciones.

La sección de destilación es la unidad más flexible en la refinería, ya que las condiciones de operación pueden ajustarse para poder procesar un amplio intervalo de alimentaciones, desde crudos ligeros hasta pesados. Dentro de las torres de destilación, los líquidos y los vapores se separan en fracciones de acuerdo a su peso molecular y temperatura de ebullición. Las fracciones más ligeras, incluyendo gasolina y gas LP, vaporizan y suben hasta la parte superior de la torre donde se condensan. Los líquidos medianamente pesados, como la querosina y la fracción diesel, se quedan en la parte media. Los líquidos más pesados y los gasóleos ligeros primarios, se separan más abajo, mientras que los más pesados en el fondo. La gasolina contiene fracciones que ebullen por debajo de los 200 °C mientras que en el caso del diesel sus fracciones tienen un límite de 350 °C. Esta última contiene moléculas de entre 10 y 20 carbonos, mientras que los componentes de la gasolina se ubican en el orden de 12 carbonos o menos.

En un tiempo, la manufactura de diesel involucró utilizar lo que quedaba después de remover productos valiosos del petróleo. Hoy en día el proceso de fabricación del diesel es muy complejo ya que comprende escoger y mezclar diferentes

fracciones de petróleo para cumplir con especificaciones precisas. La producción de diesel estable y homogéneo requiere de experiencia, respaldada por un estricto control de laboratorio.

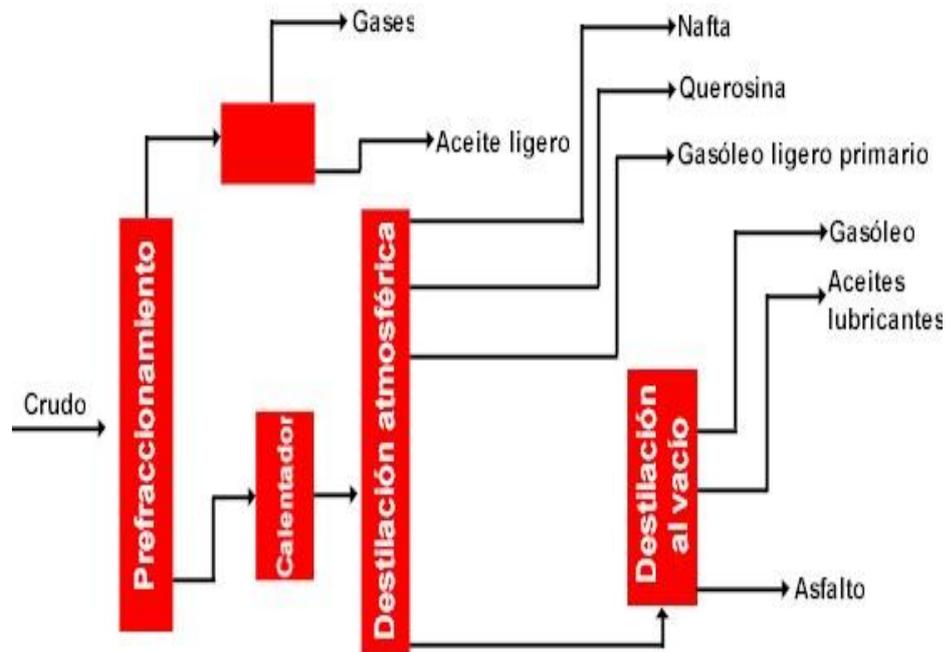


Figura 8.-Productos del Crudo

2.2.4 ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN

El humo negro, generado por la combustión del diesel, emana gases tóxicos como dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, partículas de plomo y monóxido de carbono.

El diesel contiene azufre, cuya cantidad máxima permitida es 50 partes por millón, se han dado casos en que el diesel ha contenido hasta 500 por millón.

Según el Ministerio del Ambiente, el 76% de contaminación atmosférica proviene de los vehículos. El 5 %, de la industria, el 4 % de generación

eléctrica y el 15 % de fuentes naturales como los volcanes. En nuestro país el 7% del patio vehicular funciona a diesel, es decir unos 77 000 vehículos¹.

Los vehículos a diesel son los causantes del 40% del problema de contaminación del aire, razón por la cual, uno de los factores para que el alto índice de contaminación se reduzca es el mejoramiento de la calidad del combustible

Los combustibles ecuatorianos ya no poseen plomo pero mantienen los altos contenidos de azufre. En esto, Petroecuador se justifica en la falta de presupuesto y pide recursos para instalar unidades de desulfuración.

Además, la estatal petrolera ha realizado estudios de calidad de sus productos en sus propias centrales y todos cumplen con la norma ecuatoriana. Para Petroecuador, el riesgo de alteración de la calidad está en la distribución.

	Livianos				Bus 0	Motos	
	Gasolina			Diésel	Camión		
Contaminante	< 1.4 lt	1.4 - 2.0 lt	> 2.0lt	> 2lt		>500cc 2t	>50 cc 4t
Nox (g/Km.)	0,13	0,13	0,18	1,02	11,22	0,03	0,11
COV (g/Km.)	0,07	0,06	0,08	0,24	2,90	13,29	2,82
CO (g/Km.)	2,92	3,46	5,02	0,86	4,65	29,74	37,33
Combustible (Km./galón)	45,00	34,00	27,00	45,00	12,00	85,00	94,00
CO ₂ (t/año)	3,50	4,60	5,50	3,80	42,70	1,90	1,70
% Auto nuevos 2006	4,90	22,30	19,40	3,70	3,90	45,80	

Tabla 3.- Índices de Contaminación del Campo Vehicular en el Ecuador

¹ www.corpaire.gov

2.2.5 UTILIZACIÓN

Como ya es de conocimiento en las personas, debido a su bajo tratamiento químico el diesel es utilizado en los siguientes campos:

- Campo Automotriz.

- Campo eléctrico, para generar energía a empresas, por medio de la utilización de una pequeña planta eléctrica.

2.2.6 BENEFICIOS

De acuerdo con la página de la Secretaría de Medio Ambiente el desarrollo del motor diesel ha apuntado a obtener mayor potencia por menos combustible, ya que en la actualidad un motor diesel utiliza solo un 70% del combustible que utilizaría un motor a gasolina de características similares para una misma potencia.

De tal manera que los beneficios que otorgan los motores diesel a los vehículos de transporte es su capacidad de generación de potencia y electricidad; así como su eficiencia en el consumo de combustible.

Los motores diesel también ofrecen fácil arranque de velocidad y torque, lo cual permite recorrer considerables distancias sin cargar combustible, además de que el usuario puede estar seguro de que los nuevos motores diesel contribuyen con menores emisiones contaminantes, ruido y olor.

2.3 EL BIODIESEL



Figura 9.- Biodiesel

El biodiesel es un combustible diesel producido a partir de materias de base renovables, como los aceites vegetales, que se puede usar en los motores diesel.

El biodiesel puede mezclarse con gasóleo procedente del refino de petróleo en diferentes cantidades. Se utilizan notaciones abreviadas según el porcentaje por volumen de biodiesel en la mezcla: B100 en caso de utilizar sólo biodiesel, u otras notaciones como B5, B15, B20, B30 o B50, donde la numeración indica el porcentaje por volumen de biodiesel en la mezcla.

El aceite vegetal, cuyas propiedades para la impulsión de motores se conocen desde la invención del motor diesel gracias a los trabajos de Rudolf Diesel, ya se destinaba a la combustión en motores de ciclo diesel convencionales o adaptados.

A principios del siglo XXI, en el contexto de búsqueda de nuevas fuentes de energía y la creciente preocupación por el calentamiento global del planeta, se impulsó su desarrollo para su utilización en automóviles como combustible alternativo a los derivados del petróleo.

2.3.1 PROPIEDADES.²

PROPIEDADES	VALORES
Norma del Combustible	ASTM D975
Punto de Inflamación °C	100 – 170
Punto de Ebullición °C	182 – 338
Índice de Cetano	48 – 55
Densidad a 15 °C (g/cm ³)	0,875 – 0,9
Viscosidad a 40 °C (mm ² /s)	3,5 – 5
Numero de Cetano	48 – 55
Azufre (%peso)	0 - 0,0024 Max
Oxígeno (%peso)	11
Relación de aire/combustible	13.8

Tabla 4.- Propiedades del Biodiesel

2.3.2 GRADO DE CONTAMINACIÓN.

El uso de biodiesel reduce sustancialmente las emisiones contaminantes de los motores convencionales de gasóleo en los siguientes componentes: óxido de azufre (SO₂), 30% menos de hidrocarburos inquemados y 25% de monóxido de carbono (CO) y no afecta en modo alguno al funcionamiento de los motores. La utilización de este combustible, de origen vegetal,

² http://www.biodiesel-uruguay.com/propiedades_biodiesel.php

permite reducir asimismo en un 80% las emisiones de CO₂, principal causante del efecto invernadero.

2.3.3 PROPÓSITO DE SU UTILIZACIÓN

Debido a la extinción global que en unos 30 años se va a desarrollar por la pérdida del llamado oro negro, científicos por medio de estudios han logrado sustituir el diesel por el biodiesel ya que éste entrega similar desempeño y su mayor lubricidad ayuda a aumentar la vida útil del motor, incluso utilizándolo como un aditivo. Utilizar biodiesel deja los egresos monetarios causados por la importación de combustibles. Puede ser producido en forma casi doméstica utilizando recursos renovables, reduciendo la dependencia de aceites importados e incrementando la rentabilidad del agro mientras crea empleo.

2.3.4 USOS

- Calefacción para el hogar en base a Biodiesel. Mucha gente está apuntando sus ojos hacia el Biodiesel como una alternativa para la calefacción de la casa.
- Generadores de electricidad en base a combustible Biodiesel. El Biodiesel es más económico, además es limpio y renovable para generar electricidad.
- Camiones de transporte alimentados con Biodiesel. Poco a poco, más y más tractores de transporte de mercaderías cambian de diesel a Biodiesel, los beneficios que obtienen son numerosos.
- Aditivos lubricantes en base a Biodiesel porque es un buen lubricante en comparación al de uso actual en base a petróleo poco sulfurado, los inyectores de combustible y otros tipos de bombas de combustible,

pueden perfectamente ser lubricados con Biodiesel. Con los aditivos correctos, la performance del encendido puede mejorar, haciendo los motores más duraderos.

- Por las propiedades solventes, limpia las partes mecánicas con seguridad.

2.3.5 BENEFICIOS AL VEHICULO

- Mayor duración y lubricidad de los motores, ya que por haber sido obtenido de aceites vegetales sus propiedades lubricantes ayudan al motor a funcionar de forma más eficiente.



Figura 10.- Vehículo a Biodiesel

- Alarga la vida útil del motor y, además, elimina los ruidos.
- Mejora la combustión.
- No es altamente inflamable.
- Puede emplearse puro o combinado.

2.3.6 BENEFICIOS AL MEDIO AMBIENTE

- El Biodiesel reduce la emisión de Dióxido de Carbono en un 80% y a causa de esto se reduce el riesgo de los compuestos tóxicos asociados al cáncer.
- Es Biodegradable.
- No contiene azufre
- El Biodiesel se descompone en residuos naturales sin contaminar el ambiente.
- Su producción es renovable
- Otro de sus beneficios es la generación de mano de obra en el sector agrario ya que es un proceso recursivo que requiere de mayor cantidad de puestos de trabajo que el diesel obtenido del petróleo, además de ser un producto que puede ser elaborado a nivel nacional sin necesidad de importación de materias primas.



Figura 11.- Planta de Biodiesel.

- Genera independencia económica y energética, un país que fabrica su propio combustible ya no dependerá de las constantes alzas del mercado petrolero ni de las disputas causadas por la escasez del llamado "oro negro".

III. CAPITULO

MARCO TEÓRICO DE LOS MATERIALES A UTILIZAR EN EL MOLINO

3.1 TIPOS DE MOLINOS PARA ACEITE DE JATROPHA CURCAS O PIÑÓN

3.1.1 GX-78



Modelo GX-78-Cap. 50-60 kg/hr. de grano.-(La capacidad varía con el tipo de grano, preparación previa del mismo, humedad, limpieza y otros factores.)

La prensa de extracción de aceite Modelo GX-78, es la de menor tamaño de las que comercializamos, de fácil manejo, y de bajo costo operativo.

Este modelo ofrece una estructura incorporada para el ajuste del motor, de manera tal que se puede mover sin problemas.

Este modelo resulta ideal para el uso que requiera movilidad de la prensa, operaciones artesanales y pequeñas empresas de extracción de aceite.

Modelo	Productividad	Potencia	Largo	Ancho	Altura	Peso
GX-78	50/60 Kg/hr	5.5 Kw	210 mm	100 mm	500 mm	210 Kg

3.1.2 GX-100



Modelo GX-100- Cap. 150-200 kg/hr. de grano.-
(La capacidad varía con el tipo de grano, preparación previa del mismo, humedad, limpieza y otros factores.)

Las prensas GX-100 / GX-10 / GX-95 son ideales para la extracción eficiente de aceite de semillas oleaginosas, tales como soja, girasol, colza, algodón etc.

El modelo GX-10 está diseñado para semillas de alto contenido de aceite (+20 %), tales como piñón, girasol, colza etc., mientras que la GX-95/GX-100 son para semillas de contenido de aceite menor a 20 % (soja, etc.).

Modelo	Productividad	Potencia	Largo	Ancho	Altura	Peso
GX-100/10/95	150-200 Kg/hr	11 Kw	1600 mm	700 mm	1350 mm	520 Kg

3.1.3 GX-105



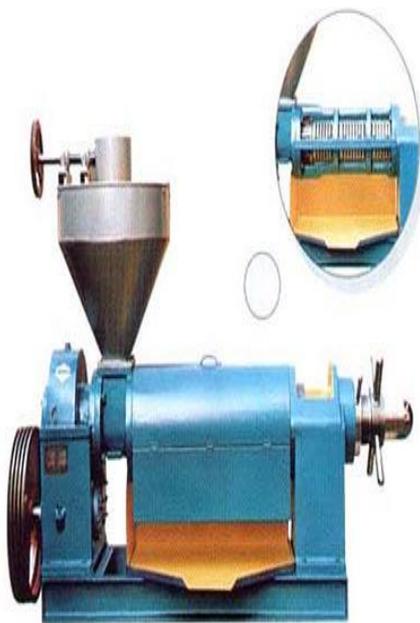
Modelo GX-105- Cap. 200-300 kg/hr. de grano.-
(La capacidad varía con el tipo de grano, preparación previa del mismo, humedad, limpieza y otros factores.)

La prensa GX-105 es una nueva adición a la familia de prensas GX. Su capacidad de 300 kg/hr, resulta ideal para una capacidad de

producción intermedia entre la GX-100 y la GX-130. Es ideal para la extracción eficiente de aceite de semillas oleaginosas, tales como soja, girasol, colza, piñón, algodón etc. El modelo GX-105/3, de 3 Etapas de prensado está diseñado para semillas de alto contenido de aceite (+20 %), tales como girasol, colza etc., mientras que la GX-105/4, de 4 etapas es para semillas de contenido de aceite menor a 20 % (soja, etc.).

Modelo	Productividad	Potencia	Largo	Ancho	Altura	Peso
GX-105	200-300 Kg/hr	11-15 Kw	1825 mm	700 mm	1350 mm	560 Kg

3.1.4 GX-130



Modelo GX-130- Cap. 400-500 kg/hr. de grano-
(La capacidad varía con el tipo de grano, preparación previa del mismo, humedad, limpieza y otros factores.)

La prensa GX-130 es el modelo de mayor capacidad que comercializamos. Es ideal para la extracción eficiente de aceite de semillas oleaginosas, tales como soja, girasol, colza, algodón etc.

El modelo GX-130/3, de 3 Etapas de prensado está diseñado para semillas de alto contenido de aceite (+20 %), tales como girasol, colza, piñón etc., mientras que la GX-130/4, de 4 etapas son para semillas de contenido de aceite menor a 20 % (soja, etc.).

Modelo	Productividad	Potencia	Largo	Ancho	Altura	Peso
GX-130	400-500 Kg/hr	18.5 Kw	2010 mm	800 mm	1350 mm	820 Kg

3.1.5 E-1000



Modelo	Productividad	Potencia	Largo	Ancho	Altura	Peso
E-1000	1000 Kg/hr	92.5 Kw	2500 mm	2600 mm	2000 mm	2000 Kg

3.1.6 E-500



Modelo	Productividad	Potencia	Largo	Ancho	Altura	Peso
E-500	500 Kg/hr	55 Kw	2000 mm	2300 mm	1700 mm	1400 Kg

3.1.7 E-250



Modelo	Productividad	Potencia	Largo	Ancho	Altura	Peso
E-250	250 Kg/hr	37 Kw	2000 mm	1550 mm	1650 mm	1000 Kg

3.2 ENGRANAJES

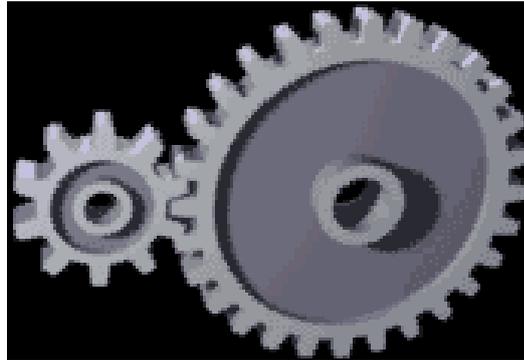


Figura12.- Engranajes

Se denomina engranaje o ruedas dentadas al mecanismo utilizado para transmitir potencia mecánica entre las distintas partes de una máquina. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales a la mayor se le denomina corona y al menor piñón. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas.

Una de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía, como puede ser un motor de combustión interna o un motor eléctrico, hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un trabajo.

Si el sistema está compuesto de más de un par de ruedas dentadas, se denomina tren de engranajes.

3.2.1 APLICACIONES.

Existe una gran variedad de formas y tamaños de engranajes, desde los más pequeños usados en relojería e instrumentos científicos hasta los de grandes dimensiones, empleados, por ejemplo, en las reducciones de velocidad de las turbinas de vapor de los buques, cajas de velocidades, en el accionamiento de los hornos y molinos de las fábricas de cemento, etc.

El campo de aplicación de los engranajes es prácticamente ilimitado. Los encontramos en las centrales de producción de energía eléctrica, hidroeléctrica y en los elementos de transporte terrestre: locomotoras, automotores, camiones, automóviles, transporte marítimo en buques de todas clases, aviones, en la industria siderúrgica: laminadores, transportadores, etc., minas y astilleros, fábricas de cemento, grúas, montacargas, máquinas-herramientas, maquinaria textil, de alimentación, de vestir y calzado, industria química y farmacéutica, etc., hasta los más simples movimientos de accionamiento manual.

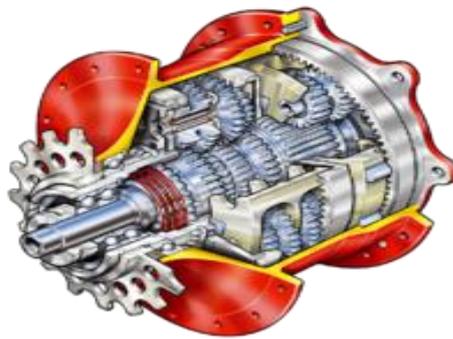


Figura 13.- Caja de velocidades

Toda esta gran variedad de aplicaciones del engranaje puede decirse que tiene por única finalidad la transmisión de la rotación o giro de un eje a otro distinto, reduciendo o aumentando la velocidad del primero.

3.2.1.1 Bomba hidráulica.- Una bomba hidráulica es un dispositivo tal que recibiendo energía mecánica de una fuente exterior la transforma en una energía de presión transmisible de un lugar a otro de un sistema hidráulico a través de un líquido cuyas moléculas estén sometidas precisamente a esa presión.

Las bombas hidráulicas son los elementos encargados de impulsar el aceite o líquido hidráulico, transformando la energía mecánica rotatoria en energía hidráulica. Una bomba hidráulica la equipan todas las máquinas que tengan circuitos hidráulicos y todos los motores térmicos para lubricar sus piezas móviles.

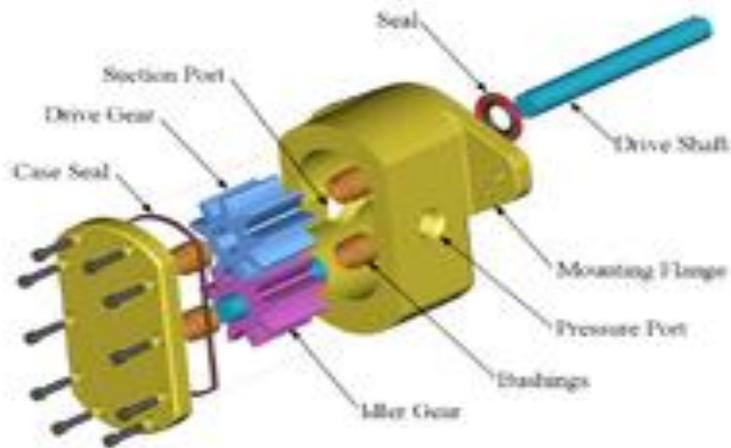


Figura14.- Bomba hidráulica

3.2.1.2 Mecanismo diferencial.- El mecanismo diferencial tiene por objeto permitir que cuando el vehículo dé una curva sus ruedas propulsoras puedan describir sus respectivas trayectorias sin patinar sobre el suelo. La necesidad de éste dispositivo se explica por el hecho de que al dar una curva el coche, las ruedas interiores a la misma recorren un espacio menor que las situadas en el lado exterior, puesto que las primeras describen una circunferencia de menor radio que las segundas.

El mecanismo diferencial está constituido por una serie de engranajes dispuestos de tal forma que permite a las dos ruedas motrices de los vehículos girar a velocidad distinta cuando circulan por una curva. Así si el vehículo toma una curva a la derecha, las ruedas interiores giran más despacio que las exteriores, y los satélites encuentran mayor dificultad en mover los planetarios de los semiejes de la derecha porque empiezan a rotar alrededor de su eje haciendo girar los planetarios de la izquierda a una velocidad ligeramente superior. De esta forma provocan una rotación más rápida del semieje y de la rueda motriz izquierda.

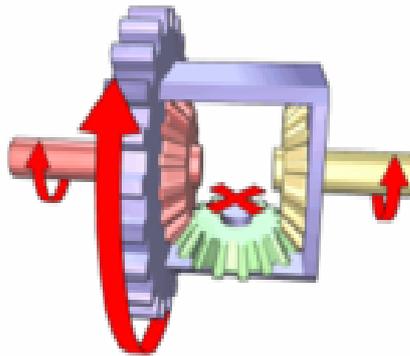


Figura 15.- Mecanismo diferencial

3.2.1.3 Caja de velocidades.- En los vehículos, la caja de cambios o caja de velocidades es el elemento encargado de acoplar el motor y el sistema de transmisión con diferentes relaciones de engranes o engranajes, de tal forma que la misma velocidad de giro del cigüeñal puede convertirse en distintas velocidades de giro en las ruedas.

El resultado en la ruedas de tracción generalmente es la reducción de velocidad de giro e incremento del torque.

Los dientes de los engranajes de las cajas de cambio son helicoidales y sus bordes están redondeados para no producir ruido o rechazo cuando se cambia de velocidad.

La fabricación de los dientes de los engranajes es muy cuidada para que sean de gran duración.



Figura 16.- Eje secundario de caja de cambios

3.2.1.4 Reductores de velocidad.- El problema básico de las máquinas es reducir la alta velocidad de los motores a una velocidad utilizable por los equipos de las máquinas. Además de reducir se deben contemplar las posiciones de los ejes de entrada y salida y la potencia mecánica a transmitir.

Para potencias bajas se utilizan motorreductores que son equipos formados por un motor eléctrico y un conjunto reductor integrado.

Para potencias mayores se utilizan equipos reductores separados del motor.

Los reductores consisten en pares de engranajes con gran diferencia de diámetros, de esta forma el engrane de menor diámetro debe dar muchas vueltas para que el de diámetro mayor de una vuelta, de esta forma se reduce la velocidad de giro. Para obtener grandes reducciones se repite este proceso colocando varios pares de engranes conectados uno a continuación del otro.

El reductor básico está formado por mecanismo de tornillo sinfín y corona.

En este tipo de mecanismo el efecto del rozamiento en los flancos del diente hace que estos engranajes tengan los rendimientos más bajos de todas las transmisiones; dicho rendimiento se sitúa entre un 40 y un 90% aproximadamente, dependiendo de las características del reductor y del trabajo al que está sometido.

Factores que elevan el rendimiento:

- Ángulos de avance elevados en el tornillo.
- Rozamiento bajo (buena lubricación) del equipo.
- Potencia transmitida elevada.
- Relación de transmisión baja (factor más determinante).

Las cajas reductoras suelen fabricarse en fundición gris dotándola de retenes para que no salga el aceite del interior de la caja.

3.2.2 TIPOS DE ENGRANAJES

La principal clasificación de los engranajes se efectúa según la disposición de sus ejes de rotación y según los tipos de dentado. Según estos criterios existen los siguientes tipos de engranajes:

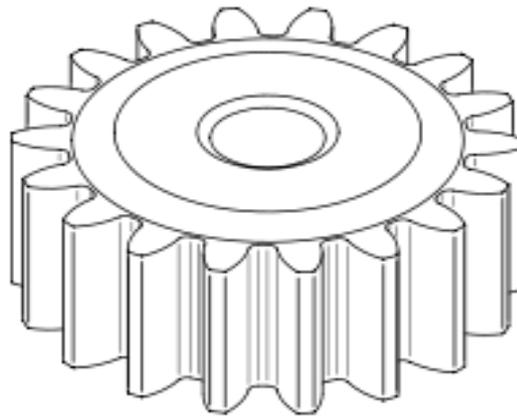


Figura 17.- Diseño de Engranajes

3.2.2.1 Ejes paralelos

- Cilíndricos de dientes rectos
- Cilíndricos de dientes helicoidales
- Doble helicoidales

3.2.2.2 Ejes perpendiculares

- Helicoidales cruzados
- Cónicos de dientes rectos
- Cónicos de dientes helicoidales
- De rueda y tornillo sinfín

3.2.2.3 Por aplicaciones especiales

- Planetarios

- Interiores
- De cremallera

3.2.2.4 Por la forma de transmitir movimiento

- Transmisión simple
- Transmisión con engranaje loco
- Transmisión compuesta. Tren de engranajes

3.2.2.5 Transmisión mediante polea o cadena dentada

- Mecanismo piñón cadena
- Polea dentada

3.2.3 GLOSARIO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ENGRANAJES

3.2.3.1 Diente de un engranaje: Son los que realizan el esfuerzo de empuje y transmiten la potencia desde los ejes motrices a los ejes conducidos. El perfil del diente, o sea la forma de sus flancos, está constituido por dos curvas evolventes de círculo, simétricas respecto al eje que pasa por el centro del mismo.

3.2.3.2 Módulo: El módulo de un engranaje es una característica de magnitud que se define como la relación entre la medida del diámetro primitivo expresado en milímetros y el número de dientes. En los países anglosajones se emplea otra característica llamada Diametral Pitch, que es inversamente proporcional al módulo. El valor del módulo se fija mediante cálculo de resistencia de materiales en virtud de la potencia a transmitir y en función de la relación de transmisión que se establezca. El tamaño de los dientes está normalizado. El módulo está indicado por números. Dos engranajes que engranen tienen que tener el mismo módulo.

3.2.3.3 Circunferencia primitiva: Es la circunferencia a lo largo de la cual engranan los dientes. Con relación a la circunferencia primitiva se

determinan todas las características que definen los diferentes elementos de los dientes de los engranajes.

3.2.3.4 Paso circular: Es la longitud de la circunferencia primitiva correspondiente a un diente y un vano consecutivos.

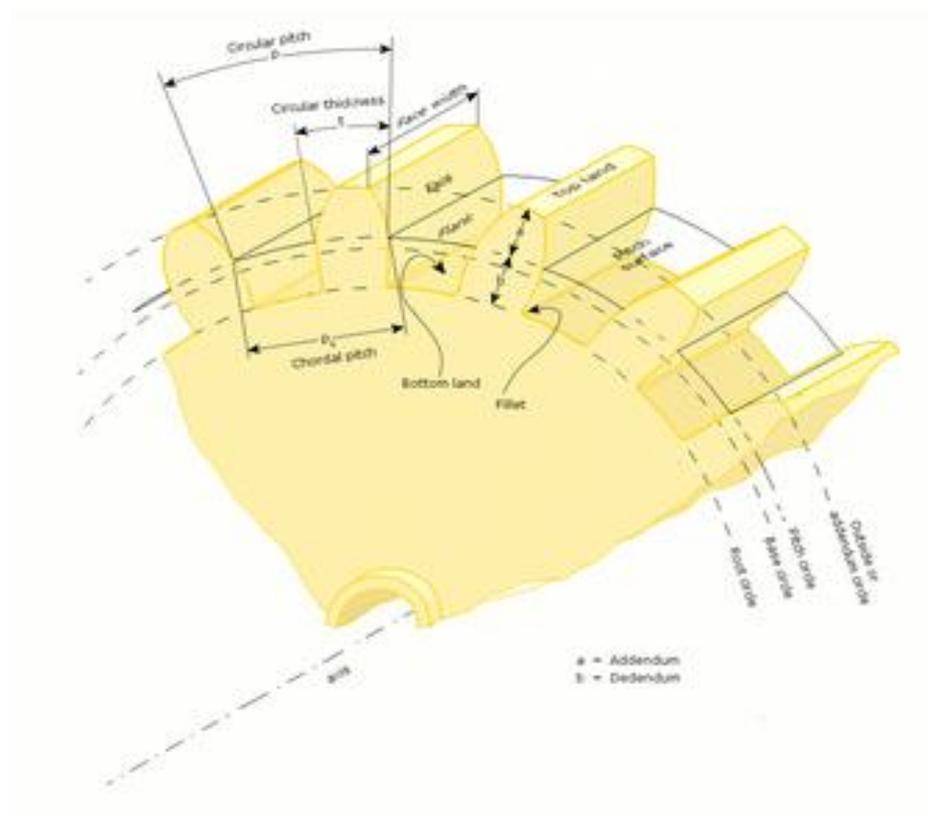


Figura 18.- Paso Circular

3.2.3.5 Espesor del diente: Es el grosor del diente en la zona de contacto, o sea, del diámetro primitivo.

3.2.3.6 Número de dientes: Es el número de dientes que tiene el engranaje. Se simboliza como (Z). Es fundamental para calcular la relación de transmisión. El número de dientes de un engranaje no debe estar por debajo de 18 dientes cuando el ángulo de presión es 20° ni por debajo de 12 dientes cuando el ángulo de presión es de 25°.

- 3.2.3.7 Diámetro exterior:** Es el diámetro de la circunferencia que limita la parte exterior del engranaje.
- 3.2.3.8 Diámetro interior:** Es el diámetro de la circunferencia que limita el pie del diente.
- 3.2.3.9 Pie del diente:** También se conoce con el nombre de dedendum. Es la parte del diente comprendida entre la circunferencia interior y la circunferencia primitiva.
- 3.2.3.10 Cabeza del diente:** También se conoce con el nombre de adendum. Es la parte del diente comprendida entre el diámetro exterior y el diámetro primitivo.
- 3.2.3.11 Flanco:** Es la cara interior del diente, es su zona de rozamiento.
- 3.2.3.12 Altura del diente:** Es la suma de la altura de la cabeza (adendum) más la altura del pie (dedendum).
- 3.2.3.13 Ángulo de presión:** El que forma la línea de acción con la tangente a la circunferencia de paso, ϕ (20° ó 25° son los ángulos normalizados).
- 3.2.3.14 Largo del diente:** Es la longitud que tiene el diente del engranaje
- 3.2.3.15 Distancia entre centro de dos engranajes:** Es la distancia que hay entre los centros de las circunferencias de los engranajes.
- 3.2.3.16 Relación de transmisión:** Es la relación de giro que existe entre el piñón conductor y la rueda conducida. La R_t puede ser reductora de velocidad o multiplicadora de velocidad. La relación de transmisión recomendada tanto en caso de reducción como de multiplicación depende de la velocidad que tenga la transmisión con los datos orientativos que se indican:

- **Velocidad lenta:** $(R_t = \frac{1}{10})$
- **Velocidad normal:** $(R_t = \frac{1}{7} - \frac{1}{6})$
- **Velocidad elevada:** $(R_t = \frac{1}{4} - \frac{1}{2})$

Hay dos tipos de engranajes, los llamados de diente normal y los de diente corto cuya altura es más pequeña que el considerado como diente normal.

En los engranajes de diente corto, la cabeza del diente vale $(0.75 \cdot M)$, y la altura del pie del diente vale (M) siendo el valor de la altura total del diente $(1.75 \cdot M)$.

3.2.4 FÓRMULAS CONSTRUCTIVAS DE LOS ENGRANAJES RECTOS

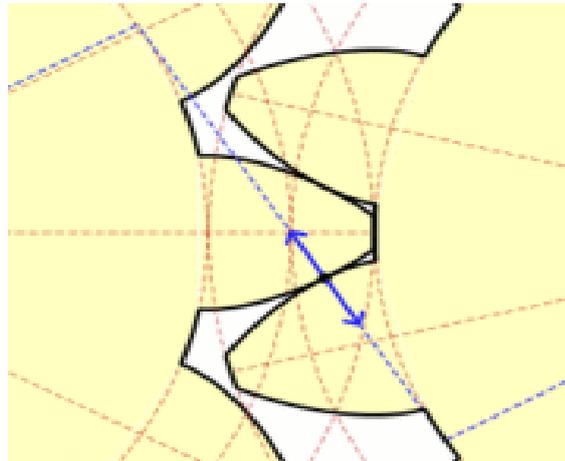


Figura 19.- Engranajes Rectos

- **DIÁMETRO PRIMITIVO:** $D_p = g \cdot M$
- **MÓDULO:** $M = \frac{D_p}{Z}$
- **PASO CIRCULAR:** $P_c = \pi \cdot M$
- **NÚMERO DE DIENTES:** $Z = \frac{D_p}{M}$
- **DIÁMETRO EXTERIOR:** $D_{e_e} = (Z + 2) \cdot M$

- **ESPESOR DEL DIENTE:** $E = \frac{P_c}{2}$
- **DIÁMETRO INTERIOR:** $D_i = D_p - 2,50 \cdot M$
- **PIE DEL DIENTE:** $1,25 \cdot M$
- **CABEZA DEL DIENTE:** M
- **ALTURA DEL DIENTE:** $(2,25 \cdot M)$
- **DISTANCIA ENTRE CENTROS:** $\frac{(D_p + d_p)}{2}$
- **ECUACIÓN GENERAL DE TRANSMISIÓN:** $N \cdot Z = n \cdot z$

3.2.5 FÓRMULAS CONSTRUCTIVAS DE LOS ENGRANAJES HELICOIDALES



Figura 20.- Engranajes Helicoidales

- **DIÁMETRO EXTERIOR:**
$$D_e = M_n \cdot \frac{Z}{\cos\beta} + 2 \cdot M_n = D_p + 2 \cdot M_n$$
- **DIÁMETRO PRIMITIVO:**
$$D_p = M_n \cdot \frac{Z}{\cos\beta} = P_c \cdot \frac{Z}{\pi} = M_c \cdot Z$$
- **MÓDULO NORMAL O REAL:**
$$M_n = D_p \cdot \frac{\cos\beta}{Z} = \frac{P_n}{\pi} = D_p \cdot \frac{\cos\beta}{Z}$$
- **PASO NORMAL O REAL:**
$$P_n = \pi \cdot M_n = P_c \cdot \cos\beta$$

- **ÁNGULO DE LA HÉLICE:**
$$tg\beta = \pi \cdot \frac{D_p}{H} \cdot \cos\beta = \frac{M_n}{M_a}$$

- **PASO DE LA HÉLICE:**
$$H = \pi \cdot D_p \cdot \cotg\beta$$

- **MÓDULO CIRCULAR O APARENTE:**
$$M_c = \frac{D_p}{Z} = \frac{M_n}{\cos\beta} = \frac{P_c}{\pi}$$

- **PASO CIRCULAR APARENTE:**
$$P_c = \pi \cdot \frac{D_p}{Z} = M_c \cdot \pi = \frac{P_c}{\cos\beta}$$

- **PASO AXIAL:**
$$P_x = \frac{H}{Z} = \frac{P_n}{\sen\beta} = \frac{P_c}{tg\beta}$$

- **NÚMERO DE DIENTES:**
$$Z = \frac{D_p}{M_c} = D_p \cdot \frac{\cos\beta}{M_n}$$

Los demás datos tales como adendum, dedendum y distancia entre centros, son los mismos valores que los engranajes rectos.

3.3 MOTORREDUCTORES O REDUCTORES DE VELOCIDAD



Figura 21.- Reductor

Los Reductores ó Motorreductores son apropiados para el accionamiento de toda clase de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesitan reducir su velocidad en una forma segura y eficiente.

Las transmisiones de fuerza por correa, cadena o trenes de engranajes que aún se usan para la reducción de velocidad presentan ciertos inconvenientes.

Al emplear **REDUCTORES O MOTORREDUCTORES** se obtiene una serie de beneficios sobre estas otras formas de reducción. Algunos de estos beneficios son:

- Una regularidad perfecta tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.
- Una mayor eficiencia en la transmisión de la potencia suministrada por el motor.

- Mayor seguridad en la transmisión, reduciendo los costos en el mantenimiento.
- Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.
- Menor tiempo requerido para su instalación.

Los motorreductores se suministran normalmente acoplado a la unidad reductora un motor eléctrico normalizado asíncrono tipo jaula de ardilla, totalmente cerrado y refrigerado por ventilador para conectar a redes monofásicas (110 Voltios) o trifásicas de (220/440 Voltios) y 60 Hz.

- **CARACTERÍSTICAS DEL REDUCTOR O MOTORREDUCTOR**

- **Potencia**, en HP, de entrada y de salida.
- **Velocidad**, en RPM, de entrada y de salida.
- **PAR (o torque)**, a la salida del mismo, en KG/m.
- **Relación de reducción**, índice que detalla la relación entre las RPM de entrada y salida.

- **CARACTERÍSTICAS DEL TRABAJO A REALIZAR**

- Tipo de máquina motriz.
- Tipos de acoplamiento entre máquina motriz, reductor y salida de carga.
- Carga: uniforme, discontinua, con choque, con embrague, etc.

- Duración de servicio: horas/día.
- N° de Arranques/hora.

3.3.1 APLICACIONES.

Tienen un sin número de aplicaciones desde el campo industrial, alimenticio, maderero, etc. Entre éstos tenemos

- Transportadores.



Figura 22.- Máquinas Transportadoras

- Grúas y elevación.



Figura 23.- Máquinas elevadoras

- Farmacéutico y cosmético



Figura 24.- Máquinas farmacéuticas.

- Envase y embalaje



Figura 25.- Máquina de embalaje

- Máquinas alimenticias

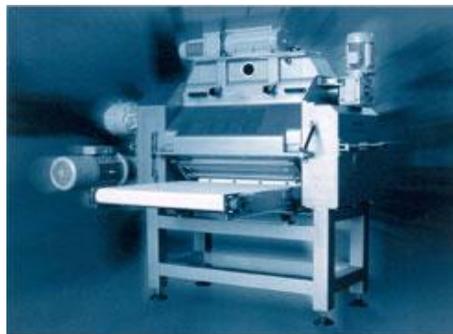


Figura 26.- Máquina alimenticia

- Teleféricos

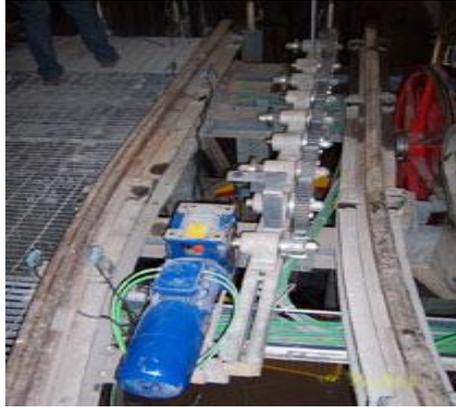


Figura 27.- Máquina transportadora

3.3.2 TIPOS.

Los reductores se pueden clasificar por la posición relativa del eje lento del reductor con respecto al eje rápido del mismo, las clasificaciones más usuales son:

- Motorreductores de Ejes Paralelos y Ortogonales



- Motorreductores Coaxiales



- Motorreductores Planetarios



- Motorreductores de Sinfín



3.3.3 SELECCIÓN DE MOTORREDUCTORES³

Para la selección de Motorreductores (véase anexos 3.3 – 1, 2, 3), para poder obtener una guía de cómo seleccionar el motorreductor adecuado, dependiendo del Torque, RPM, que se necesite a la salida del reductor.

En los siguientes Anexos se encuentra la selección que hemos hecho para nuestro motorreductor, que es utilizado en un Molino para la Extracción de Aceite de Piñón.

³ www.rossi-group.com

3.4 RODAMIENTOS



Figura 28.- Rodamientos

Los rodamientos son piezas de acero aleado con cromo, manganeso y molibdeno, para facilitar la ejecución de rigurosos tratamientos térmicos y obtener piezas de gran resistencia al desgaste y a la fatiga. En la selección de los materiales, deben tomarse en consideración las temperaturas de operación y una adecuada resistencia a la corrosión.

El material para las jaulas ha evolucionado en forma importante actualmente se utilizan aceros, metales de bajo roce y poliamida.

Otra característica de los rodamientos es la exactitud de sus dimensiones cada parte de tener tolerancias muy estrechas para un satisfactorio funcionamiento del conjunto.

Existen rodamientos de muy variados tipos para adecuarse a las diversas aplicaciones, es muy importante escoger el rodamiento preciso, tomando la decisión en base a criterios tales como: costo, facilidad de montaje, vida útil, dimensiones generales, simpleza del conjunto, disponibilidad de repuestos y tipo de lubricación.

3.4.1 APLICACIONES.

Sus aplicaciones son incontables pero a continuación detallaremos los usos más relevantes de los rodamientos:

- **Campo Automotriz:** Rodamientos para ruedas, alternadores y cajas de cambio.

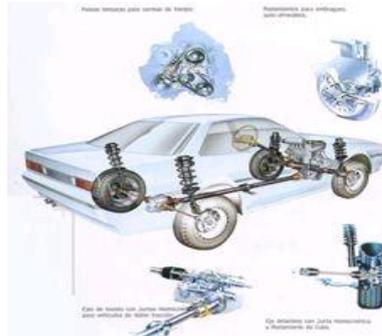


Figura 29.- Rodamientos en el automóvil.

- **Campo Minero, Robótica:** Rodamiento aplicación Vibrante, Soportes Partidos, Sistemas Tensores, Rodamientos de rodillos a rótula, construcción modificada.



Figura 30.- Rodamientos usados en Minería

- **Máquina herramienta, Cintas Transportadoras, Máquinas de embalar y Embotelladoras**



Figura 31.- Rodamientos usados en las máquinas citadas.

3.4.2 TIPOS

Cada tipo de rodamientos muestra propiedades características, que dependen de su diseño y que lo hace más o menos apropiado para una aplicación dada. Por ejemplo, los rodamientos rígidos de bolas pueden soportar cargas radiales moderadas así como cargas axiales pequeñas.

Tienen baja fricción y pueden ser producidos con gran precisión. Por lo tanto, son preferidos para motores eléctricos de medio y pequeño tamaño. Los rodamientos de rodillos esféricos pueden soportar cargas radiales muy pesadas y son oscilantes, lo que les permite asumir flexiones del eje, y pequeñas desalineaciones entre dos rodamientos, que soportan un mismo eje. Estas propiedades los hacen muy populares para aplicaciones por ejemplo en ingeniería pesada, donde las cargas son fuertes, así como las deformaciones producidas por las cargas, en máquinas grandes es también habitual cierta desalineación entre apoyos de los rodamientos.

3.4.2.1 Rodamientos Rígidos de Bolas.- Son usados en una gran variedad de aplicaciones. Son fáciles de diseñar, no separables, capaces de operar en altas e incluso muy altas velocidades y requieren poca atención o mantenimiento en servicio. Estas características, unidas a su ventaja de precio, hacen a estos rodamientos los más populares de todos los rodamientos.



Figura 32.- Rodamientos Rígidos de Bolas

3.4.2.2 Rodamientos de Bolas de Contacto Angular.- El rodamiento de bolas con contacto angular tiene dispuestos sus caminos de rodadura de forma que la presión ejercida por las bolas es aplicada oblicuamente con respecto al eje.

Como consecuencia de esta disposición, el rodamiento es especialmente apropiado para soportar no solamente cargas radiales, sino también grandes cargas axiales, debiendo montarse el mismo en contraposición con otro rodamiento que pueda recibir carga axial en sentido contrario.

Este rodamiento no es desmontable.



Figura 33.- Rodamientos de Bolas de Contacto Angular

3.4.2.3 Rodamientos para Husillos.- Los rodamientos para husillos son una ejecución especial de los rodamientos de contacto angular con una hilera de bolas, de los cuales se distinguen por el ángulo de contacto, las tolerancias y las ejecuciones de la jaula.

Los rodamientos para husillos son muy apropiados para aplicaciones en los cuales se exige máxima precisión del guiado y una aptitud para máximas velocidades de giro.

Se ha acreditado principalmente para el apoyo de husillos de trabajo de maquinas-herramienta.



Figura 34.- Rodamientos para Husillos

3.4.2.4 Rodamientos con cuatro Caminos de Rodadura.- Los rodamientos con cuatro caminos de rodaduras son rodamientos de contacto angular con una hilera de bolas que absorben elevadas fuerzas axiales en ambos sentidos y pocas fuerzas radiales. Para cumplir con las exigencias de poco rozamiento sobre todos a velocidades de giro extremadamente altas, es necesario una sollicitación a carga axial mínima. El arco interior de rodamiento con cuatro caminos esta partido, con lo que es posible equipar este rodamiento con una gran cantidad de bolas. El arco exterior con corona de bolas y las mitades de arco interior pueden ser montados por separados. La adaptabilidad angular es muy escasa.



Figura 35.- Rodamientos con cuatro Caminos de Rodadura

3.4.2.5 Rodamientos Oscilantes de Bolas.- El rodamiento oscilante de bolas es un rodamiento con dos hileras y con un camino de rodadura esférico-cóncavo en el arco exterior. De esta forma es auto-orientable y puede compensar errores de alineación, flexiones del eje y deformaciones del soporte. Existen rodamientos oscilantes de bolas con agujero cónico. Los rodamientos no son despiezables.



Figura 36.- Rodamientos Oscilantes de Bolas

3.4.2.6 Rodamientos de Rodillos Cilíndricos.- Los rodamientos de rodillos cilíndricos son despiezables con lo que se facilita el montaje y el desmontaje. Ambos aros pueden ser montados con un ajuste fijo.

Para evitar tensiones en los cantos, los rodillos y los caminos de rodadura tienen un contacto lineal modificado.



Figura 37.- Rodamientos de Rodillos Cilíndricos

3.4.2.7 Rodamientos de Rodillos Cónicos.- Los rodamientos de rodillos cónicos son despiezables; el aro interior con la corona de rodillos y el aro exterior pueden mostrarse por separado. El contacto lineal modificado entre los rodillos y los caminos de rodadura evita tensiones en los cantos. Los rodamientos de rodillos cónicos absorben altas fuerzas axiales y radiales. Ya que los rodamientos de rodillos conciso solo absorben cargas axiales en un sentido.

Generalmente es necesario un segundo rodamiento de rodillos cónicos montados simétricamente para el guiado en sentido opuesto.



Figura 38.- Rodamientos de Rodillos Cónicos.

3.4.2.8 Rodamientos Oscilantes de una Hilera de Rodillos.- El rodamiento oscilante con una hilera de rodillos es un rodamiento de rodillos autoorientable, especialmente adecuado para construcciones en la que se exige una gran capacidad de carga radial y la compensación de errores angulares.

Su construcción robusta ha resultado con eficacia principalmente en casos en los que aparecen fuerzas radiales en forma de golpes.

Por el contrario, la capacidad de carga axial de estos rodamientos es escasa.

El rodamiento oscilante con una hilera de rodillos es despiezable.



Figura 39.- Rodamientos Oscilantes de una Hilera de Rodillos

3.4.2.9 Rodamientos Axiales de Bolas.- Son aquellos que están diseñados para resistir cargas en la misma dirección del eje. Constan en forma general de tres piezas: Un aro superior, un aro inferior y un elemento rodante con algún tipo de canastillo.



Figura 40.- Rodamientos Axiales de Bolas

3.4.3 SELECCIÓN Y CÁLCULO DE RODAMIENTOS⁴

Se fabrican rodamientos en una gran variedad de tipos, formas y dimensiones.

⁴ FAG-Rodamientos

Cada tipo de rodamiento presenta propiedades y características que dependen de su diseño y que lo hacen más o menos adecuado para una determinada aplicación.

La consideración más importante en la selección de un rodamiento es escoger aquel que permita a la máquina o mecanismo en la cual se instala, un funcionamiento satisfactorio, para lo cual hemos creído conveniente luego del análisis que se ha hecho al tornillo transportador, en el cual van montados dos rodamientos un radial y un axial, con una carga distribuida por igual de 2268 N, hacer la adquisición de un rodamiento rígido de bolas de una sola hilera 6005 2RSR y un rodamiento axial de bolas de simple efecto 53205 U205, además se debe considerar el diámetro interno y el externo, para un mejor desempeño de la máquina (véase anexos 3.4.3 – 1, 3.4.3 – 2 y 3.4.3 – 3).

CÁLCULO PARA LOS RODAMIENTOS

Para el cálculo de los rodamientos se parte de las cargas puntuales que actúan en el eje.

- Para el caso del Rodamiento Rígido de Bolas de una Hilera 6005 - 2RSR.

Cargas Radiales que actúan en el rodamiento.

$$F_Y \Rightarrow 6382N$$

$$F_Y \Rightarrow 6.382KN$$

$$F_Z \Rightarrow 270.7N$$

$$F_Z \Rightarrow 0.2707KN$$

$$F_{rt} = F_Y + F_Z$$

$$F_{rt} = (6.382 + 0.2707)KN$$

$$F_{rt} = 6.6527KN$$

Carga estática equivalente

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a$$

$$P_o = 0.6 F_r + 0.5 F_a$$

F_r = Fuerza Radial

F_a = Fuerza Axial

X_o = Factor Radial

Y_o = Factor Axial

Para el cálculo de éste rodamiento la F_a es nula, ya que ésta carga la absorbe el rodamiento axial.

$$P_o = X_o F_r + Y_o F_a$$

$$P_o = 0.6 * 6.6527KN$$

$$P_o = 4KN$$

Cálculo del factor de esfuerzos estáticos, valor de seguridad contra deformaciones

$$f_s = \frac{C_o}{P_o}$$

C_o = Capacidad de carga estática, tabla de rodamiento ver (anexo 3.4.3 – 2)
 P_o = Carga estática equivalente

$$f_s = \frac{C_o}{P_o}$$

$$f_s = \frac{5.85 \text{ KN}}{4 \text{ KN}}$$

$$f_s = 1.46$$

Una vez obtenido este valor concluimos que el rodamiento es el correcto y esta expuesto para exigencias normales

- Para el caso del Rodamiento Axial de Bolas de Simple Efecto 53205 U205.

Cargas Axiales que actúan en el rodamiento.

$$F_a = F_x$$

$$F_a = 21760 \text{ N}$$

$$F_a = 21.760 \text{ KN}$$

$$P_o = F_a$$

$$\therefore P_o = 21.760 \text{ KN}$$

Nota: Para información de las cargas ver Esfuerzos Mecánicos en el Eje (página 81)

IV. CAPÍTULO

DISEÑO MECÁNICO

4.1 DISEÑO DEL TORNILLO TRANSPORTADOR

Para el diseño del tornillo transportador debemos tener en cuenta, el canal, el paso y el largo total para su construcción.

Para poder obtener estas medidas debemos hacer un análisis, haciendo un muestreo de la pepa de piñón a fin de obtener medidas reales para el cálculo del canal y el paso.

Muestra	l	a
1	1.6 cm	0.6 cm
2	1.7 cm	0.8 cm
3	2.1 cm	1.2 cm
4	1.5 cm	0.9 cm
5	1.8 cm	0.7 cm
6	1.4 cm	0.8 cm
7	1.6 cm	1 cm
8	1.7 cm	0.7 cm
9	1.9 cm	0.6 cm
10	1.8 cm	0.9 cm
Total	1.71 cm	0.82 cm

Para lo cual obtenidos estos resultados llegamos a la conclusión que las medidas que necesitamos son, un paso de 18 mm y un canal de 5 mm, así al momento que sea ensamblado con el cuerpo principal tenga un juego máximo de 2 mm, ya que por medio de esto la pepa se va triturando en las paredes del cuerpo.

4.2 ESFUERZOS MECÁNICOS EN EL EJE

CARGAS Y RESTRICCIONES

Las siguientes cargas y restricciones actúan sobre regiones específicas de la pieza. Las regiones se han definido mediante la selección de superficies, cilindros, aristas y vértices.

Nota: los datos del vector corresponden a los componentes globales X, Y y Z.

Definiciones de carga y restricción			
Nombre	Tipo	Magnitud	Vector
Presión de extracción	Presión de superficie	58,84 MPa	N/D
Presión de residuos	Presión de superficie	2,9 MPa	N/D
Soporte extractor de aceite	Restricción fija de superficie	0,0 mm	0,0 mm 0,0 mm 0,0 mm
Torque motoreductor	Pares de superficie	1,e+004 N·mm	1,e+004 N·mm 0,0 N·mm 0,0 N·mm
Carga rodamiento	Restricción de pasador	Dirección radial: fija Dirección axial: fija Dirección tangencial: libre	N/D

TABLA 4
Reacciones de restricciones

Nombre	Fuerza	Vector	Momento	Pares de vector
Soporte extractor de aceite	1,73e+004 N	-1,607e+004 N -6379 N -410,5 N	2,286e+004 N·mm	-8649 N·mm -8837 N·mm -1,922e+004 N·mm
Carga rodamiento	2,268e+004 N	2,176e+004 N 6382 N 270,7 N	2,144e+005 N·mm	-4,353e-005 N·mm -666,7 N·mm 2,144e+005 N·mm

Nota: los datos del vector corresponden a los componentes globales X, Y y Z.

RESULTADOS

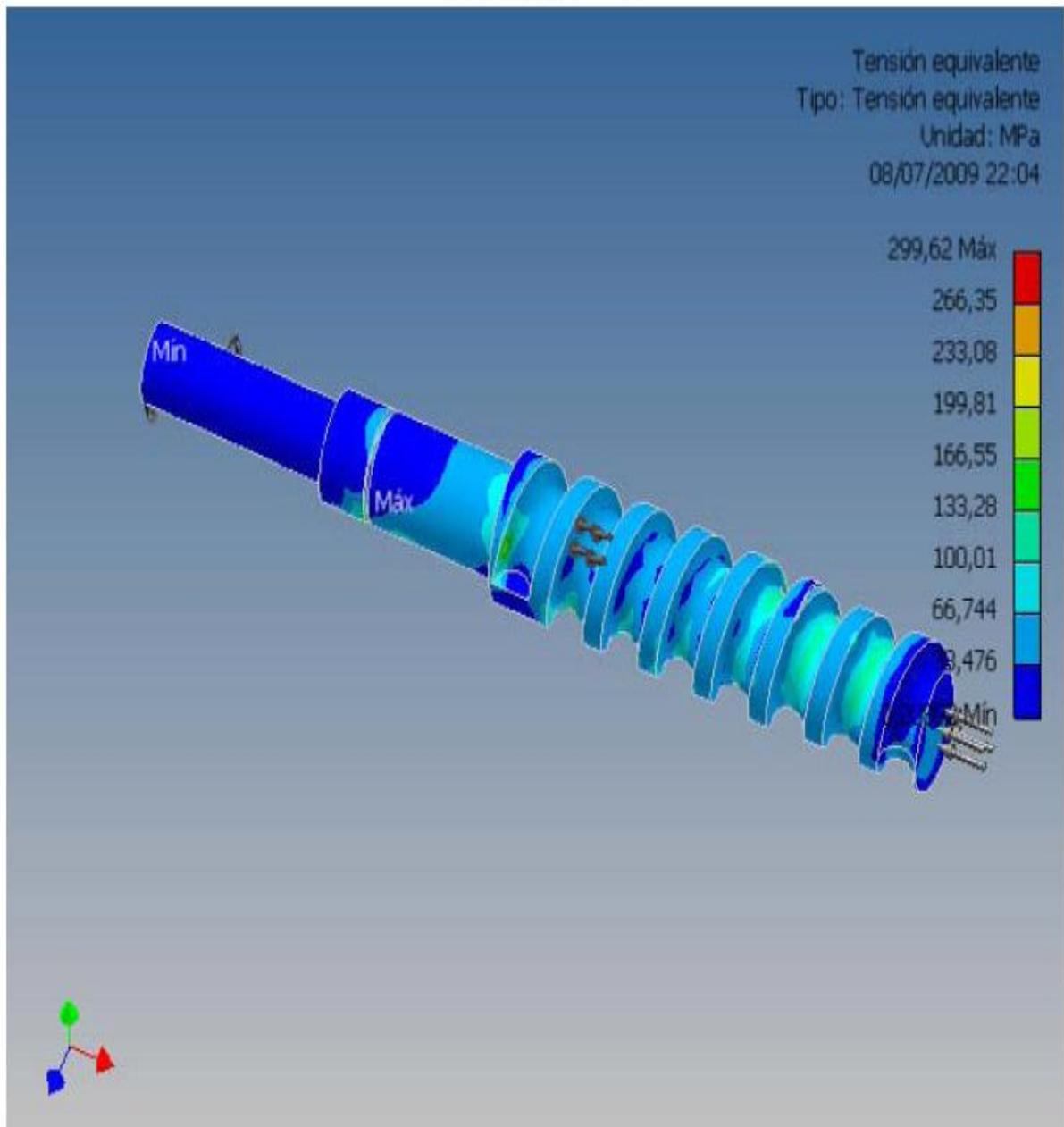
La tabla siguiente muestra todos los resultados estructurales que el análisis ha generado. La sección siguiente proporciona cifras que muestran cada resultado sobre la superficie de la pieza.

El coeficiente de seguridad se ha calculado utilizando el equivalente máximo de la teoría de fallo de tensión para materiales dúctiles. El límite de tensión del material se ha especificado a partir del límite de elasticidad de dicho material.

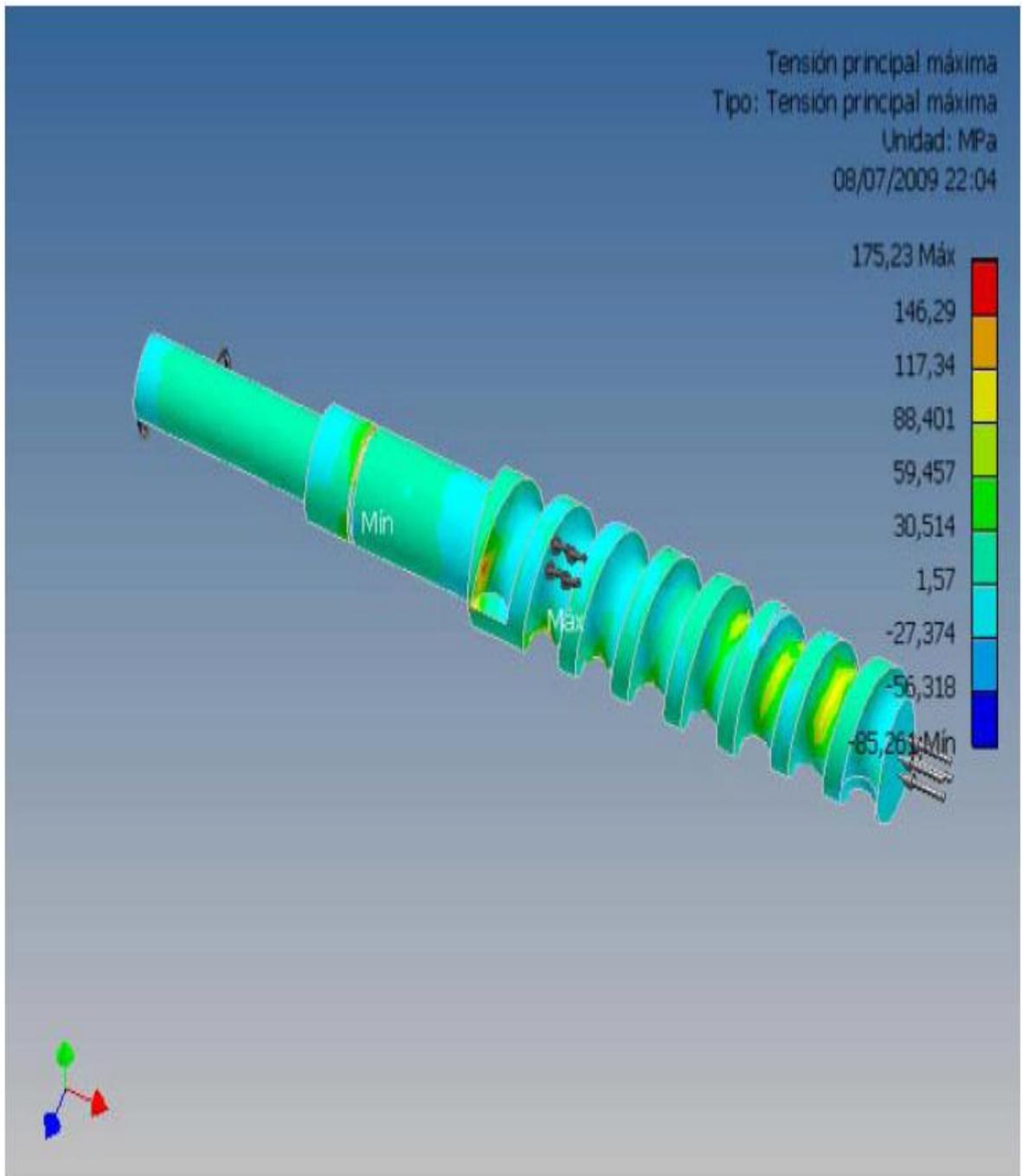
Nombre	Mínima	Máxima
Tensión equivalente	0,2089 MPa	299,6 MPa
Tensión principal máxima	-85,26 MPa	175,2 MPa
Tensión principal mínima	-400,9 MPa	34,07 MPa
Deformación	0,0 mm	7,836e-002 mm
Coeficiente de seguridad	2,3	N/D

FIGURAS DE LOS RESULTADOS ESTRUCTURALES

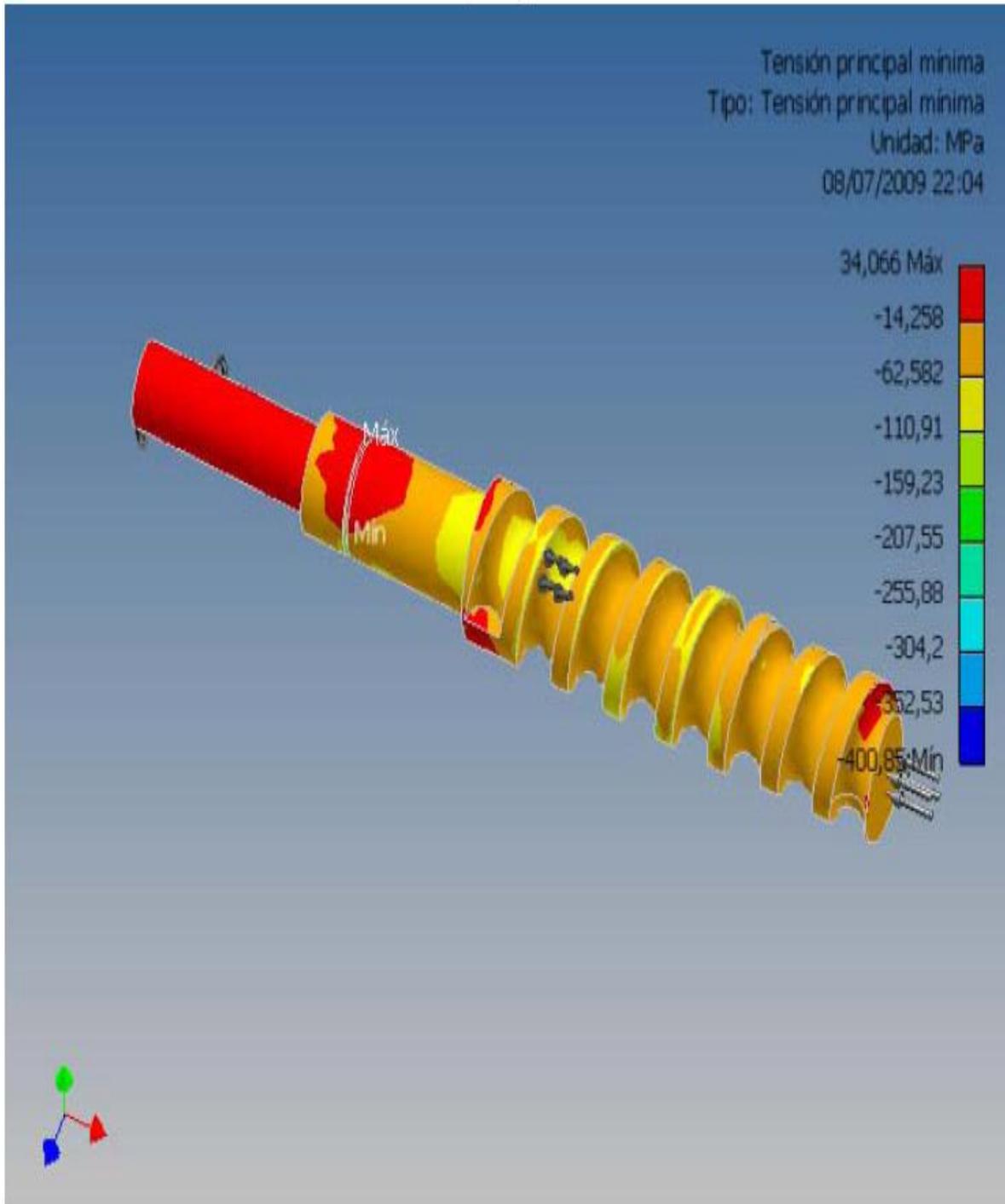
Tensión equivalente



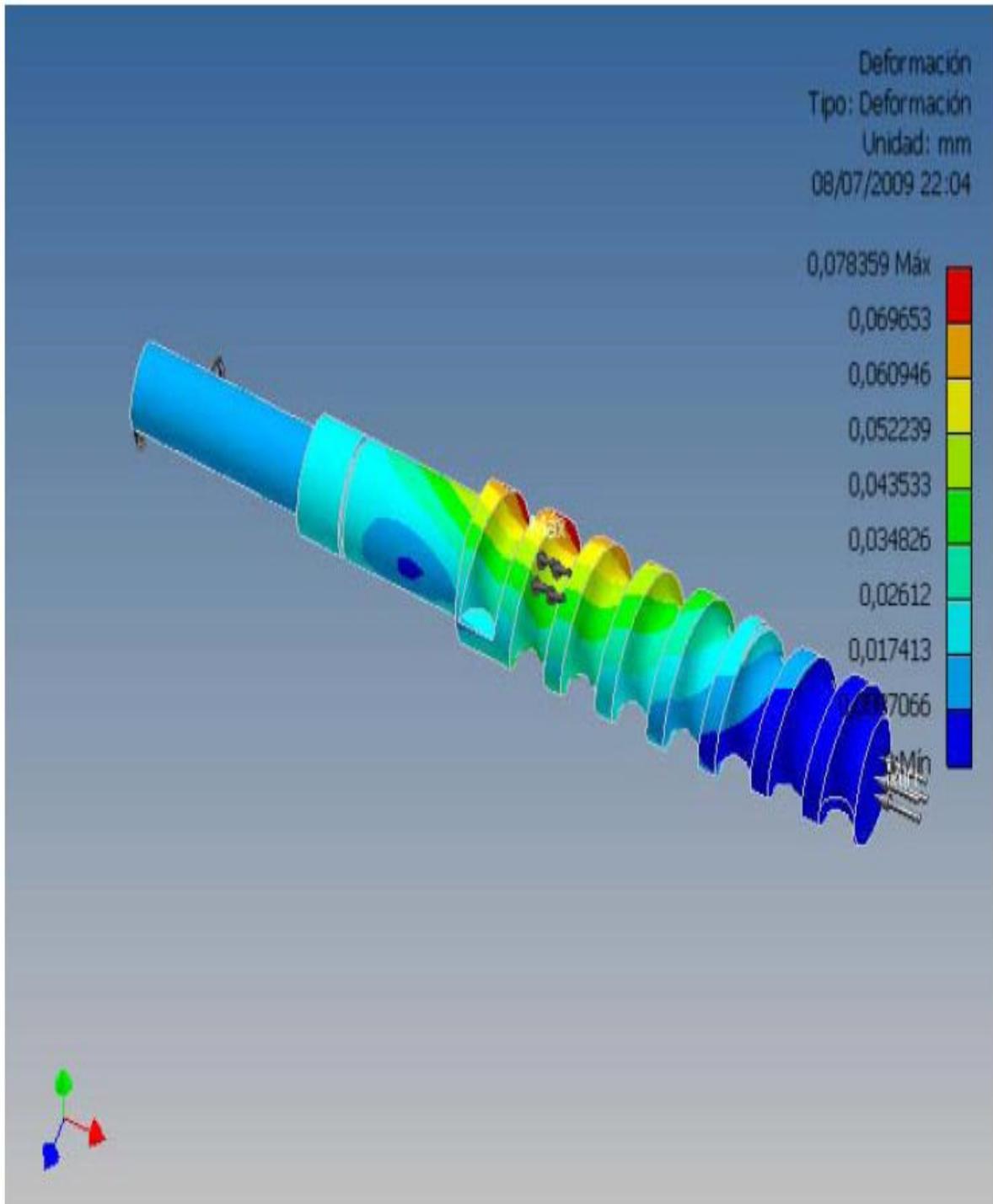
Tensión principal máxima



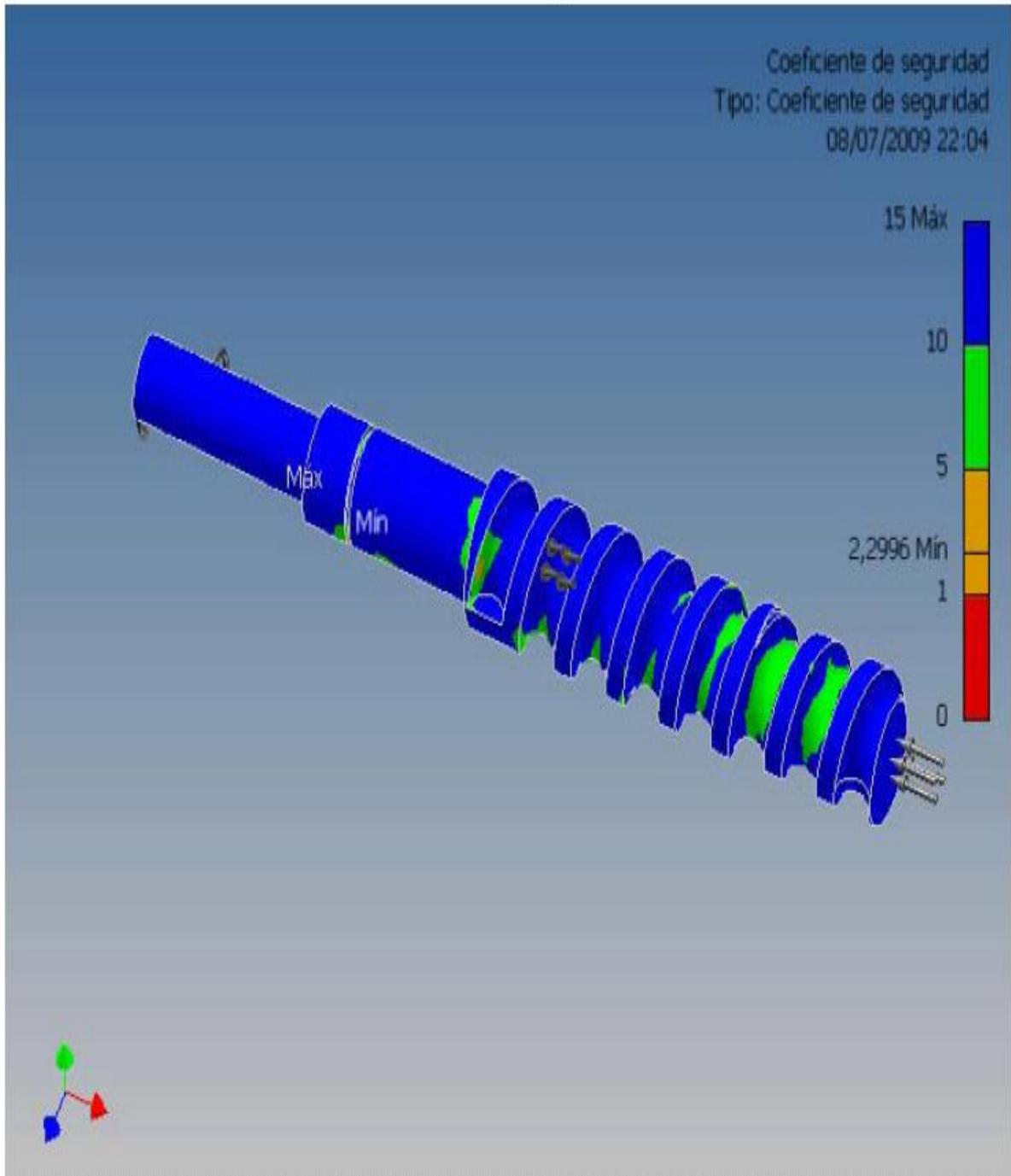
Tensión principal mínima



Deformación



Coeficiente de seguridad



4.3 RESISTENCIA DE MATERIALES

TORNILLO TRANSPORTADOR

Acero inoxidable austenítico AISI 304

Tipo de aleación %	C	Si	Mn	Cr	Ni
	Máx 0.03	0.50	1.40	18.50	9.50
Normas	En nuestro medio se encuentran la AISI 304 y la BOEHLER A604				
Propiedades	Acero inoxidable austenítico al CR – Ni con bajo contenido de C. Resiste a la corrosión, vapor, agua.				
Aplicaciones	Industria química, Farmacéutica, Instalaciones nucleares				

Para mayor información técnica (véase anexo 4.3 - 1)

CUERPO EXTRACTOR, DISCO EXTRACTOR DE RESIDUOS, PORTA NIQUELINA Y EL CENTRADOR.

Acero para construcción mecánica, bonificado AISI 4140

Tipo de aleación %	C	Si	Mn	Cr	Mo
	0.41	0.30	0.70	1.10	0.2
Normas	En nuestro medio se encuentran la AISI 4140 y la BOEHLER V320				
Propiedades	Acero bonificado al Cr – Mo, aptos para altas exigencias de resistencias y tenacidad.				
Aplicaciones	Partes y piezas en la fabricación de automotores, cajas de cambios, Ej: ejes, bielas, etc				

Para mayor información técnica (véase anexos 4.3 – 2 Y 4.3 - 3)

CUERPO PRINCIPAL, ANILLO PORTA RETENEDOR Y ANILLO DE FIJACIÓN AL CUERPO PRINCIPAL.

Acero para construcción mecánica, bonificado AISI 4340

Tipo de aleación %	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni
	0.34	0.30	0.50	1.50	0.20	1.50
Normas	En nuestro medio se encuentran la AISI 4340 y la BOEHLER V155					
Propiedades	Acero bonificado al Cr – Ni – Mo. Apto a altas exigencias de resistencia y tenacidad.					
Aplicaciones	Partes y piezas en la fabricación de aviones, automotores pesados. Ej: cigüeñales, bielas, etc					

Para mayor información técnica (véase anexo 4.3 - 4)

4.4 CÁLCULO DEL TORQUE Y POTENCIA DEL MOTORREDUCTOR

El torque y potencia del motorreductor escogido, han sido a base de lo que se necesita para triturar la pepa de piñón y para su extracción total del aceite para lo cuál hemos creído conveniente un Motorreductor Rossi de sinfín con los siguientes datos informativos:

Por método experimental en una prensa hidráulica hemos obtenido que para la extracción del aceite de piñón necesitamos una presión $P = 30 \text{ Kg/cm}^2$, con lo cual partimos a la obtención del torque del motorreductor.

$$P = 30 \text{Kg} / \text{cm}^2$$

Área del piñón

$$A = l * a$$

$$A = 1.71 \text{cm} * 0.82 \text{cm}$$

$$A = 1.40 \text{cm}^2$$

Fuerza requerida en el árbol lento

$$P = \text{presión}$$

$$A = \text{área}$$

$$F = P * A$$

$$F = 30 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 1.40 \text{cm}^2$$

$$F = 42 \text{kg} * \frac{9.8 \text{N}}{1 \text{kg}} = 411.6 \text{N}$$

Fuerza total que será sometido cuando, en el tornillo transportador entrarán 20 pepas en el largo de todo su eje

$$F_t = F * 20$$

$$F_t = 411.6N * 20$$

$$F_t = 8232N$$

Torque necesario para la trituración de la pepa de piñón para la extracción de su aceite

$$F = \text{fuerza}$$

$$r = \text{radio} - \text{del} - \text{canal}$$

$$M = F * r$$

$$M = 8232N * 0.006m$$

$$M = 49.392Nm$$

MOTOR ELÉCTRICO

Potencia del motor eléctrico: 0.37 Kw ó ½ Hp

Revoluciones por minuto: 1630 RPM.

MOTORREDUCTOR

Potencia a la salida del Motor (P_1): 0.37 Kw

Velocidad de salida del Motorreductor (n_2): 62.7 min⁻¹

Potencia requerida a la salida del Motorreductor (P_2): 0.306 Kw

Par requerido en el árbol lento (M_2): 42.6 Nm

Par máximo (M_2): 56 Nm

Para mayor información de datos (véase anexos 3.3.3 – 4 Y 3.3.3 – 5).

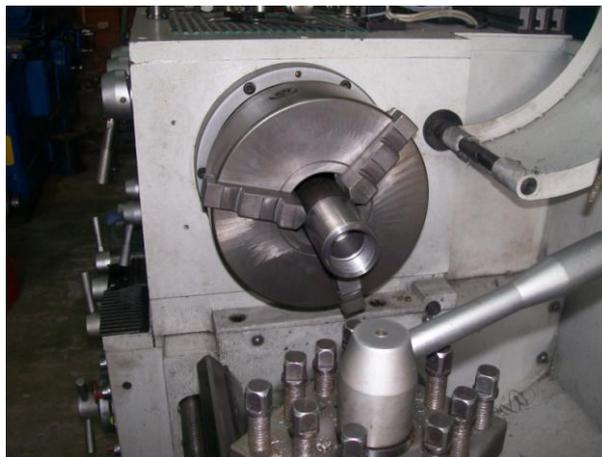
V. CAPÍTULO

CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

5.1 CONSTRUCCIÓN DE SUS PARTES

Antes de iniciar la construcción de las partes, tuvimos que tomar diversas medidas a fin de que todo salga a lo estipulado anteriormente para al final tener un ensamblaje adecuado y un buen funcionamiento de la máquina.

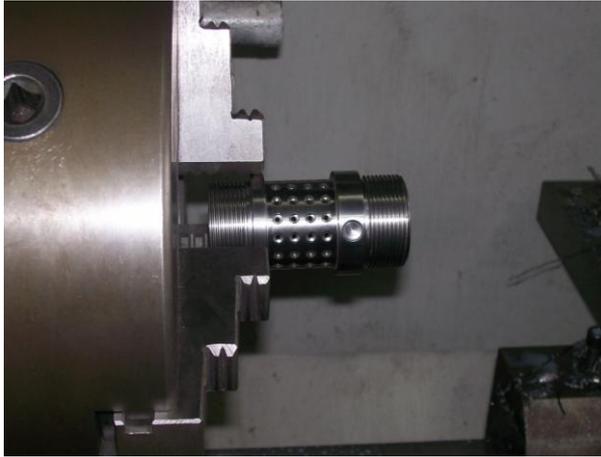
- Disco extractor de residuos y porta niquelina.





- Cuerpo extractor



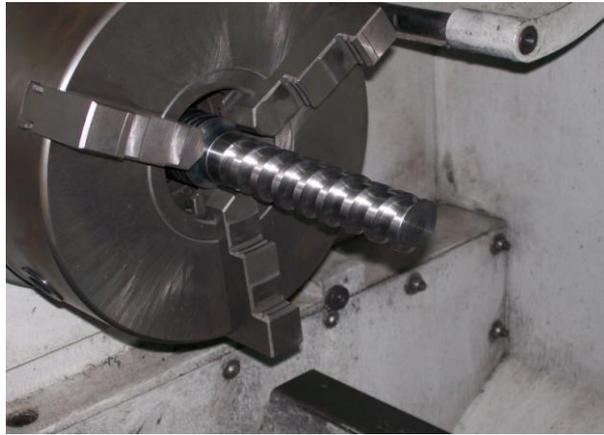
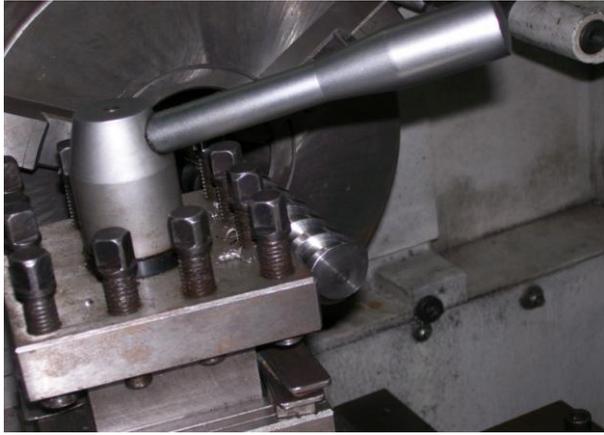


- Centrador.



- Tornillo Transportador.





- Motorreductor.



- Cuerpos en conjunto









5.2 DIAGRAMAS DE FLUJO Y DE PROCESO DE ELEMENTOS

Diagrama de Flujo del Tornillo Transportador

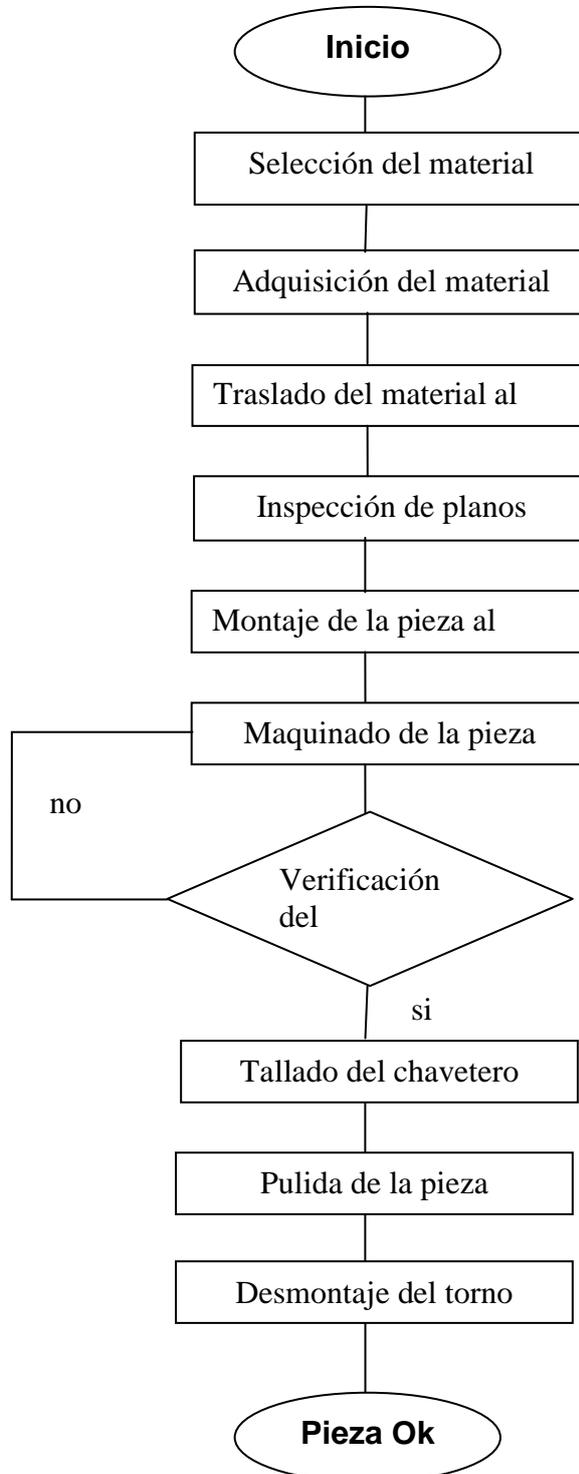


Diagrama de Flujo del Disco Extractor de Residuos

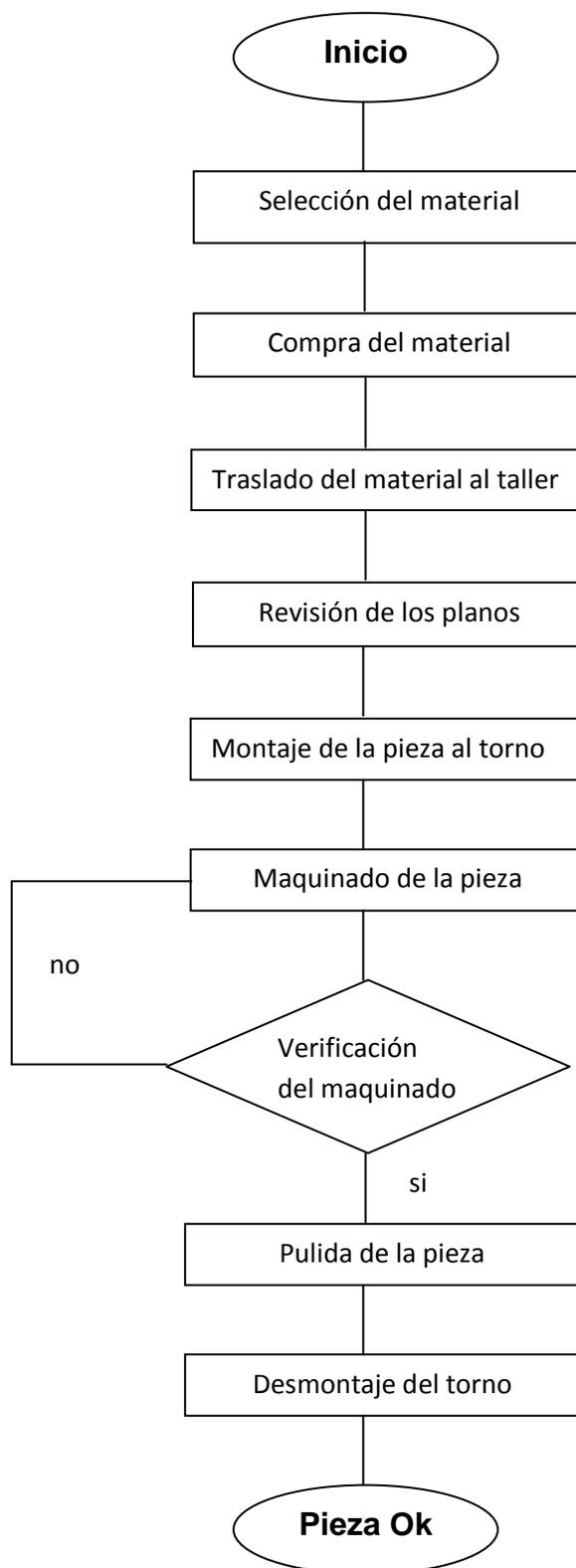


Diagrama de Flujo de Cuerpo Principal

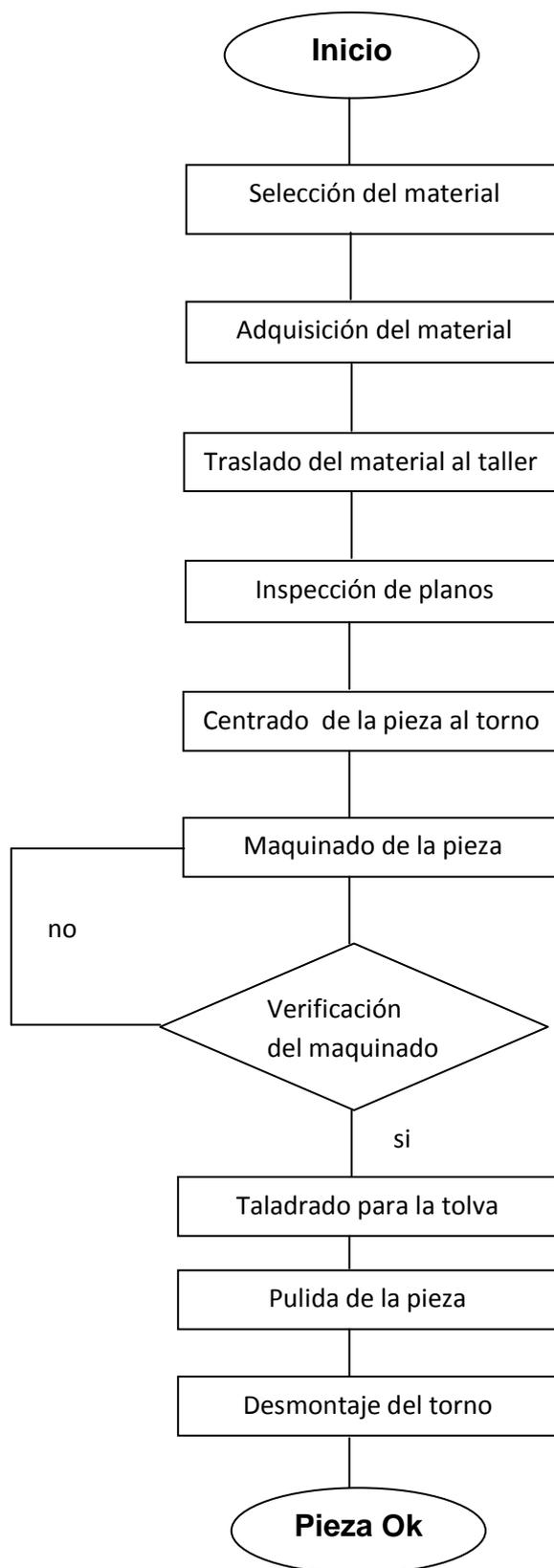
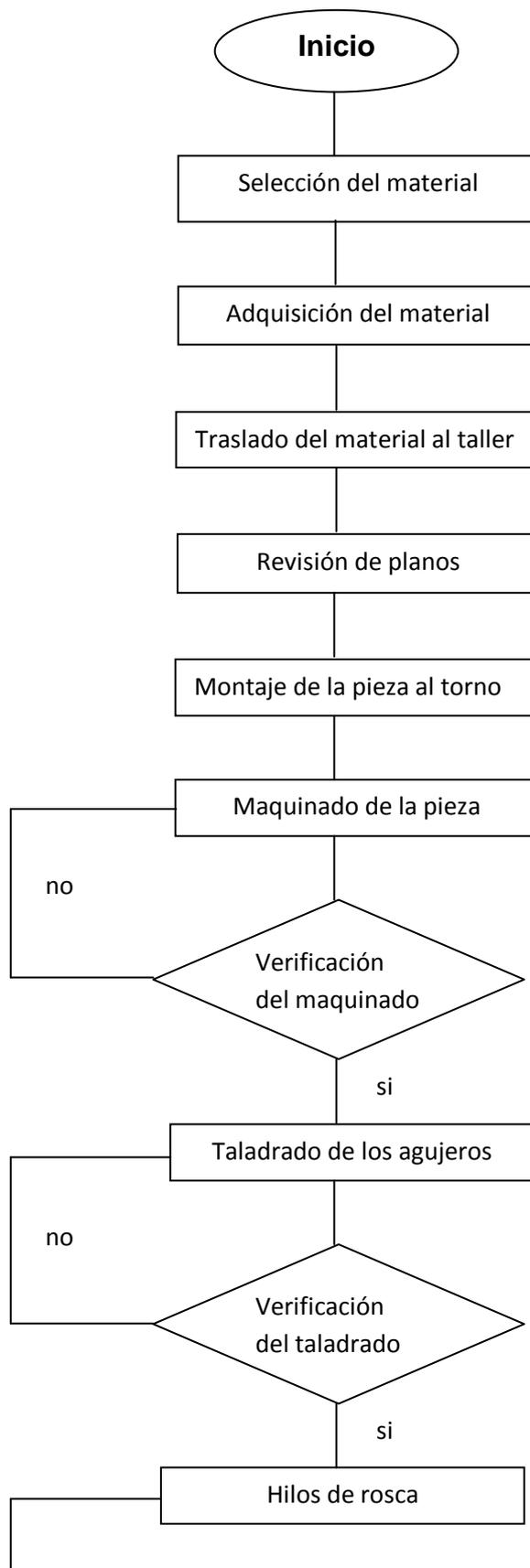


Diagrama de Flujo del Cuerpo Extractor



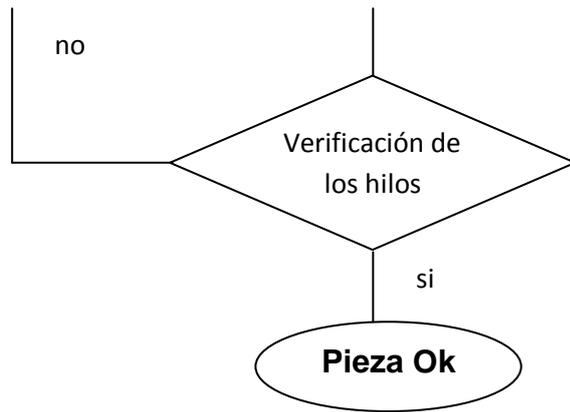


Diagrama de Procesos del Tornillo Transportador

DIAGRAMA DE PROCESOS										
METODO ACTUAL			UBICACIÓN QUITO.			FECHA		PAG. 1 De 1		
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE: TORNILLO TRANSPORTADOR										
RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		Empieza en:	ESPEL		
	Num	Tiempo	Num	Tiempo	Num	Tiempo				
○ Operaciones	7	9.25					Elección del material	Diagrama N° 1		
⇒ Transporte	2	2								
□ Inspección	7	5.45								
D Retrasos							Termina en:	Elaborado por:		
▽ Almacenamiento	1	0.10					Pieza elaborada	Pablo Soto y Edgar Garzón		
Paso	Detalles de proceso		Símbolo de eventos				Tiempo horas	Distancia km	Recomendaciones	
1	Selección del material en el Tornero		○	⇒	□	D	▽	2.00	7	Acero inoxidable
2	Traslado al almacén para adquisición		○	⇒	□	D	▽	1.00		
3	Adquisición del material		○	⇒	□	D	▽	1.00	12	
4	Traslado del material al taller el Tornero		○	⇒	□	D	▽	1.00	12	
5	Inspección de los planos		○	⇒	□	D	▽	0.25		
6	Toma de medidas al eje		○	⇒	□	D	▽	0.30		
7	Montaje del eje al torno		○	⇒	□	D	▽	0.25		
8	Selección del paso y profundidad correctos		○	⇒	□	D	▽	1.00		
9	Maquinado de la pieza		○	⇒	□	D	▽	6.00		
10	Verificación del maquinado		○	⇒	□	D	▽	0.25		
11	Toma de medidas para el chavetero		○	⇒	□	D	▽	0.45		
12	Tallado del chavetero		○	⇒	□	D	▽	0.50		
13	Verificación del tallado del chavetero		○	⇒	□	D	▽	0.15		
14	Pulida del tornillo transportador		○	⇒	□	D	▽	1.00		Sin escoria

15	Verificación por medio de calibrador	○	⇒	□	D	▽	0.25		
16	Desmontaje del tornillo	●	⇒	□	D	▽	0.10		
17	Pieza elaborada	○	⇒	□	D	▽	0.10		

Diagrama de Procesos del Disco Extractor de Residuos

DIAGRAMA DE PROCESOS										
METODO ACTUAL		UBICACIÓN QUITO			FECHA		PAG. 1 De 1			
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE: DISCO EXTRACTOR DE RESIDUOS										
RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		Empieza en:	ESPEL		
	Num	Tiempo	Num	Tiempo	Num	Tiempo				
○ Operaciones	11	5.40					Elección del material	Diagrama N° 1		
⇒ Transporte	2	2								
□ Inspección	3	2.45								
D Retrasos							Termina en:	Elaborado por:		
▽ Almacenamiento	1	0.10					Pieza elaborada	Pablo Soto y Edgar Garzón		
Paso	Detalles de proceso		Símbolo de eventos				Tiempo horas	Distancia km	Recomendaciones	
1	Selección del material en el Torno		○	⇒	□	D	▽	2.00	7	Acero AISI 4140
2	Traslado al almacén para la adquisición		○	⇒	□	D	▽	1.00	12	
3	Compra del acero AISI 4140		●	⇒	□	D	▽	1.00		
4	Traslado del acero al taller		○	⇒	□	D	▽	1.00	12	
5	Inspección de los planos		○	⇒	□	D	▽	0.25		
6	Dimensionamiento del disco extractor		●	⇒	□	D	▽	0.30		
7	Corte del eje a las medidas necesarias		●	⇒	□	D	▽	0.15		
8	Montaje del eje al torno		●	⇒	□	D	▽	0.25		
9	Desbaste del disco extractor		●	⇒	□	D	▽	0.30		
10	Desmontaje del disco del torno		●	⇒	□	D	▽	0.15		

11	Montaje del disco a la fresadora	○	⇒	□	D	▽	0.25		
12	Selección de la fresa correcta	○	⇒	□	D	▽	0.25		
13	Maquinado del cuerpo para los canales	○	⇒	□	D	▽	0.45		
14	Verificación del disco con calibrador	○	⇒	□	D	▽	0.20		
15	Desmontaje de la fresadora	○	⇒	□	D	▽	0.15		
16	Pulida del disco extractor	○	⇒	□	D	▽	1.00		Sin escoria
17	Pieza elaborada	○	⇒	□	D	▽	0.10		

Diagrama de Procesos de Cuerpo Principal.

DIAGRAMA DE PROCESOS										
METODO ACTUAL			UBICACIÓN QUITO.			FECHA		PAG. 1 De 1		
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE: CUERPO PRINCIPAL										
RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		Empieza en:	ESPEL		
	Num	Tiempo	Num	Tiempo	Num	Tiempo				
○ Operaciones	10	4.35					Elección del material	Diagrama N° 1		
⇒ Transporte	2	2								
□ Inspección	3	2.55								
D Retrasos							Termina en:	Elaborado por:		
▽ Almacenamiento	1	0.10					Pieza elaborada	Pablo Soto y Edgar Garzón		
Paso	Detalles de proceso		Símbolo de eventos				Tiempo horas	Distancia km	Recomendaciones	
1	Selección del material en el Tornero		○	⇒	□	D	▽	2.00	7	Acero AISI 4340
2	Traslado al almacén para adquisición		○	⇒	□	D	▽	1.00	12	
3	Compra del material		○	⇒	□	D	▽	0.25		
4	Traslado del material al taller		○	⇒	□	D	▽	1.00	12	
5	Toma de medidas para el maquinado del cuerpo		○	⇒	□	D	▽	0.30		

6	Corte del eje a las medidas necesarias	○	⇒	□	D	▽	0.25		
7	Montaje del cuerpo al torno	○	⇒	□	D	▽	0.30		
8	Maquinado del cuerpo principal	○	⇒	□	D	▽	1.00		
9	Verificación del maquinado	○	⇒	□	D	▽	0.25		
10	Desmontaje del cuerpo del torno	○	⇒	□	D	▽	0.15		
11	Taladrado para la toma de la tolva	○	⇒	□	D	▽	0.30		
12	Soldada de la toma al cuerpo principal	○	⇒	□	D	▽	0.30		Suelda MIG
13	Montaje del cuerpo al torno	○	⇒	□	D	▽	0.25		
14	Pulida del cuerpo principal	○	⇒	□	D	▽	0.25		Sin escoria
15	Desmontaje del cuerpo del torno	○	⇒	□	D	▽	0.10		
16	Pieza elaborada	○	⇒	□	D	▽	0.10		

Diagrama de Procesos del Cuerpo Extractor.

DIAGRAMA DE PROCESOS										
METODO ACTUAL		UBICACIÓN QUITO		FECHA		PAG. 1 De 1				
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE: CUERPO EXTRACTOR										
RESUMEN	ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		Empieza en:	ESPEL		
	Num	Tiempo	Num	Tiempo	Num	Tiempo				
○ Operaciones	11	7.30					Elección del material	Diagrama N° 1		
⇒ Transporte	2	2								
□ Inspección	11	5.10								
D Retrasos							Termina en:	Elaborado por:		
▽ Almacenamiento	1	0.10					Pieza elaborada	Pablo Soto y Edgar Garzón		
Paso	Detalles de proceso		Símbolo de eventos			Tiempo horas	Distancia km	Recomendaciones		
1	Selección del material en el Torno		○	⇒	□	D	▽	1.00	7	Acero AISI 4140

2	Traslado al almacén para adquisición	○	➡	□	D	▽	1.00	12	
3	Traslado del material al taller el Tornero	○	➡	□	D	▽	1.00	12	
4	Inspección de los planos	○	➡	□	D	▽	0.25		
5	Toma de medidas para cuerpo extractor	○	➡	□	D	▽	0.30		
6	Toma de medidas para roscas	○	➡	□	D	▽	0.25		
7	Selección del paso para rosca derecha	○	➡	□	D	▽	0.25		Paso correcto
8	Montaje al torno	●	➡	□	D	▽	0.15		
9	Maquinado de rosca	●	➡	□	D	▽	0.40		
10	Verificación de rosca derecha	○	➡	□	D	▽	0.15		
11	Desmontaje del torno	●	➡	□	D	▽	0.15		
12	Montaje al torno para rosca izquierda	●	➡	□	D	▽	0.15		
13	Selección del paso para rosca izquierda	○	➡	□	D	▽	0.25		Paso correcto
14	Maquinado de rosca	●	➡	□	D	▽	0.40		
15	Verificación de rosca izquierda	○	➡	□	D	▽	0.15		
16	Desmontaje del torno	●	➡	□	D	▽	0.10		
17	Toma de medidas al cuerpo para taladrado de agujeros	○	➡	□	D	▽	1.00		
18	Montaje a la maquina taladradora	●	➡	□	D	▽	0.15		
19	Taladrado de los agujeros	●	➡	□	D	▽	2.00		Broca correcta
20	Verificación del taladrado	○	➡	□	D	▽	0.15		
21	Avellanado de cada agujero	●	➡	□	D	▽	2.00		
22	Verificación del avellanado	○	➡	□	D	▽	0.15		
23	Pulida del cuerpo extractor	●	➡	□	D	▽	0.45		Sin escoria
24	Desmontaje del taladro del cuerpo	●	➡	□	D	▽	0.15		
25	Pieza elaborada	○	➡	□	D	▽	0.10		

5.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de realizar varias pruebas en el molino hemos llegado a la conclusión que su producción estará en el margen de:

- Al triturar la pepa con la cáscara se obtiene mayor cantidad de aceite.
- Al triturar la pepa sin cáscara se obtiene una menor cantidad de aceite, quedándose en la tarta un 15% de aceite y produciendo un taponamiento en la salida del desecho, ya que se forma una pasta.
- Para una mayor producción de aceite la pepa debe estar al 6% de humedad.

Conclusión:

Piñón con cáscara

7Kg – de – Piñón \Rightarrow 1lt – de – aceite

Producción = 2Kg / h

En 2Kg = 1500 cc. en bruto

Tamizado para partículas grandes = 1200 cc.

Filtrado con papel filtro = 1000 cc.

CONCLUSIONES

- Para una mayor obtención de aceite triturar la pepa con cáscara, ya que esta ayuda en el barrido a lo largo del eje para una mejor evacuación del residuo.
- Debido al cálculo de los elementos que conforman la máquina, una vez obtenido el factor de seguridad de 2,3 se concluye que la máquina puede funcionar ocho horas diarias, con un intervalo de unos 20 minutos de descanso por cada dos horas, puesto que en este tiempo alcanza su máximo de temperatura.
- Para que fluya de una manera rápida el aceite al exterior, por medio de la niquelina se debe llegar a una temperatura de 50 - 70 °C, para que haya una mejor transferencia de calor a lo largo del eje.
- Nuestro país, debe ponerle especial atención a este cultivo, tiene enormes beneficios que a corto plazo pueden reflejarse en reducción de la pobreza, reducción de la factura petrolera, mejora de nuestros ecosistemas y la obtención de una anhelada estabilidad económica en nuestras zonas rurales marginales.
- La biodegradabilidad es una característica del biodiesel que incentiva su uso, desapareciendo en menos de 21 días, con una degradación 4 veces más rápida que con el diesel del petróleo.
- Presenta mejor lubricidad, por lo que en proporciones menores al 20% constituye un aditivo lubricante del combustible (menor fricción del

motor), favoreciendo el funcionamiento del circuito de alimentación y de la bomba de inyección.

- Contiene oxígeno que permite una adecuada combustión con menor relación de aire/combustible.
- La temperatura de inflamación mayor reduce el peligro de incendios durante su manejo y almacenamiento.
- Al ser una especie arbustiva perenne, la cosecha es manual, empleando importante cantidad de mano de obra campesina, lo que significará una fuente genuina de trabajo rural, tan necesario en los esquemas productivos modernos que cada día son más tecnificados, y expulsan mano de obra a las grandes ciudades.
- La planta puede ser una excelente alternativa en la reforestación de zonas erosionadas, para los agricultores que se encuentran en regiones en donde sus cultivos han perdido su valor comercial.

RECOMENDACIONES

- Cargar la máquina una vez que esté encendida de lo contrario provocaría un taponamiento a la entrada del producto al tornillo transportador, teniendo como resultado una baja producción.
- El motorreductor está desarrollado con un factor de seguridad uniforme, lo cual funcionará ocho horas diarias, sobrepasado éste tiempo se producirá un sobrecalentamiento del mismo.
- Limpiar el molino luego de cada extracción de aceite, puesto que los residuos que queden pueden tapar los agujeros del cuerpo extractor, y no permiten la evacuación total del aceite.
- Tener cuidado en el uso del biodiesel ya que actúa como un aditivo detergente aflojando y disolviendo sedimentos en los tanques de almacenaje; por lo que pueden obstruirse los inyectores, tener depósitos en la cámara de combustión, pistón y asiento de válvulas.
- Por su mayor viscosidad y densidad pueden existir posibles problemas de fluidez en climas fríos, requiriendo anticongelantes especiales.

BIBLIOGRAFÍA

- ALMADA, M. 2006. Perspectivas de los biocombustibles en Argentina, Programa Nacional de Biocombustibles. Seminario Internacional sobre Agroenergía y Biocombustibles. FAO. Gobierno de Chile. Chile, 27-28 Julio.
- FIGUEROA, J. 2006. Seminario internacional sobre biocombustibles: la ventana hacia una nueva era energética. Chile. Chile Riego. 27: 50-55 p.
- HELLER, J. 1996. Physic nut, *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben, International Plant Genetic Resources Institute, Rome. 66 p.
- JONES, N. y MILLER, J. 1994. *Jatropha curcas*, a multipurpose species for problematic sites. The World Bank. Asia Technical Department. Agriculture Division. 24 p.
- MARTIN, G. y MAYEUX, A. 1984. Reflexiones sobre cultivos oleaginosos energéticos II Piñon de la India (*Jatropha curcas* L.). Un carburante posible. *Oleagineux* 39 (5):283-287
- www.biodiex.com
- Nicolás Larburu Arrizabalaga (Paraninfo). Máquinas Prontuario. Técnicas, Máquinas, Herramientas
- Mott, Diseño de Elementos de Máquinas
- http://es.wikipedia.org/wiki/Jatropha_curcas
- <http://www.dw-world.de/dw/article/0,,1815753,00.html>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Biodi%C3%A9sel>
- <http://iquimica.blogspot.com/2005/10/combustible-diesel.html>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Gas%C3%B3leo>

ANEXOS

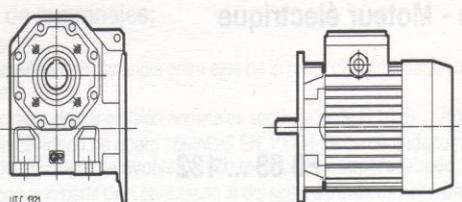
3.3.3 - 1

UNIDADES Y SIMBOLOGÍA

Símbolo Symbole	Definición Expression		En el catálogo Dans le catalogue	Unidades de medida Unités de mesure		Notas Notes
				En las fórmulas Dans les formules		
			Sistema Técnico Système Technique	Sistema SI ¹⁾ Système SI ¹⁾		
	dimensiones, cotas	dimensions, cotes	mm	-		
<i>a</i>	aceleración	accélération	-	m/s ²		
<i>d</i>	diámetro	diamètre	-	m		
<i>f</i>	frecuencia	fréquence	Hz	Hz		
<i>f_s</i>	factor de servicio	facteur de service				
<i>f_t</i>	factor térmico	facteur thermique				
<i>F</i>	fuerza	force	-	kgf	N ²⁾	1 kgf ≈ 9,81 N ≈ 0,981 daN
<i>F_r</i>	carga radial	charge radiale	daN	-		
<i>F_a</i>	carga axial	charge axiale	daN	-		
<i>g</i>	aceleración de gravedad	accélér. de pesanteur	-	m/s ²		valor normal 9,81 m/s ² valeur normale 9,81 m/s ²
<i>G</i>	peso (fuerza peso)	poids (force poids)	-	kgf	N	
<i>Gd²</i>	momento dinámico	moment dynamique	-	kgf m ²	-	
<i>i</i>	relación de transmisión	rapport de transmission				$i = \frac{n_1}{n_2}$
<i>I</i>	corriente eléctrica (intensidad)	courant électrique	-	A		
<i>J</i>	momento de inercia	moment d'inertie	kg m ²	-	kg m ²	
<i>L_n</i>	duración de los rodamientos	durée des roulements	h	-		
<i>m</i>	masa	masse	kg	kgf s ² /m	kg ³⁾	
<i>M</i>	par	moment de torsion	daN m	kgf m	N m	1 kgf m ≈ 9,81 N m ≈ 0,981 daN m
<i>n</i>	velocidad angular	vitesse angulaire	min ⁻¹	U/min rev/min	-	1 min ⁻¹ ≈ 0,105 rad/s
<i>P</i>	potencia	puissance	kW	CV	W	1 CV ≈ 736 W ≈ 0,736 kW
<i>P_t</i>	potencia térmica	puissance thermique	kW	-		
<i>r</i>	radio	rayon	-	m		
<i>R</i>	relación de variación	rapport de variation				$R = \frac{n_{2\max}}{n_{2\min}}$
<i>s</i>	espacio	espace	-	m		
<i>t</i>	temperatura Celsius	température Celsius	°C	-		
<i>t</i>	tiempo	temps	s min h d	s		1 min = 60 s 1 h = 60 min = 3 600 s 1 d = 24 h = 86 400 s
<i>U</i>	tensión eléctrica	tension électrique	V	V		
<i>v</i>	velocidad	vitesse	-	m/s		
<i>W</i>	trabajo, energía	travail, énergie	MJ	kgf m	J ⁴⁾	
<i>z</i>	frecuencia de arranque	fréquence de démarrage	arr./h dem./h	-		
<i>α</i>	aceleración angular	accélération angulaire	-	rad/s ²		
<i>η</i>	rendimiento	rendement				
<i>η_s</i>	rendimiento estático	rendement statique				
<i>μ</i>	coeficiente de rozamiento	coefficient de frottement				
<i>φ</i>	ángulo plano	angle plan	°	rad		1 rot. = 2 π rad 1 tour = 2 π rad $1^\circ = \frac{\pi}{180} \text{ rad}$
<i>ω</i>	velocidad angular	vitesse angulaire	-	-	rad/s	1 rad/s ≈ 9,55 min ⁻¹

3.3.3 - 2

DESIGNACIÓN DE MOTORREDUCTORES



UT C 021

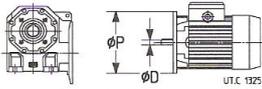
MR V 742 U O 4 E - F0112M 4 230.400 B5 / 123

FORMA CONSTRUCTIVA MOTOR (ver cap. 2b): POSITION DE MONTAGE MOTEUR (voir chap. 2b):	B5, ...	VELOCIDAD DE SALIDA MOTORREDUCTOR [min ⁻¹] VITESSE DE SORTIE MOTOREDUCTEUR [min ⁻¹]
TENSIÓN [V]: TENSION [V]:	230.400	
NÚMERO DE POLOS: NOMBRE DE POLES:	2, 4, 6	
TAMAÑO MOTOR: GRANDEUR MOTEUR:	63 ... 132MB	
MOTOR: MOTEUR:	HF F0 ...	asíncrono trifásico (omitido en designación) asynchrone triphasé (omis dans la désignation) con freno en c.c. avec frein c.c. (ver cat. TX) (v. cat. TX)
EJECUCIÓN: EXECUTION	E	
MODELO: MODELE:	4	
POSICIÓN EJES: POSITION AXES:	O	ortogonal orthogonaux
FIJACIÓN: FIXATION:	U	universal universel
TAMAÑO: GRANDEUR:	118 ... 742	
TREN DE ENGRANAJES: TRAIN D'ENGRENAGES:	V	de sinfín engrenages à vis
MÁQUINA: MACHINE:	MR	motorreductor motoréducteur

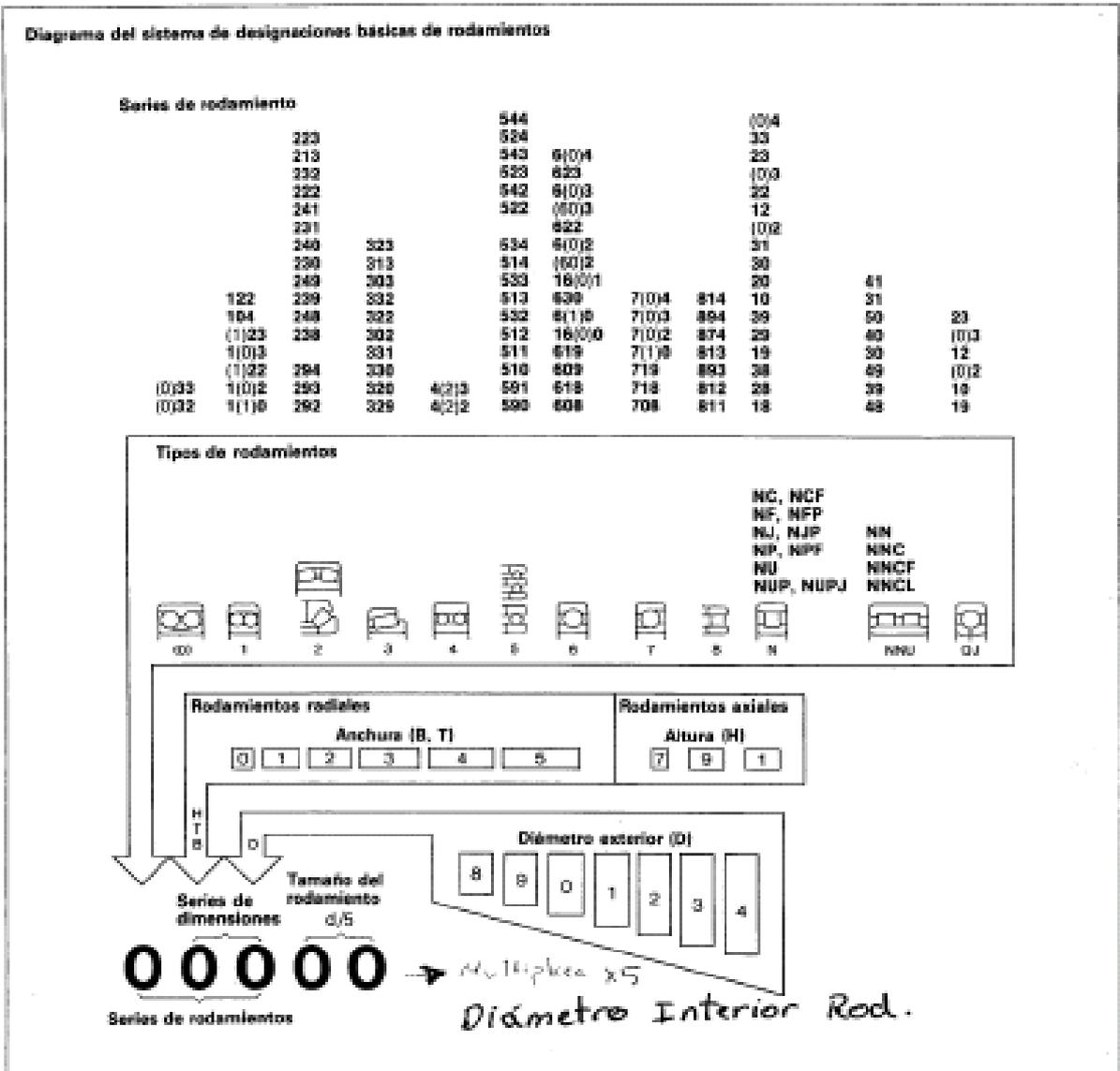
SELECCIÓN DEL MOTOR

Programa de fabricación (ejes ortogonales)
Programme de fabrication (axes orthogonaux)



P ₁	n ₂	P ₂	M ₂	M _{2max}	F _{r2}	i	fs		Masa Masse				
									HF kg	FO kg			
kW	min ⁻¹	kW	N m	N m	N								
0,25	28,5	0,17	58	82	2 500	47	0,9	MR V 225 - 63 C 4 B14* 11 x 90	8	9,8			
	35,3	0,18	49,1	92	2 500	38	1,18						
	44,7	0,19	40,4	98	2 360	30	1,5						
	55,8	0,19	33,2	91	2 000	24	1,7						
	70,5	0,21	27,9	87	1 900	19	2						
	29,6	0,17	56	82	2 500	47	0,9				MR V 225 - 71 A 4 B14R 11 x 90	9,1	12
	36,6	0,18	47,3	92	2 500	38	1,25						
	46,3	0,19	38,9	98	2 240	30	1,6						
	57,9	0,19	32	91	2 000	24	1,8						
	73,2	0,21	26,9	87	1 900	19	2						
	89,7	0,21	22,4	91	1 600	15,5	2,36						
	116	0,21	17,6	81	1 400	12	2,8						
	31,8	0,17	52	58	1 900	28	0,71				MR V 118 - 71 B 6 B14R 11 x 90	9,6	12,5
	40,5	0,18	42,8	63	1 900	22	0,9						
	52,4	0,19	34,1	58	1 800	17	1,06						
	63,6	0,2	30,2	56	1 700	14	1,18						
	38,3	0,17	43,4	48,3	1 800	35	0,71	MR V 118 - 63 C 4 B14* 11 x 90	7,2	9			
	47,9	0,18	36,2	53	1 800	28	0,9						
	60,9	0,19	29,6	56	1 800	22	1,18						
	78,8	0,19	23,5	51	1 700	17	1,32						
	95,7	0,21	20,5	49,6	1 400	14	1,5						
	122	0,21	16,5	51	1 180	11	1,8						
	39,7	0,17	41,8	48,3	1 800	35	0,71				MR V 118 - 71 A 4 B14R 11 x 90	8,3	11
	49,6	0,18	34,9	53	1 800	28	0,95						
	63,2	0,19	28,6	56	1 800	22	1,18						
	81,8	0,19	22,7	51	1 600	17	1,4						
	99,3	0,21	19,8	49,6	1 400	14	1,6						
	126	0,21	15,9	51	1 120	11	1,9						
	164	0,21	12,5	43,7	900	8,5	2,12						
	232	0,22	9,1	41,3	800	6	2,65						
	195	0,21	10,4	40,3	1 000	14	2,36	MR V 118 - 63 B 2 B14 11 x 90	6,9	8,8			
	248	0,22	8,3	41,7	900	11	2,8						
321	0,22	6,5	35,4	800	8,5	3,15							
0,37	12,7	0,25	184	391	6 500	73	1,5	MR V 535 - 80 A 6 B5 19 x 200	28	32			
	16	0,26	154	547	6 500	58	2,12						
	19,8	0,27	130	616	6 500	47	2,8						
	12,7	0,23	173	193	5 600	73	0,8	MR V 430 - 80 A 6 B5 19 x 200	19,2	23			
	16	0,25	146	266	5 600	58	1,12						
	19,8	0,26	124	318	5 600	47	1,6						
	25,1	0,27	102	357	4 500	37	2,12						
	31	0,28	86	375	4 250	30	2,8						
	38,8	0,29	71	356	4 000	24	3,15						
	18,6	0,25	128	173	3 750	47	0,85	MR V 325 - 71 C 6 B14* 14 x 105	13	16			
	23	0,26	109	198	3 750	38	1,12						
	29,2	0,27	90	209	3 350	30	1,5						
	36,5	0,28	74	195	3 150	24	1,6						
	23,8	0,25	100	135	3 750	58	0,9				MR V 325 - 71 B 4 B14 14 x 105	12,5	15
	29,4	0,26	85	159	3 550	47	1,18						
	36,3	0,27	72	178	3 150	38	1,5						
	46	0,28	59	189	2 800	30	2						
	57,5	0,29	48,5	173	2 360	24	2,24						
	72,6	0,31	40,6	167	2 240	19	2,65						
	89	0,31	33,7	172	2 120	15,5	3						
	115	0,32	26,5	153	1 900	12	3,55						
	29,2	0,27	88	110	2 500	30	0,8	MR V 225 - 71 C 6 B14R 11 x 90	11	13,5			
	36,5	0,28	72	103	2 360	24	0,9						
	36,3	0,27	71	92	2 240	38	0,8	MR V 225 - 71 B 4 B14R 11 x 90	10	13			
	46	0,28	58	98	2 240	30	1,06						
	57,5	0,29	47,7	91	2 240	24	1,18	MR V 225 - 71 A 2 B14R 11 x 90	9,1	12			
	72,6	0,3	40	87	1 900	19	1,4						
	89	0,31	33,3	91	1 800	15,5	1,6						
	115	0,32	26,2	81	1 400	12	1,8						
	166	0,33	18,8	73	1 180	8,33	2,24						
	118	0,3	24,3	74	1 600	24	1,9						
	149	0,32	20,1	71	1 400	19	2,12						
	51,5	0,28	51	58	1 600	17	0,71	MR V 118 - 71 C 6 B14R 11 x 90	9,8	12,5			
	62,7	0,28	42,6	56	1 600	22	0,8						
	81,2	0,29	33,8	51	1 500	17	0,95	MR V 118 - 71 B 4 B14R 11 x 90	9,2	12			
	98,6	0,3	29,5	49,6	1 400	14	1,06						
	125	0,31	23,7	51	1 250	11	1,25						
	162	0,32	18,6	43,7	1 000	8,5	1,4						
	230	0,33	13,5	41,3	800	6	1,7						

DESIGNACIÓN DE RODAMIENTOS



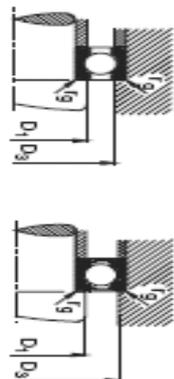
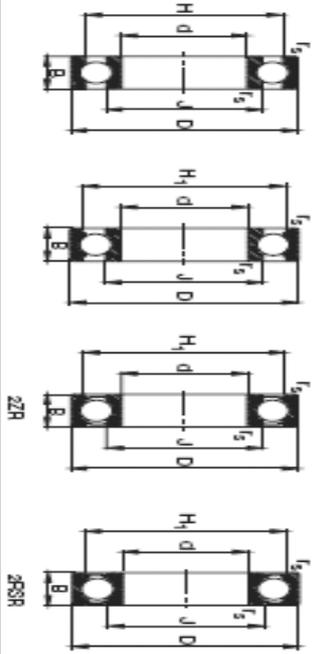
Designaciones de los tipos de rodamientos

0	Rodamientos de dos hileras de bolas con contacto angular	N	Rodamientos de rodillos cilíndricos Después de la N, se pueden añadir una o dos letras, que indican la configuración de la pestaña, p.e. NJ, NU, NUP, etc. Los rodamientos con dos o más hileras comienzan con NN.
1	Rodamientos de bolas a rótula		
2	Rodamientos de rodillos a rótula, y axiales de rodillos a rótula		
3	Rodamientos de rodillos cónicos		Rodamientos de agujas Las designaciones de los rodamientos de agujas comienzan normalmente con NA o NK.
4	Rodamientos rígidos de dos hileras de bolas	QJ	Rodamientos de bolas con cuatro puntos de contacto
5	Rodamientos axiales de bolas		
6	Rodamientos rígidos de una hilera de bolas	T	Rodamientos de rodillos cónicos Rodamientos con dimensiones según ISO 332. Los rodamientos de rodillos cónicos que pertenecen a alguna serie de las normas americanas, se clasifican aparte; ver pág. 11.
7	Rodamientos de una hilera de bolas con contacto angular		
8	Rodamientos axiales de rodillos cilíndricos		

3.4.3 – 2

SELECCIÓN DE RODAMIENTOS RÍGIDOS DE BOLAS

Rodamientos FAG rígidos de bolas de una hilera



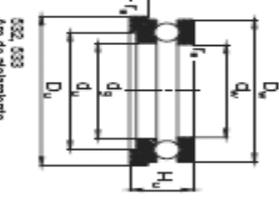
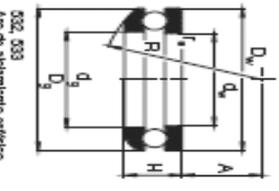
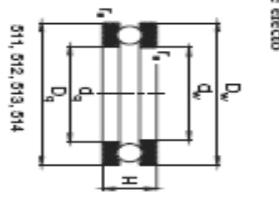
Eje	Dimensiones					Peso m _{kg}	Capacidad de carga		Velocidad límite min ⁻¹	Velocidad de referencia	Denominación abreviada	Medidas auxiliares			
	d	D	B	r _e , mm	H		C _{dyn}	C _{stat.}				D ₁ min	D ₂ max	r _s max	
20	47	14	1	38,4	41	28,8	0,105	12,7	0,05	18000	10000	6204	26,0	41,4	1
	20	47	14	38,4	41	28,8	0,105	12,7	0,05	18000	10000	6204 WZ08	26,0	41,4	1
	20	47	14	38,4	41	28,8	0,105	12,7	0,05	10000	10000	6204 ZH	26,0	41,4	1
	20	47	14	38,4	41	28,8	0,105	12,7	0,05	10000	10000	6204 ZRSR	26,0	41,4	1
	20	47	14	38,4	41	28,8	0,105	12,7	0,05	10000	10000	6204 ZRSR WZ08	26,0	41,4	1
	20	47	18	38,4	41	28,8	0,130	12,7	0,05	10000	10000	6204 ZRSR	26,0	41,4	1
	20	47	15	41,0	44,4	30,3	0,153	10	7,8	18000	18000	6204 WZ08	27	45	1
	20	47	15	41,0	44,4	30,3	0,155	10	7,8	14000	14000	6204 ZH	27	45	1
	20	47	15	41,0	44,4	30,3	0,155	10	7,8	10000	10000	6204 ZRSR	27	45	1
	20	47	21	42,1	44,4	30,3	0,209	10	7,8	9200	9200	6204 ZRSR	27	45	1
	20	72	10	55	55	37	0,415	30,5	15	30000	15000	6204	29	63	1
	25	47	8	0,3	39,7	41,1	33,2	0,095	7,2	4,05	19000	14000	19049	27	45
20		47	12	40,2	42,5	32	0,08	10	5,85	30000	17000	6205	28,2	43,8	0,0
20		47	12	40,2	42,5	32	0,082	10	5,85	30000	17000	6205 WZ08	28,2	43,8	0,0
20		47	12	40,2	42,5	32	0,083	10	5,85	15000	17000	6205 ZH	28,2	43,8	0,0
20		47	12	40,2	42,5	32	0,084	10	5,85	10000	10000	6205 ZRSR	28,2	43,8	0,0
20		47	12	40,2	42,5	32	0,085	10	5,85	10000	10000	6205 ZRSR WZ08	28,2	43,8	0,0
20		47	15	43,0	45,4	33,5	0,139	14	7,8	17000	17000	6205	30,0	46,4	1
20		47	15	43,0	45,4	33,5	0,135	14	7,8	17000	17000	6205 WZ08	30,0	46,4	1
20		47	15	43,0	45,4	33,5	0,132	14	7,8	14000	17000	6205 ZH	30,0	46,4	1
20		47	15	43,0	45,4	33,5	0,132	14	7,8	10000	17000	6205 ZRSR	30,0	46,4	1
20		47	15	43,0	45,4	33,5	0,132	14	7,8	10000	10000	6205 ZRSR WZ08	30,0	46,4	1

Los rodamientos pueden alcanzar una duración de vida limitada, L_{10} , C_{10} , ver Pág. 41.

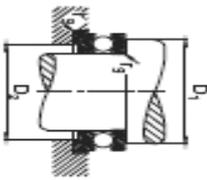
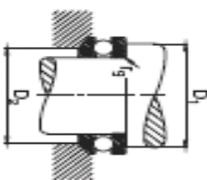
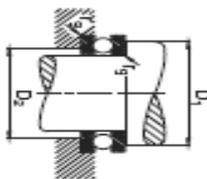
3.4.3 - 3

SELECCIÓN DE RODAMIENTOS AXIALES DE BOLAS

Rodamientos FAG axiales de bolas de simple efecto



511, 512, 513, 514
532, 533
532, 533
Año de alojamiento estriado y contraplaca U₂, U₃



Los rodamientos pueden alcanzar una duración de vida limitada, L_1 C₉₀/C₉₅, ver Fig. 41.

Ejes	Dimensiones										Peso m	Capacidad de carga estática C_0	Coeficiente de carga mínima M	Velocidad límite n	Denominación abreviada		Medidas auxiliares			
	d_w	d_2	D_w	D_2	H	r_1	R	A	d_1	D_1					a_1	H_1	Roda- miento	Con- traplaca	D_1 min	D_1 max
10	10	11	24	24	0	0,3							10	14	0,001	9200	51100	19	16	0,3
	10	12	20	20	11	0,0							12,7	17	0,002	8000	51200	20	16	0,6
	10	12	20	20	11,0	0,0	22	8,5	18	28	3,5	13	12,7	17	0,002	8000	52000	20	16	0,6
12	12	13	20	20	0	0,3							10,4	13,3	0,001	9000	51101	20	18	0,3
	12	14	28	28	11	0,0							13,2	19	0,002	8000	51201	22	18	0,6
	12	14	28	28	11,4	0,0	25	11,5	20	30	3,5	13	13,2	19	0,002	8000	52001	22	20	0,6
15	15	16	28	28	0	0,3							0,3	14	0,001	8000	51102	23	20	0,3
	15	17	32	32	12	0,0							10,0	23	0,004	6700	51202	25	22	0,6
	15	17	32	32	13,3	0,0	26	12	24	30	4	15	10,0	23	0,004	6700	52002	25	24	0,6
17	17	18	30	30	0	0,3							0,6	13,3	0,002	8000	51103	25	22	0,3
	17	19	35	35	12	0,0							17,3	27,5	0,004	6700	51203	26	24	0,6
	17	19	35	35	13,2	0,0	32	10	20	38	4	15	17,3	27,5	0,004	6700	52003	26	26	0,6
20	20	21	35	35	10	0,3							12,7	20,8	0,003	7000	51104	29	26	0,3
	20	22	40	40	14	0,0							22,4	37,5	0,008	5000	51204	32	28	0,6
	20	22	40	40	14,7	0,0	30	19	30	42	5	17	22,4	37,5	0,008	5000	52004	32	30	0,6
26	26	26	42	42	11	0,0							15,0	29	0,01	6000	51105	35	32	0,6
	26	27	47	47	15	0,0							25	30	0,01	6000	51205	38	34	0,6
	26	27	47	47	16,7	0,0	40	19	30	50	5,5	10	25	30	0,03	5000	52005	38	36	0,6
26	26	27	52	52	18	1							34,5	50	0,019	4500	51305	41	36	1

ACERO INOXIDABLE AISI 304

Acero inoxidable austenítico AISI 304

Tipo de aleación %	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Co
	Máx.0.03	0,50	1.40	18.50	--	9.50	--	--	--

Normas	AISI	304	DIN	1.4306
	AFNOR	Z 2 CN 18 09		X 2 CrNi 19 11
	BS	304 S11	UNI	X 2 CrNi 18 11
			BOEHLER	A604

Propiedades Acero inoxidable austenítico al Cr-Ni con bajo contenido de carbono. Resistente a la corrosión intercrystalina hasta 350°C. No es necesario un tratamiento térmico después de la soldadura. Resiste a las influencias del medio ambiente, vapor, agua y ácidos, así como a las de las soluciones básicas. Superficie requerida: decapado. Maleable en frío. Capaz de recibir pulimento de alto brillo.

Aplicaciones En la industria del ácido nítrico. Industria química y farmacéutica. Instalaciones nucleares.

Instrucciones para el tratamiento térmico

Forjar: 1150 - 750°C, enfriamiento lento en el horno.

Apagar: 1000 - 1080°C. Enfriamiento al agua (o al aire en piezas de menos de 2mm de espesor).

Microestructura: Austenita (+ pequeñas cantidades de ferrita).

Propiedades físicas (a temperatura ambiente)	Temperatura (°C)				
	20	100	200	300	400
Densidad, g/cm ³	7.90				
Conductibilidad térmica, W/(m•K)	15.0				
Resistencia eléctrica específica Ωmm ² /m	0.73				
Calor Específico, J/(Kg•K)	500				
Magnetismo	Existe ligeramente. Aumenta con el autotemple.				
Dilatación térmica entre 20°C y °C 10 ⁻⁶ m/m°C	100.0	200.0	300.0	400.0	500.0
Módulo de elasticidad a °C 10 ⁻³ N/mm ²	20.0	100.0	200.0	300.0	400.0
	200.0	194.0	186.0	179.0	172.0
			165.0		

ACERO PARA CONSTRUCCIÓN MECÁNICA AISI 4140

Acero para construcción mecánica, bonificado, AISI 4140

Tipo de aleación %	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Co
	0.41	0.30	0.70	1.10	0.2	--	--	--	--

Normas	No. Mat.	1.7225/1.7223	DIN	42CrMo 4/41 CrMo 4
	AISI	~4140	BS	~708A 42/ ~708M 40
	AFNOR	42CD 4	SIS	2244
	JIS	SCM 4	UNI	40 CrMo 4
	GOST	38 ChMA	BOEHLER	V320

Propiedades Acero bonificado al Cr-Mo especialmente apto donde sean necesarias altas exigencias de resistencia y tenacidad en medianas y pequeñas secciones. Gracias al contenido de molibdeno es insensible a la fragilidad por revenido. Templable superficialmente.

Aplicaciones Partes y piezas en la fabricación de automotores, cajas de cambios, motoreductores y motores, por ejemplo: ejes, bielas, árboles de transmisión. Cañones para escopetas de caza, etc.

Instrucciones para el tratamiento térmico

Forjar: 1050 - 850°C, enfriamiento lento en el horno o en material termoaislante.

Normalizar: 840 - 880°C, enfriamiento al aire.

Recocer: 680 - 720°C, enfriamiento regulado en el horno. Dureza después del recocido: máx. 217 Brinell.

Destensionar: en estado bonificado, aprox. 30 - 50°C por debajo de la temperatura de revenido. En estado recocido, aprox. 600 - 650°C. Mantenimiento de temperatura, mín. 1 hora.

Templar: 820 - 850°C. Enfriamiento en agua.
830 - 860°C. Enfriamiento en aceite. Para piezas delgadas y complicadas.

Revenido: 540 - 680°C, enfriamiento en el aire. El revenido se debe efectuar inmediatamente después del temple. Tiempo de mantenimiento a temperatura; mín. 1 hora. Véase diagrama de bonificación.

Nitruración: es posible la nitruración en gas o en baño.

Temple superficial: 870 - 900°C. Enfriamiento en agua.
Dureza en las zonas templadas de la superficie: 54 RC

Este valor corresponde a un acero bonificado, templado superficialmente y destensionado a 150 - 180°C, con un tiempo de permanencia a temperatura de aprox. 1 hora. Diámetro 150 mm.

AISI 4140

Propiedades mecánicas

Probetas bonificadas, valores longitudinales, a temperatura ambiente.

Diámetro mm	Límite de Estricción mín. N/mm ² (Kp/mm ²)	Resistencia a la Tracción N/mm ² (Kp/mm ²)	Dilatación min. %	Estricción min. %
> 16	885 (90)	1080 - 1280 (110-130)	10	40
16 - 40	775 (78)	980 - 1180 (100-120)	11	45
40 - 100	635 (65)	880 - 1080 (90-110)	12	50
100 - 160	560 (57)	780 - 930 (90- 95)	13	55
160 - 250	510 (52)	740 - 890 (75- 90)	14	55
250*)	510 (52)	740 - 890 (75- 90)	14	
250 - 500*)	460 (47)	690 - 840 (70- 85)	15	
500 - 1000*)	390 (40)	590 - 740 (60- 75)	16	

Propiedades de resistencia en caliente *) en estado bonificado.

Diámetro mm	Límite de Elongación						
	20	100	200	250	300	350	400
> 250	510	486	461	441	422	392	363
250 - 500	460	431	412	402	382	353	324
500 - 1000	390	363	333	324	304	275	245

*) Valores para piezas pesadas de fundición.

Propiedades físicas (a temperatura ambiente)

Densidad, g/cm ³	7.85					
Módulo de elasticidad, 10 ³ N/mm ²	210					
Conductibilidad térmica, W/(m•K)	42.0					
Resistencia eléctrica específica Ωmm ² /m	0.19					
Calor Específico, J/(Kg•K)	460					
Dilatación térmica entre 20°C y °C	100.0	200.0	300.0	400.0	500.0	600.0
10 ⁻⁶ m/m°C	11.1	12.1	12.9	13.5	13.9	14.1
Módulo de elasticidad a °C						
10 ⁻³ N/mm ²	205.0	195.0	185.0	175.0	165.0	155.0

4.3 - 4

ACERO PARA CONSTRUCCIÓN MECÁNICA AISI 4340

Acero para construcción mecánica, bonificado, AISI 4340

Tipo de aleación %	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	V	W	Co
	0.34	0.30	0.50	1.50	0.20	1.50	--	--	--
Normas	No. Mat.	1.6582				DIN	34CrNiMo6		
	AISI	Similar a 4340				BS	~ 814M 40		
	AFNOR	~ 35NCD 6				SIS	-		
	JIS	~ SNCM 1				UNI	(~ 35 NCD 7)		
	GOST	30 ChNML				BOEHLER	V155		
Propiedades	Acero bonificado al Cr - Ni - Mo. Especialmente apto donde sean necesarias altas exigencias de resistencia y tenacidad en secciones grandes. Gracias a su contenido de molibdeno es insensible a la fragilidad del revenido.								
Aplicaciones	Partes y piezas en la fabricación de aviones, automotores pesados y construcción de maquinaria de trabajo pesado, por ejemplo: ejes para hélices, bielas, árboles de transmisión, cigüeñales, chasises. Grandes piezas fundidas como rotores, ejes y árboles, volantes, discos, etc.								
Instrucciones para el tratamiento térmico	<p>Forjar: 1050 - 850°C, enfriamiento lento en el horno o en material termoaislante.</p> <p>Normalizar: 850 - 880°C, enfriamiento al aire</p> <p>Recocer: 650 - 700°C, enfriamiento regulado en el horno. Dureza después del recocido: máx. 235 Brinell.</p> <p>Destensionar: en estado bonificado aprox. 30 - 50°C por debajo de la temperatura de revenido. En estado recocido, aprox. 600 - 650°C. Mantenimiento a temperatura, mínimo 1 hora.</p> <p>Templar: 830 - 860°C. Enfriamiento en aceite</p> <p>Revenido: 540 - 680°C, enfriamiento en el aire. El revenido se debe efectuar inmediatamente después del temple. Tiempo de mantenimiento a temperatura, Mínimo 1 hora. Véase diagrama de bonificación.</p> <p>Nitruración: es posible la nitruración en gas o en baño.</p>								
Propiedades físicas (a temperatura ambiente)	Densidad, g/cm ³		7.85						
	Módulo de elasticidad, 10 ³ N/mm ²		210.0						
	Conductibilidad térmica, W/(m•K)		42.0						
	Resistencia eléctrica específica Ωmm ² /m		0.19						
	Calor Específico, J/(Kg•K)		460						
	Dilatación térmica entre 20°C y °C		100.0	200.0	300.0	400.0	500.0	600.0	
	10 ⁻⁶ m/m°C		11.1	12.1	12.9	13.5	13.9	14.1	
	Módulo de elasticidad a °C								
	10 ⁻³ N/mm ²		205.0	195.0	185.0	175.0	165.0	155.0	