

DISEÑO MECÁNICO DE MESA GRAVITACIONAL WILFLEY

ANDRÉS FELIPE ARIAS HINCAPIÉ

DANIEL LOPERA CANO

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ E INDUSTRIAL
MEDELLÍN
2014**

DISEÑO MECÁNICO DE MESA GRAVITACIONAL WILFLEY

ANDRÉS FELIPE ARIAS HINCAPIÉ

DANIEL LOPERA CANO

Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo Mecánico Automotriz e industrial

Asesor: Sigifredo González Londoño
Magister en Administración Educativa de la U. de A.

Co asesor Carlos Mario Serna
Magister en ingeniería - Materiales y procesos

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ E INDUSTRIAL
MEDELLÍN
2014**

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Porque reconocemos que: "Separados de ti nada podemos hacer"

Juan 15:5 (b)

A NUESTROS PADRES:

Luz Inés Cano Yepes y H. Antonio Lopera Medina, Padres de Daniel,
María De Las Mercedes Hincapié Serna y George Eduardo Arias Villegas,
Padres de Felipe.

Por su esfuerzo a la hora de brindarnos la posibilidad de un mejor vivir.

AL GRUPO DE INVESTIGACIÓN AMBIENTAL GIIAM Y AL SEMILLERO DE SEMILLERO DE INVESTIGACIÓN AMBIENTAL SIA:

Carlos Mario Serna – Coordinador del semillero SIA

Jim Giraldo Builes.- Director del grupo de investigación GIIAM

Por su apoyo incondicional y su fe puesta en nuestro trabajo.

Alejandro García Giraldo estudiante ingeniería mecánica industrial IUPB

Integrante del semillero SIA

A LA INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO:

Donde se materializó el deseo de obtener el conocimiento necesario para desempeñarnos profesional e integralmente en la industria y así ser parte integral de la sociedad.

A NUESTROS AMIGOS Y COMPAÑEROS:

Por brindarnos su amistad en el camino al desarrollar el apoyo suficiente para evadir obstáculos y permanecer con la visión de alcanzar un sueño.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
2. JUSTIFICACIÓN	2
3. OBJETIVOS	3
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
4. REFERENTES TEÓRICOS	4
4.1 MESA GRAVIMÉTRICA.....	4
4.2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO MESA GRAVIMÉTRICA.....	6
4.2.1 Fenómeno de película de flujo laminar.....	7
4.2.2 Principio de obstrucción de Libre asentamiento de las partículas (<i>hindered settling</i>).....	7
4.2.3 Reordenamiento por consolidación (<i>consolidation trickling</i>).....	7
4.2.4 La aceleración asimétrica.....	7
4.3 FACTORES DE OPERACIÓN DE LA MESA.....	9
4.3.1 Gravedad específica.....	9
4.3.2 Rifles.....	10
4.3.3 Capacidad.....	10
4.3.5 Inclinación.....	11
4.3.6 Consumo de agua.....	11
4.3.7 Mantenimiento.....	11
4.4.1 Variables del diseño mesa wilfley.....	13
4.4.2 Control de operaciones mesa wilfley.....	13
4.4.3 Tipos de movimiento mesa wilfley.....	14
4.4.4 Ventajas mesa wilfley.....	14
4.4.5 Desventajas mesa wilfley.....	14
4.4.6 Campos de aplicación.....	14
4.4.7 Procedimiento.....	15
5. METODOLOGÍA	16
5.1 MÉTODO.....	16
5.2 PROCEDIMIENTO.....	16
5.2 TIPO DE PROYECTO.....	16
5.3 PLAN DE TRABAJO.....	16
6. RESULTADOS DEL PROYECTO	17
6.1 TRASCENDENCIA DEL DISEÑO DE LA MESA WILFLEY.....	17
6.2 DESARROLLO DE LA IDEA.....	18
6.2.1 Indagacion de informacion para el pre diseño.....	21

6.2.2 lista de materiales y piezas neccesarias para la construccion del diseño.....	22
6.2.3 Diseño pieza por pieza mesa wilfley.....	24
6.2.4 Diseño estructura mesa wilfley.....	26
6.2.5 Motor Electrico 1,5 HP.....	27
6.2.6 Poleas de canal en V para eje de 23mm - 3in y 4in.....	27
6.2.7 Eje excéntrico.....	28
6.2.8 Cabeza de biela tipo zapata para eje de 25mm.....	28
6.2.9 Barra acopladora dia25mm x 181mm.....	29
6.2.10 Pasador corredera dia25mm x 300mm.....	29
6.2.11 Rótula para eje de 25mm.....	30
6.2.12 Engranaje cónico 35 dientes para eje de 25mm.....	30
6.2.13 Engranaje cónico 20 dientes para eje de 25mm.....	31
6.2.14 Chumacera para eje de 25mm.....	31
6.2.15 Eje roscado.....	32
6.2.16 Tornillo M12x90 completos.....	32
6.2.17 Tornillo M10x70 completos.....	33
6.2.18 Tornillo M8x80 completos.....	33
6.2.19 Soporte movimiento lineal.....	34
6.2.20 Barra apoyo lineal dia25mm x 245mm.....	35
6.2.21 Brida para eje de 25mm.....	35
6.2.22 Pasador sistema de inclinación dia25mm x 1115mm.....	36
6.2.23 Barra inclinación dia25mm x 400mm.....	36
6.2.24 Eje manivela inclinación dia25mm x 2000mm.....	37
6.2.25 Manivela manual para eje de 25mm.....	37
6.2.26 Cuba de alimentación.....	38
6.2.27 Cubierta o deck.....	39
6.2.28 Tablón en madera 1957mm x 857mm x 30mm.....	39
6.2.29 Cuba recolectora.....	40
6.2.30 Tubería PVC RDE21 de 3in.....	40
6.2.31 Codos PVC 3in.....	41
6.2.32 Tubería PVC RDE21 de 1in.....	41
6.2.33 Tapón PVC hembra 1in.....	42
6.2.34 Codos PVC 1in.....	42
6.2.35 Manguera flexible 1in completa.....	43
6.2.36 Canecas 15gal.....	43
6.2.37 Motobomba 0,5HP, carga 2in, descarga 1in.....	44
6.2.38 Válvula de bola de latón.....	44
6.3 ENSAMBLE MESA GRAVIMÉTRICA WILFLEY.....	45
7. CONCLUSIONES.....	46
8. RECOMENDACIONES.....	48
ANEXOS.....	51

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Tamices granulométricos.....	5
Tabla 2. Muestra la relación entre el criterio de concentración y la facilidad de realizar una separación gravitacional.....	6
Tabla 3. Modelos de mesas gravimétricas Holman Wilfley.....	12
Tabla 4. Relación diámetro exterior para tubería PVC.....	20
Tabla 5. Estándar y espesor de tubería de acero al carbono Schedule.....	21
Tabla 6. Lista de materiales y piezas mesa wilfley.....	21
Tabla 7. Tamices apropiados para sulfuros polimetálicos.....	45

LISTA DE IMÁGENES

Pag.

Ilustración 1. Mesa gravimétrica.....	4
Ilustración 2. Aceleración asimétrica.....	8
Ilustración 3. Aceleración asimétrica.....	9
Ilustración 4. Laboratorio de minería.....	17
Ilustración 5. Soporte deck U de A.....	17
Ilustración 6. Mecanismo mesa U de A.....	18
Ilustración 7. Mesa wilfley U de A.....	18
Ilustración 8. Boceto a mano alzada.....	19
Ilustración 9. Sistema de inclinación horizontal.....	22
Ilustración 10. Mecanismos de movimiento.....	23
Ilustración 11. Despiece en posición.....	23
Ilustración 12. Estructura.....	24
Ilustración 13. Motor.....	25
Ilustración 14. Poleas de transmisión.....	25
Ilustración 15. Eje excéntrico.....	26
Ilustración 16. Cabeza biela.....	26
Ilustración 17. Barra acopladora.....	27
Ilustración 18. Pasador corredera.....	27
Ilustración 19. Rotula para eje.....	28
Ilustración 20. Engranaje cónico 35 dientes.....	28
Ilustración 21. Engranaje cónico 20 dientes.....	29
Ilustración 22. Chumacera para eje.....	29
Ilustración 23. Eje roscado.....	30
Ilustración 24. Tornillo M12x90.....	30
Ilustración 25. Tornillo M10x 70.....	31
Ilustración 26. Tornillo M8x80.....	31
Ilustración 27. Soporte movimiento lineal.....	32
Ilustración 28. Barra de apoyo lineal.....	32
Ilustración 29. Brida.....	33
Ilustración 30. Pasador sistema de inclinación.....	33
Ilustración 31. Barra de inclinación.....	34
Ilustración 32. Eje manivela inclinación.....	34
Ilustración 33. Manivela manual.....	35
Ilustración 34. Cuba de alimentación.....	35
Ilustración 35. Cubierta o deck.....	36
Ilustración 36. Deck parte inferior.....	36
Ilustración 37. Tablón en madera.....	37
Ilustración 38. Cuba recolectora.....	37
Ilustración 39. Tubería PVC 3 in.....	38
Ilustración 40. Codos PVC 3 in.....	38
Ilustración 41. Tubería PVC RDE21 de 1 in.....	39

Ilustración 42. Tapón PVC hembra 1in.....	39
Ilustración 43. Codos PVC 1in.....	40
Ilustración 44. Manguera flexible 1in.....	40
Ilustración 45. Canecas 15gal.....	41
Ilustración 46. Motobomba.....	42
Ilustración 47. Válvula bola de latón.....	42
Ilustración 48. Mesa gravimétrica wilfley.....	43
Ilustración 49. Mesa wilfley.....	43

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Plano barra acopladora.....	48
Anexo 2. Plano válvula de bola de latón.....	48
Anexo 3. Plano rotula.....	49
Anexo 4. Plano volante.....	49
Anexo 5. Plano rosca cuadrada.....	50
Anexo 6. Plano explosionado.....	50
Anexo 7. Plano cubierta.....	51
Anexo 8. Plano eje roscado.....	51
Anexo 9. Plano cuba de alimentación.....	52
Anexo 10. Plano cuba recolectora.....	52
Anexo 11. Plano cabeza biela.....	53
Anexo 12. Plano chumacera.....	53
Anexo 13. Plano brida.....	54
Anexo 14. Plano estructura mesa wilfley.....	54
Anexo 15. Planos ubicación de agujeros para pernar piezas.....	55
Anexo 16. Ubicación de piezas en la estructura.....	55
Anexo 17. Planos de ubicación de agujeros para pernar piezas.....	56
Anexo 18. Plano platina de sujeción al piso.....	56
Anexo 19. Plano apoyo eje deslizante.....	57
Anexo 20. Plano eje excéntrico.....	57
Anexo 21. Parametros de los engranajes diseño mesa gravitacional.....	58
Anexo 22. Engranajes diseño mesa wilfley.....	58
Anexo 23. Planos engranaje 20 dientes.....	60
Anexo 24. Planos engranajes 35 dientes.....	60

GLOSARIO

ALUVIÓN: Es material transportado y depositado transitoria o permanentemente por una corriente de agua.

ASTM: Es un organismo de normalización de los Estados Unidos de América. La ASTM está entre los mayores contribuyentes técnicos del ISO, y mantiene un sólido liderazgo en la definición de los materiales y métodos de prueba en casi todas las industrias

CLEANER: etapa del proceso de concentración en donde limpia los materiales más ligeros.

COLAS (MINERÍA): Concentrados de procesos mineros que usualmente contienen tierra, minerales, agua y rocas.

CONSOLIDATION TRICKLING: Principio de reordenamiento por consolidación y aceleración asimétrica.

DAGNY TAGGART: Es la protagonista de “La Rebelión de Atlas” (Atlas Shrugged), obra maestra de Ayn Rand, autora norteamericana de origen ruso cuya influencia la convierte en una de las intelectuales más brillantes del siglo XX.

DECK: cubierta mesa de wilfley.

DUREZA HB: Se denomina dureza Brinell a una escala de dureza del material mediante el método indentación, siendo el método de dureza más antiguo.

FLUJO LAMINAR: Se le denomina al movimiento de un fluido cuando este es ordenado, estratificado, suave. El fluido se mueve en láminas paralelas sin entremezclarse y cada partícula sigue una trayectoria suave llamada línea de corriente.

FUERZA DE GRAVEDAD: Fuerza de atracción ejercida por la tierra para todos los cuerpos hacia su centro.

GANGA: La ganga es el material que se descarta al extraer la mena de un yacimiento de mineral, por carecer de valor económico o ser demasiado costoso su aprovechamiento.

GIAM: Grupo de investigación e innovación ambiental.

GRAVITACIONAL: Refiere a la fuerza de gravedad.

HINDERED SETTLING: Principio de obstrucción de Libre asentamiento de las partículas.

JIG: Método de separación gravimétrica poco usado por su alto consumo de agua, baja disponibilidad, alta dependencia del operario y falta de seguridad. Son cribas, tamices o rejillas sumergidas en un fluido, que le imprime movimiento vertical a las partículas a clasificar, de tal forma que por efecto de la diferencia en su densidad, experimenten aceleración diferencial y por lo tanto las partículas más densas se depositan en el fondo (en contacto con la rejilla), mientras que las más livianas se depositan en la parte superior, formando estratificaciones fácilmente separables.

LUTITA: La lutita es una roca sedimentaria detrítica o clástica de textura pelítica, variopinta; es decir, integrada por detritos clásticos constituidos por partículas de los tamaños de la arcilla y del limo.

MENA: Material proveniente de mina para ser tratado y concentrado por la mesa wilfley.

MESA WILFLEY: Máquina encargada de concentrar minerales por vibración.

MICA: Mineral formado por varias láminas delgadas, brillantes, blandas y flexibles, que se utiliza como aislador eléctrico.

MOVIMIENTO LONGITUDINAL: Movimiento que realiza la mesa wilfley cuando está en funcionamiento.

PESO ESPECIFICO: Es el vínculo existente entre el peso de una cierta sustancia y el volumen correspondiente. Puede expresarse en newton sobre metro cúbico (en el Sistema Internacional).

RIFLES: Estrías ubicadas en la parte superior, cubierta de la mesa wilfley que permite la correcta separación de las partículas procesadas al momento de agitar la máquina.

ROUGHER: Etapa del proceso de concentración más áspero en el sistema.

SIA: Semillero de Investigación Ambiental.

SULFUROS POLIMETÁLICOS: Concentrados de procesos mineros.

TAMIZADO: Selección de tamaño de partículas del material a procesar.

RESUMEN

El grupo de investigación e innovación ambiental GIIAM y el semillero de investigación SIA trabajan en proyectos altamente relacionados con la minería del oro, en los cuales se pretende mejorar las condiciones de operación y los métodos de tratamiento de los sulfuros polimetálicos buscando llegar a resultados en los cuales se mejore el beneficio del preciado metal. El presente escrito nos sirve para dar un primer paso en la construcción de un entable minero a escala de laboratorio para el grupo de investigación e innovación ambiental GIIAM, perteneciente a la Institución Universitaria Pascual Bravo, por medio de la propuesta del diseño de una mesa de concentración gravimétrica Wilfley.

INTRODUCCIÓN

En el presente proyecto se expone una propuesta de diseño de una mesa de separación gravimétrica wilfley para concentración de sulfuros polimetálicos provenientes de la industria de la minería del oro; la separación o concentración gravimétrica es uno de los métodos más antiguos y que actualmente se sigue utilizando en el procesamiento de minerales. Los pesos específicos de cada elemento existente, hacen que estos naturalmente se diferencien unos de otros y en los procesos mineros son algo fundamental para la obtención de sulfuros polimetálicos.

La mesa Wilfley aprovecha los movimientos longitudinales vibratorios y un flujo de agua constante que permite la separación de los sulfuros polimetálicos. Se plantea un diseño de mesa Wilfley en el cual se pueda disminuir la cantidad de agua utilizada en el proceso. Y así lograr que la mesa tradicional ofrezca al proceso algo de sostenibilidad. Para hacer lograr que la mesa Wilfley sea parte de un proceso sostenible se propone, desde el diseño mecánico, la factibilidad para la construcción de una mesa tradicional a la cual se le agregará un módulo que permita el filtrado y la reutilización del agua en el proceso de concentración de minerales para el beneficio del oro. También, el diseño de la mesa Wilfley será de gran importancia para el grupo de investigación ambiental GIIAM, perteneciente a la Institución Universitaria Pascual Bravo, pues la presente propuesta nace como respuesta a la necesidad de la construcción de un entable minero a escala laboratorio el cual facilite las actividades de investigación del grupo.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El crecimiento de la industria minera en Colombia, especialmente en el departamento Antioqueño ha afectado innumerables familia, cantidades de bosques y agua ya que las prácticas mineras son bastante nocivas para la sociedad y la gestión ambiental por esto se propone que esta industria sea más amigable con el ambiente y la comunidad. También, el diseño de la mesa Wilfley será de gran importancia para el grupo de investigación ambiental GIIAM, perteneciente a la Institución Universitaria Pascual Bravo. La presente propuesta nace como respuesta a la necesidad de la construcción de un entable minero a escala de laboratorio el cual facilite las actividades de investigación del grupo.

1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Con este diseño de mesa wilfley se resuelve una falencia que el pascual bravo tiene para poder que los estudiantes realicen correctamente sus investigaciones relacionadas con la minería?

2. JUSTIFICACIÓN

El diseño de la mesa Wilfley será de gran importancia para el grupo de investigación ambiental GIIAM pues la presente propuesta nace como respuesta a la necesidad de la construcción de un entable minero a escala laboratorio el cual facilite las actividades de investigación del grupo, también para el semillero de investigación SIA es importante la implementación de una mesa gravitacional wilfley la cual permitirá fortalecer la capacidad de investigación técnica ahorrando tiempos y costos de transporte sabiendo que el grupo de investigación ambiental GIIAM no cuenta con las instalaciones necesarias para la ejecución de actividades propias del proyecto.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Hacer el diseño de una mesa gravitacional wilfley.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisión bibliográfica sobre mesas gravitatorias.
- Realizar un Prediseño de mesa wilfley.
- Seleccionar los materiales con las propiedades adecuadas para la construcción de la mesa.
- Diseñar pieza por pieza de la mesa en el programa Autodesk inventor.

4. REFERENTES TEÓRICOS

4.1 MESA GRAVIMÉTRICA

Mesa de vibración para la separación por gravedad, también llamada mesa de concentración, es una aplicación para la separación de minerales finos, trabaja por diferencia de gravedad de los minerales; el proceso es muy preciso y puede ser aplicado para separación de varios tipos de minerales principalmente usada para: oro (au), plata (ag), hierro (fe), plomo (pb), zinc (zn), mercurio (hg), cobre (cu), aluminio (al) etc.¹

. Ilustración 1. Mesa gravimétrica



Fuente: <http://grupoleforme.com.mx/wp-content/uploads/2013/11/1-130531144043.jpg>

Las mesas concentradoras son aparatos de concentración gravimétrica con flujo laminar sobre una superficie inclinada. La mesa con movimiento longitudinal vibratoria (mesa wilfley) está muy difundida principalmente en la minería del oro, estaño y wolframio. Las mesas vibratoras permiten una amplia variación en sus parámetros operativos y, de esta forma, se pueden adaptar al

¹ <http://grupoleforme.com.mx/index.php/mesas-concentradoras-gravimetricas/>

material de alimentación correspondiente. Debido a que el proceso de concentración se lleva a cabo a simple vista sobre la tabla de la mesa, cualquier cambio en los parámetros (inclinación longitudinal y transversal, cantidad de agua, etc.) resulta en cambios en el comportamiento del material, que pueden ser visualizados inmediatamente.²

También los métodos de separación por gravedad (concentración gravitacional) se usan para tratar una gran variedad de materiales, entre los cuales podemos encontrar sulfuros polimetálicos pesados como la galena, el carbón, el oro. En algunos casos con tamaños de partículas inferiores a 25 micrones³.

Tabla 1. Tamices granulométricos

Abertura en pulgadas		Abertura en micrones		A.S.T.M	Micrones	Tyler	A.S.T.M	Micrones	Tyler
1/8"		3175		2	10000	2	40	420	35
1/4"		6350		3 1/2	5660	3 1/2	45	350	42
3/8"		9525		4	4760	4	50	297	48
1/2"		12700		5	4000	5	60	250	60
5/8"		15875		6	3360	6	70	210	65
3/4"		19050		7	2830	7	80	177	80
1"		25400		8	2380	8	100	149	100
1 1/4"		31750		10	2000	9	120	125	115
1 1/2"		38100		12	1680	10	140	105	150
1 3/4"		44450		14	1410	12	170	88	170
2"		50800		16	1190	14	200	74	200
2 1/2"		63500		18	1000	16	230	62	250
3"		76200		20	840	20	270	53	270
				25	710	24	325	44	325
				30	590	28	400	37	400
				35	500	32	500	25	500

Fuente: <http://www.reyronzoni.com.ar/tabla.htm>

Los métodos de separación gravitacional perdieron importancia en la primera mitad del siglo debido al desarrollo del proceso de flotación en espuma en los cuales procura separar las partículas de menas útiles de estériles o gangas, mediante un tratamiento físico químico que modifica su tensión superficial para lograr que burbujas de aire finalmente divididas se adhieran a las primeras y las enriquezca en una espuma.... Sin embargo, la separación por gravedad ha tenido avances muy significativos en los últimos años, por lo cual su aplicación y uso se han incrementado notoriamente. Este tipo de separación permanece como el principal método de concentración para menas de oro, estaño y otros minerales de alto peso específico.

La concentración por gravedad es, esencialmente, un método para separar partículas de minerales de diferente peso específico debido a sus diferencias de movimiento en respuesta a las acciones que ejercen sobre ellas,

²http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:jce2ZifafCkJ:www.regionarequipa.gob.pe/arma/index.php%3Fopcion%3Dcom_joomdoc%26task%3Ddoc_download%26gid%3D44%26Itemid%3D+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=co

³<http://www.metalurgia.uda.cl/apuntes/Pavez/APUNTES%20%20DE%20CONCENTRACION%3%83%E2%80%9CN%20DE%20MINERALES%20II.pdf>

asentamiento de la partícula (hindered settling), reordenamiento por consolidación (consolidation trickling), y aceleración asimétrica.⁵

4.2.1 Fenómeno de película de flujo laminar

Es el resultado de la velocidad diferencial de una película de flujo líquido, siendo la máxima velocidad cerca del tope de la película, y es casi nulo en el fondo. Este tipo de concentración da como resultado de que partículas gruesas y de baja densidad sean movidas, por la capa superior de este flujo, moviéndose consecuentemente a la máxima velocidad. Por el contrario, partículas finas de elevada densidad se presentan en el fondo de este fluido y se mueven con mínima velocidad. Las partículas gruesas de alta densidad y las finas de baja densidad se mueven a una velocidad intermedia en la mitad de la capa de la película líquida.⁶

4.2.2 Principio de obstrucción de Libre asentamiento de las partículas (hindered settling)

Es un proceso de selección debido a la gravedad específica de las partículas que están sobre la mesa cuando la suspensión de las partículas densamente empaquetadas se concentra entre los rifles y son suspendidas verticalmente por el flujo. La clasificación resultante de las partículas es similar a la obtención por el principio anterior.⁷

4.2.3 Reordenamiento por consolidación (consolidation trickling)

Es un fenómeno que ocurre subsecuentemente al fenómeno de interrupción a libre asentamiento de las partículas, por el que las partículas finas continúan colándose entre los espacios porosos de las partículas más gruesas, después de que estas se han asentado.

4.2.4 La aceleración asimétrica

Es el resultado del movimiento recíproco asimétrico impartido a la superficie de la mesa, el cual provoca un movimiento intermitente de los sólidos que descansan en la superficie de la mesa.

En operación, una mezcla de minerales sólidos triturados y agua es alimentada en la parte superior de la mesa gravimétrica. A medida que la mezcla lodosa va moviendo a través de la mesa, este es atrapado y llena de agua los espacios los sitios detrás de los rifles longitudinales del deck. La

⁵ <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3342/1/5864.pdf>

⁶ Van Thournout Frank Merlyn M. Nuevo modelo metalogenico en portovelo, revista minera Ecuatoriana No. 2 (febrero 1990) PP. 17-19.

⁷ R.J. Adamson, editor, Gold Metallurgy in South Africa (Reprinted 1983) PP. 1-284.

acción vibradora diferencial de la mesa causa clasificación por tamaño así como estratificación debido a la gravedad específica de las partículas. Como resultado se obtiene que partículas de gravedad específica similares se comiencen a ordenar verticalmente de acuerdo a su tamaño.

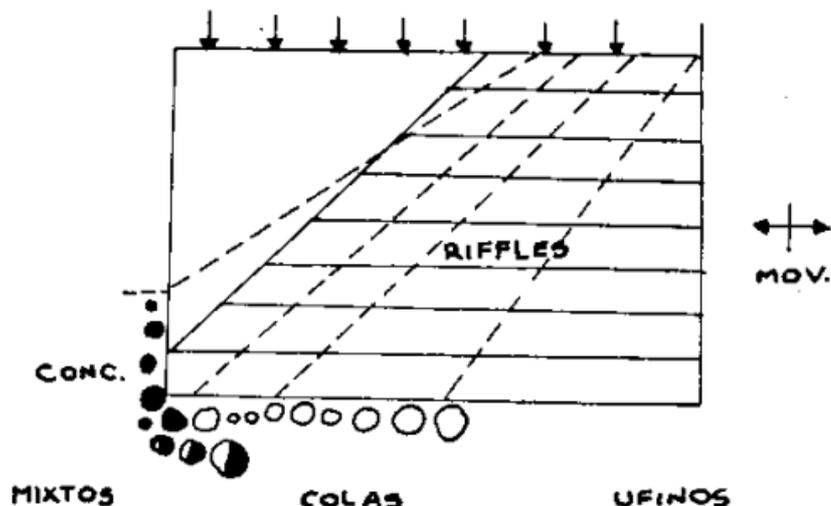
Una vez que la capa es formada la adición de más material y agua hace que la acción del flujo transversal del agua cause arrastre en las capas superiores de las partículas estratificadas, forzando a las partículas gruesas y de baja gravedad específica a remontar los rifles y viajar hacia el lado más bajo de la mesa concentradora.

La altura de los rifles y el de la capa de las partículas decrecen desde el extremo de alimentación hasta el extremo de descarga y como resultado se obtiene una concentración continua del tipo de flujo laminar por el cual las partículas más finas y de alta densidad se mueven longitudinalmente a lo largo de los rifles de la mesa.

El mecanismo del movimiento diferencial esta diferenciado de tal manera que a final del golpe hacia atrás (la mesa se mueve hacia la alimentación), la mesa y las partículas sobre su superficie se encuentran momentáneamente en reposo. La mesa recibe una aceleración hacia delante, hasta que al final del golpe el sentido del movimiento es rápidamente revertido. Las partículas sobre la superficie de la mesa y que se mueven con ella en el golpe hacia adelante se deslizaran con ella manteniendo el sentido del movimiento hacia adelante debido a su inercia, mientras que la mesa revierte su sentido de movimiento comenzando su hacia atrás. Así, las partículas siempre viajan al extremo de descarga de la mesa.

El tamaño ideal y la estratificación (debido a la gravedad específica) por peso del accionar de la mesa descrita se muestran en las figuras 2 y 3.

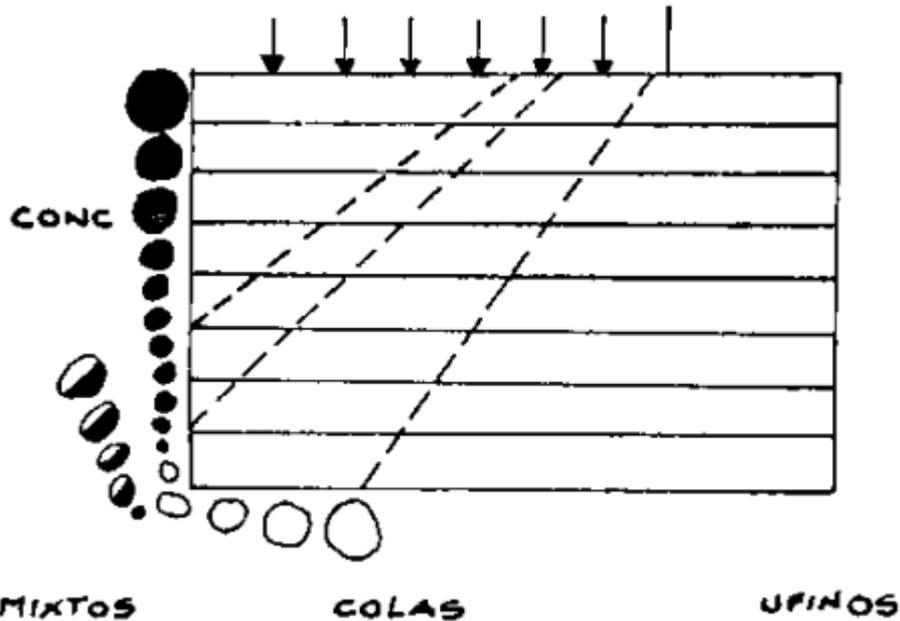
Ilustración 2. Aceleración asimétrica



Fuente: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3342/1/5864.pdf>

⁸ <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3342/1/5864.pdf>

Ilustración 3. Aceleración asimétrica



Fuente: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3342/1/5864.pdf>

La altura, la colocación de los rifles, y regularidades en tasa de alimentación, la superficie de la mesa el movimiento de la mesa, la alimentación de agua y la distribución, todos ellos ejercen influencias que modificaran el comportamiento idealizado de la pulpa alimentada. La presencia de mixtos y de fino y una marcada diferencia en tamaño, forma y porosidad de las partículas, también afecta el accionar de la mesa.

4.3 FACTORES DE OPERACIÓN DE LA MESA

Para obtener una buena concentración sobre la mesa wilfley, hay que poner atención especial en varias condiciones de operación. Relación de agua, sólido de alimentación y tamaño de alimentación.

Los factores son interdependientes y para que los cambios de uno u otro no afecten ay que estudiar la mecánica total de la mesa.¹⁰

4.3.1 Gravedad específica

La vibración de la mesa separa de la pulpa, partículas de mineral cuando existe una diferencia relativa entre la gravedad específica de mineral y la ganga.

⁹ <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3342/1/5864.pdf>

¹⁰ PINAYA F. ÁNGEL. Tratamientos hidrometalurgico de minerales complejos conteniendo metales preciosos (oro y plata) Corporación Minera de Bolivia. Subgerencia de proyectos, 1984. PP. 1-3

La efectividad y velocidad de separación depende del rango de tamaño y forma de las partículas; y sobre todo de la diferencia relativa de las gravedades específicas entre una y otra partícula.

Poco rango y tamaño no gobiernan la separación, como al menos lo logra la diferencia de una unidad de gravedad específica entre dos materiales, notables excepciones para esta regla se dan cuando las partículas a ser separadas son marcadamente diferentes, como carbón y lutita o mica y ganga granular, y cuando las partículas difieren solamente en tamaño como lanas lodosas y material granular.¹¹

4.3.2 Rifles

Las mesas son de dos tipos básicos: mesas o deck de arena, las cuales se caracterizan por rifles de especificativo espesor y un sistema de ellos necesario para optimizar el proceso de partículas de tamaño de arena o un poco superior, y mesas de deck de limos, los que se caracterizan por rifles de no muy significativo espesor para minimizar la disturbancia en una capa de partículas finas y así permitir el salto de agua necesario para remover el material de baja densidad. Los rifles deben ser espesos en la alimentación para asegurar estratificación. El espesor de los rifles debe decrecer desde la alimentación hasta la descarga de la mesa, para así permitir el desalojo de partículas de baja densidad. El espacio de rifle a rifle debería ser al menos tres veces el ancho como el diámetro de la partícula tratada, para así prevenir estancamiento por atascamiento.

Además los rifles ayudan a retener los pesados en la mesa, como transmitir una acción estratificadora más efectiva a la pulpa y también proporciona una variación del flujo inicial para de esta forma, clasificar el material entre los rifles mediante un flujo turbulento.¹²

4.3.3 Capacidad

La capacidad de la mesa tanto para menas metálicas, o no metálicas está determinada por el tamaño y gravedad específica del material. La capacidad de las mesas para lavado y clasificación de carbón es mucho mayor que para minerales, porque el promedio de tamaño de las partículas de carbón es mayor que la de minerales, y aun mas, la densidad del carbón es menor que la densidad promedio de muchos minerales. Ya que a partículas que presentan mayor área al flujo de agua es de baja densidad es más rápido el movimiento que le produce dicho flujo.

La capacidad también depende de la tasa de recuperación, que a su vez está relacionada con el criterio de concentración, tamaño relativo de las partículas y el grado de liberación.¹³

¹¹ <http://supplier.sportganize.com/mesa-concentradora-de-oro.html#>

¹² PIMENTEL DIEGO. Estudios Metalúrgicos para la recuperación de estibinas. Yacimiento Loma Larga (Tesis, Facultad de Ingeniería en ciencias de la Tierra E.S.P.O.L., 1990)

4.3.4 Velocidad y golpe

La longitud y frecuencia del golpe son variables dependientes. Para alimentación gruesa se recomienda un golpe largo y baja velocidad, así como golpes cortos y alta velocidad se usan para arenas finas y limos.

Los diseñadores de mesas gravimétricas recomiendan un rango de 230 a 285 rpm y 1 ¼ a ¾ pulgadas de tamaño para finos. El criterio sirve para menas y carbón.

Cuando las diferencias de densidad de un mineral con impurezas asociadas, es mínimo, se requiere un golpe largo.

La longitud y frecuencia del golpe son viceversas para mantener una misma velocidad de rehusar el viaje hacia la descarga.

4.3.5 Inclinación

La inclinación de la mesa se subdivide en longitudinal y lateral. La inclinación longitudinal se le mide en dirección en dirección paralela a la diagonal mayor de la mesa y la inclinación lateral se mide en dirección paralela a la diagonal menor del deck.

La pendiente debe ser la mínima para que permita buena distribución del material en la mesa. Una mayor inclinación se da cuando el material es grueso o cuando hay deficiencia de agua. Hay que tener cuidado al dar mayor pendiente ya que el material tiende a bajar con menos clasificación.

4.3.6 Consumo de agua

El consumo de agua depende del tamaño de la alimentación y del tipo de operación de clasificar o limpiar el material. Para clasificar se requiere por lo menos 700 galones por tonelada de mena. Para limpiar se utiliza más agua, tanto como 1000 galones por tonelada. Para tratar limos se requiere de 800 a 1000 galones por tonelada.¹⁴

4.3.7 Mantenimiento

La causa principal de mantenimiento es el cambio de rifles y cubierta de la mesa. Pero hay que considerar que el caucho con que son fabricadas estas partes hace que tengan vida larga. Puede ser diez años con trabajo constante. El paso del tiempo solamente no le afecta mucho.¹⁵

¹³ AUSTIN, KLINPEL, LUCKIE, Process Engineering of Size reduction: Bvll Hilling (New York, S.M.E of de American Institute of Mining Netalurgical and Petroleum Engineers, Inc. 1984) PP 1-58.

¹⁴ KIRBE R and W.A.C. NEWMAN. The Metallurgy of gold (Bouder, 7 th edition reprinted 1986) PP. 298-533.

¹⁵ ARENAS ALONSO. Apuntes de Hidrometalurgia del Oro y la Plata (Antofagasta: Universidad del Norte, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química Metalurgia, 1983) PP. 1-91.

4.4 MESA VIBRATORIA WILFLEY

Las mesas vibratorias son equipamientos de concentración que actúan a través de superficies con movimientos acelerados asimétricos, combinados muchas veces con el principio de flujo laminar.

En 1985 fue lanzada la mesa de Wilfley que vino a constituirse en el principal modelo de mesa vibratoria. Efectivamente, solamente después de la constatación de su eficiencia el uso de la mesa fue propagado y surgieron nuevos modelos. Algunas de estas mesas vibratorias se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Modelos de mesas gravimétricas Holman Wilfley

Table	Capacity (Kg/hr)	Deck Dimensions (mm)		Motor Power (KW)
		Conc Edge	Tail Edge	
	(Particle Size Dependent)			
Holman 800	<75	640	1280	0.37
Holman 2000	<450	1085	2646	1.5
Holman 3000	<850	1085	2646	1.5
Wilfley 7000	<2500	1585	4180	2.2
Wilfley 7000 (Double Deck)	<5000			2.2 (x2)
Holman 8000	<2500	1600	4900	1.5
Holman 8000 (Double Deck)	<5000			1.5 (x2)

Fuente: <http://www.holmanwilfley.co.uk/shaking-table-products.htm>

La mesa de Wilfley tuvo como principal modificación el recubrimiento parcial del tablero con “rifles” paralelos al eje longitudinal que permitió el tratamiento de la alimentación gruesa y aumentó su capacidad. Los “rifles” fueron introducidos con las siguientes finalidades: formar espacios donde ocurra la formación de una capa de sedimentación y separación, ocultar las partículas pesadas para la transmisión de las vibraciones; exponer las partículas grandes y livianas al flujo transversal de agua de lavado después de la separación. La mesa Wilfley dispone de un mecanismo que proporciona un movimiento de vibración lateral diferenciado en sentido transversal al flujo de pulpa que causa el desplazamiento de las partículas a lo largo de los “rifles”.

Los “rifles” tienen las siguientes funciones:

- Retener las partículas pesadas en el fondo.
- Transmitir efectivamente la acción de separación del “deck” a la pulpa.
- Tornar el flujo turbulento para producir la separación entre las partículas.

4.4.1 Variables del diseño mesa wilfley

- Dimensiones y ángulos de inclinación de los rifles: 5mm x 5mm empezando por 5mm de alto y terminando a ras de la cubierta
- Fricción en la superficie de la cubierta (deck): Cubierta con el menor coeficiente de fricción.

- Amplitud de movimiento lateral y frecuencia: Longitud de golpe de 10mm a 25mm y oscila entre 250 y 300 rpm.
- Flujo laminar: 38 a 83 lt/min
- Flujo en la alimentación: 11 a 45 lt/min.

4.4.2 Control de operaciones mesa wilfley

- Variador de velocidad.
- Control de inclinación.
- Controlador de presión.
- Encendido del sistema.
- Inclinación de la mesa
- Densidad de la pulpa alimentada
- Caudal del agua de lavado
- Ubicación del punto de alimentación¹⁶

Los factores que hay que vigilar, para que el proceso de concentración se desarrolle adecuadamente son:

- **Movimiento vibrante horizontal:** Carrera lenta hacia adelante y carrera rápida hacia atrás. 250-300 golpes por minuto. longitud del recorrido de 10 – 25 mm.
- **Flujo de agua:** 75 % agua de la alimentación, 25 % agua de lavado.
- **Pendiente de la mesa:** La mesa está inclinada ligeramente hacia la zona de rechazo (concentrado de mineral). la mesa está ligeramente elevada a lo largo de la línea de movimiento desde el extremo de la alimentación hasta el extremo del concentrado.
- **Rifles:** Su altura y espaciado son variables importantes. Obstaculizan el avance de las partículas pesadas.¹⁷

4.4.3 Tipos de movimiento mesa wilfley

Especialmente se habla de un movimiento longitudinal vibratorio en donde las partículas del minera experimentan una separación la cual se diferencia formando bandas en abanico ya que sus pesos específicos son la clave de dicha separación.

¹⁶ <http://www.holmanwilfley.co.uk/shaking-table-products.htm>

¹⁷ <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3342/1/5864.pdf>

4.4.4 Ventajas mesa wilfley

- Descarga continua de productos.
- Permite obtener toda una gama de productos (concentrados, mixtos, colas).
- Comportamiento visible del material sobre el tablero.
- Costo relativamente bajo (de producción local).
- Manejo y supervisión relativamente simple.
- Posibilidad de recuperar otros minerales valiosos acompañantes.
- Alta seguridad en las condiciones de trabajo.
- Buena recuperación y un alto índice de enriquecimiento (poco uso de agua y energía).
- Posibilidad de su producción en países en desarrollo.

4.4.5 Desventajas mesa wilfley

- Precios relativamente altos (en relación a su capacidad).
- Requiere alimentación constante (si no, la posición de los rifles varían demasiado sobre el tablero).
- Requiere supervisión continua.
- Requiere motor.

4.4.6 Campos de aplicación

Principalmente se usa en la recuperación de oro contenido en las colas (material sobrante de mina), ayudando a explotar al máximo todo tipo de material contenido en arenas ricas en sulfuros polimetálicos obteniendo subproductos como piritas, calcopirita, galena y arsenopirita. Con la aplicación de este tipo de sistema se puede dar un valor agregado a la producción minera ayudando a que esta sea más amigable con la naturaleza permitiendo dar un paso significativo a las buenas prácticas ambientales tan necesarias para la conservación de nuestro planeta.¹⁸

4.4.7 Procedimiento

Para el desarrollo de concentración se toma una muestra del material previamente tamizado y clasificado, posteriormente se realiza la adecuada inclinación de la mesa. Calculando la presión del agua y velocidad del golpe.

Esto se calcula por tanteo ya que la consistencia del material de beneficio no siempre es igual, a medida que se va trabajando con la mesa los parámetros de lavado se optimizan para la obtención de un buen concentrado.

Para la concentración el material debe ser antes debidamente triturado y tamizado para así garantizar la optimización del lavado que se efectúa luego de obtener el tamaño de partículas deseado, depositándolo en el alimentador y ofreciéndole la cantidad de agua apropiada para que este se desplace por la

¹⁸ <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3342/1/5864.pdf>

mesa y junto con la vibración causada por las sacudidas separar las partículas más pesadas de las más ligeras.

5. METODOLOGÍA

5.1 MÉTODO

Diseño mecánico apoyado en la revisión bibliográfica, análisis de equipos existentes, etapa de diseño y selección de materiales desde sus propiedades.

5.2 PROCEDIMIENTO

- Hacer un análisis de los equipos existentes.
- Revisión bibliográfica.
- Hacer una recopilación acerca del tipo de parámetros mediante los cuales opera una mesa wilfley.
- Hacer el diseño pieza por pieza del sistema en Autodesk
- Selección de materiales que será utilizados en la construcción de la mesa wilfley desde el análisis de sus propiedades.
- Conseguir los elementos mecánicos que conforman el sistema gravitacional wilfley.
- Conectar todo de acuerdo a lo establecido por el diseño.

5.2 TIPO DE PROYECTO

Diseño mecánico mesa gravitacional wilfley.

Este proyecto nace como respuesta a la necesidad de la construcción de un entable minero a escala de laboratorio sobre la idea de que brinde conocimiento al estudiante y poder implementar herramientas más técnicas facilitando la indagación de innumerables preguntas que nacen en el momento de investigar.

5.3 PLAN DE TRABAJO

Visitar a la u de A para conocer la única mesa wilfley existente en Medellín con el fin de determinar cómo fue desarrollada, como funciona y en que se puede mejorar, recopilar toda esa información nos dará una orientación para pasar al diseño mecánico de la mesa wilfley; con ayuda del programa Autodesk inventor. Construir el diseño mecánico de la mesa wilfley de acuerdo a nuestros estudios y someter a pruebas rigurosas con ayuda del programa inventor para comprobar su correcto funcionamiento de todos sus mecanismos.

6. RESULTADOS DEL PROYECTO

6.1 TRASCENDENCIA DEL DISEÑO DE LA MESA WILFLEY

El diseño de la mesa wilfley dará inicio a la construcción de un entable minero a escala laboratorio, el cual facilitará parte de las actividades de investigación realizadas por el Grupo de Investigación e Innovación Ambiental GIIAM; de esta manera también se verán beneficiados los estudiantes de institución

Universitaria Pascual Bravo pues el participar en estos procesos de diseño y construcción de laboratorio fortalecerá sus capacidades.

Ilustración 4. Laboratorio de minería



Fuente: minera Santa cruz

Ilustración 5. Soporte deck U de A



Fuente: Propia

Ilustración 6. Mecanismo mesa U de A



Fuente: Propia

Ilustración 7. Mesa wilfley U de A

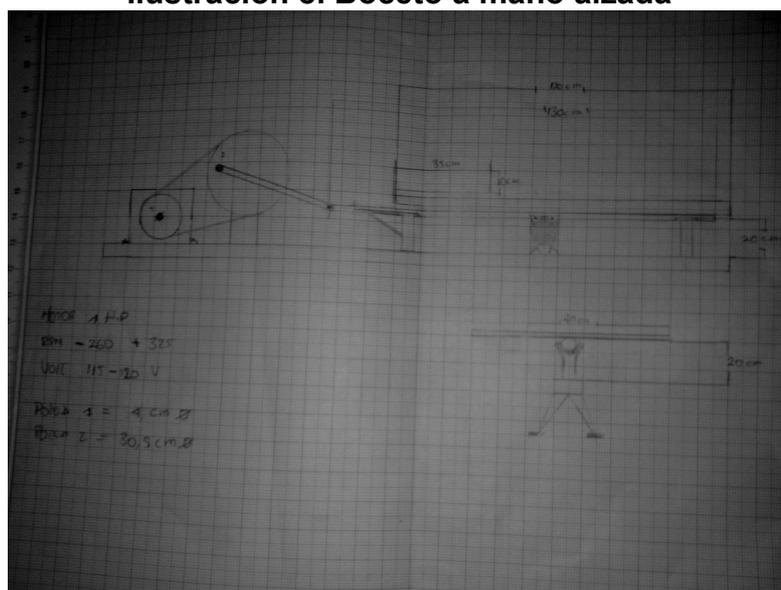


Fuente: Propia

6.2.1 Indagacion de informacion para el pre diseño

La mayoría de información fue obtenida por revistas mineras, tesis de grados y el internet. Una vez fue clara toda la información se realizó una serie de bocetos que permitieron aclarar varios temas de diseño.

Ilustración 8. Boceto a mano alzada



Fuente: Propia

6.2.2 lista de materiales y piezas necesarias para la construcción del diseño

Al escoger los materiales se tuvo en cuenta toda la información que fue obtenida. El acero AISI 1020 con norma ASTM A108, dureza 111 HB, esfuerzo de fluencia 205 MPA, esfuerzo máximo 380 MPA, elongación 25%, reducción de área 50%, módulo de elasticidad 205 GPA y la maquinabilidad es de 72% (AISI 1212= 100%), fue escogido por que la resistencia al desgaste y al tener un núcleo tenaz es importante, ya que se puede utilizar para ejes de secciones grandes y que no estén muy esforzados, también se puede utilizar para engranajes, piñones, cadenas, tornillos y componentes de maquinaria. Se puede cementar para aumentarle la resistencia al desgaste y su dureza, mientras que el núcleo sigue siendo tenaz, se puede recocer a 870° C. Debido a su gran uso y propiedades de orden mecánico como la resistencia a la tracción, la fatiga, la tenacidad y alargamiento, se decidió estandarizar el diseño con este acero que es comúnmente fácil de conseguir y mecanizar.

El acero AISI 1045 con norma ASTM A108, dureza 163 HB, esfuerzo de fluencia 310 MPA, esfuerzo máximo 565 MPA, elongación 16%, reducción de área 40%, módulo de elasticidad 200 GPA y la maquinabilidad del 57% (AISI 1212= 100%), fue escogido por que utilidad para este acero es para piñones, ejes, cuñas, partes de maquinaria, herramientas agrícolas y remaches, por esto se decide estandarizar el 1045 en el diseño de la mesa y es fácil de conseguir.

Cuando se estandarizó los materiales para el diseño fue elegido el acero 1020 para maquinar los ejes de 25mm, ya que sus propiedades mecánicas cumplen los parámetros adecuados para hacer de la mesa algo duradero y mecánicamente apropiado, el acero 1045 solo se utilizó para construir los engranajes del sistema de inclinación teniendo como referencia sus propiedades mecánicas.

La fundición gris se utilizó para construir la chumacera ya es muy común en la ingeniería debido a su relativo bajo costo y su buena maquinabilidad, tiene baja resistencia a la tracción y ductibilidad por lo tanto su resistencia al impacto es prácticamente inexistente.

Tabla 4. Relación diámetro exterior para tubería PVC

TUBO	PSI	DIAMETRO
RDE 9	Resiste hasta 500 libras de presión.	1/2 "
RDE 11	Resiste hasta 400 libras de presión	3/4 "
RDE 13.5	Resiste hasta 315 libras de presión.	1/2 "
		1"
RDE 21	Resiste hasta 200 libras de presión.	3/4 "
		1 "

		1 ¼ "
		1 ½"
		2"
		2 ½"
		3"
		4"
		6"
RDE 26	Resiste hasta 160 libras de presión	1"
		1 ¼
		1 ½
		2"
		2 ½"
		3"
		4"
		6"
RDE 32.5	Resiste hasta 125 libras de presión	3"
		4"
RDE 41	Resiste hasta 100 libras de presión	2"
		3"
		4"
RDE 51	Resiste hasta 80 libras de presión.	3"
		4"
		6"

Fuente: <http://pradahermanos.com/paginas/tuberias.html>

Tabla 5. Estándar y espesor de tubería de acero al carbono Schedule

CAÑERIAS DE ACERO ASTM IMEL					
NORMA ASTM A-53 SCH 40 GRADO A Y B					
Diámetro Nominal	Diámetro Exterior (D)	Espesor Nominal	Peso Teórico	Presión de Prueba Kg/cm ²	
pulg.	mm.	mm(e).	Kg/m.	Grado A	Grado B
1/8	10,3	1,73	0,37	49,2	49,2
1/4	13,7	2,24	0,63	49,2	49,2
3/8	17,1	2,31	0,84	49,2	49,2
1/2	21,3	2,77	1,27	49,2	49,2
3/4	26,7	2,87	1,69	49,2	49,2
1	33,4	3,38	2,5	49,2	49,2
1 1/4	42,2	3,56	3,39	84,4	91,4
1 1/2	48,3	3,68	4,05	84,4	91,4
2	60,3	3,91	5,44	161,7	175,8
2 1/2	73	5,16	8,63	175,8	175,8
3	88,9	5,49	11,29	156,1	175,8
4	114,3	6,02	16,07	133,6	155,4
6	168,3	7,11	28,26	106,9	125,1

Fuente: <http://www.imel.cl/html-productos/conduccion-norma-astm-a53.html>

Tabla 6. Lista de materiales y piezas mesa wilfley

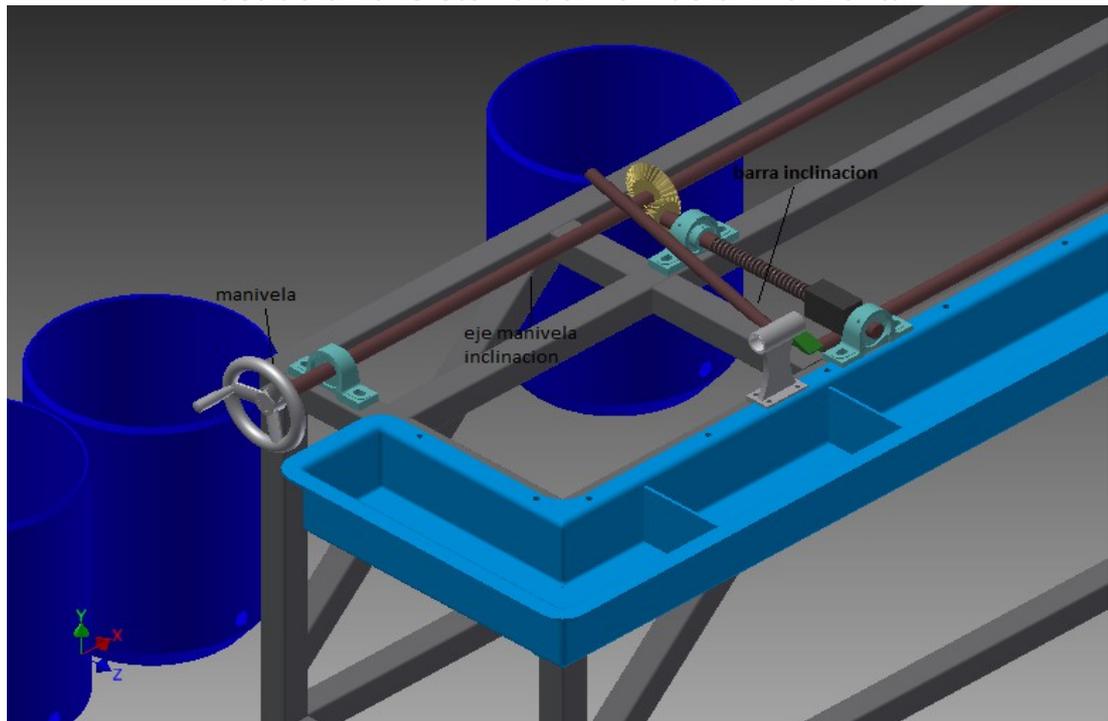
LISTA DE MATERIALES			
Item	Cantidad	Descripción	material
1	20m	Estructura (ISO 4019 tubería cuadrada)	acero ASTM A36
2	1	Motor eléctrico 1,5HP (1700RPM)	
3	2	Poleas de canal en V para eje de 23mm - 3in y 4in	aluminio
4	1	Eje excéntrico	acero SAE 1020
5	1	Cabeza de biela tipo zapata para eje de 25mm	comercial
6	1	Barra acopladora dia25mm x 181mm	acero SAE 1020
7	1	Pasador corredera dia25mm x 300mm	acero SAE 1020
8	1	Rótula para eje de 25mm	comercial angulo de 0 a 20°
9	1	Engranaje cónico 35 dientes para eje de 25mm	acero SAE 1045
10	1	Engranaje cónico 20 dientes para eje de 25mm	acero SAE 1045
11	8	Chumacera para eje de 25mm	acero fundido comercial
12	2	Eje roscado (rosca trapecoidal metrica ISO tamaño 26 designacion TR26X8)	acero 1045
13	16	Tornillo M12x90 completos	comercial grado 5
14	11	Tornillo M10x70 completos	comercial grado 5
15	8	Tornillo M8x80 completos	comercial grado 5
16	2	Soporte movimiento lineal	acero 1020, tubo acero carbono 1 1/2 sch 40
17	2	Barra apoyo lineal dia25mm x 245mm	acero 1020
18	6	Brida para eje de 25mm	comercial
19	1	Pasador sistema de inclinación dia25mm x 1115mm	acero 1020
20	2	Barra inclinación dia25mm x 400mm	acero 1020
21	1	Eje manivela inclinación dia25mm x 2000mm	acero 1020
22	1	Manivela manual para eje de 25mm	comercial
23	1	Cuba de alimentación	resina de polyester reforzado con fibra de vidrio
24	1	Cubierta	resina de polyester reforzado con fibra de vidrio
25	1	Tablón en madera 1957mm x 857mm x 30mm	madera plastica
26	1	Cuba recolectora	resina de polyester reforzado con fibra de vidrio
27	3m	Tubería PVC RDE21 de 3in	PVC
28	6	Codos PVC 3in	PVC
29	4m	Tubería PVC RDE21 de 1in	PVC
30	1	Tapón PVC hembra 1in	PVC
31	5	Codos PVC 1in	PVC
32	40cm	Manquera flexible 1in completa	plastico
33	3	Canecas 15gal	plastico
34	4	valvulas de bola 1in	Laton
35	1	Mottobomba 0,5HP, carga 1in, descarga 1in	

Fuente: Propia

6.2.3 Diseño pieza por pieza mesa wilfley.

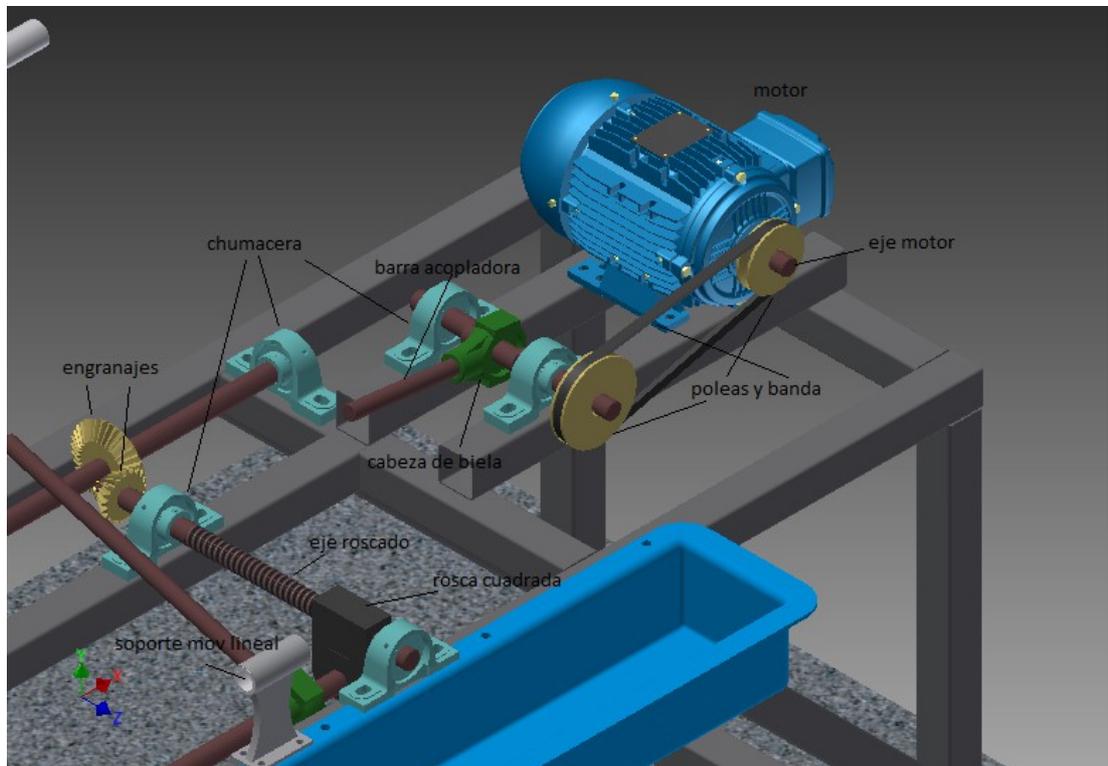
Con la correcta informacion y la ayuda de Autodesk inventor realizamos el diseño de cada pieza que normalmente en el mercado son poco comunes. Ay algunas piezas que solo se tubieron que identificar ya que en el mercado son faciles de conseguir. Los planos del proceso estan en lo anexos en los cuales esta reunido toda las piezas mecanicas del diseño de una mesa gravitacional wilfley. Tambien contamos con la ayuda de las ibrerias del programa y otras que encontramos en la web como traceparts que nos ayudo mucho porque muchas de las piezas que necesitabamos ya estan construidas y esta pagina nos brinda la facilidad poder trabajar con ellas

Ilustración 9. Sistema de inclinación horizontal



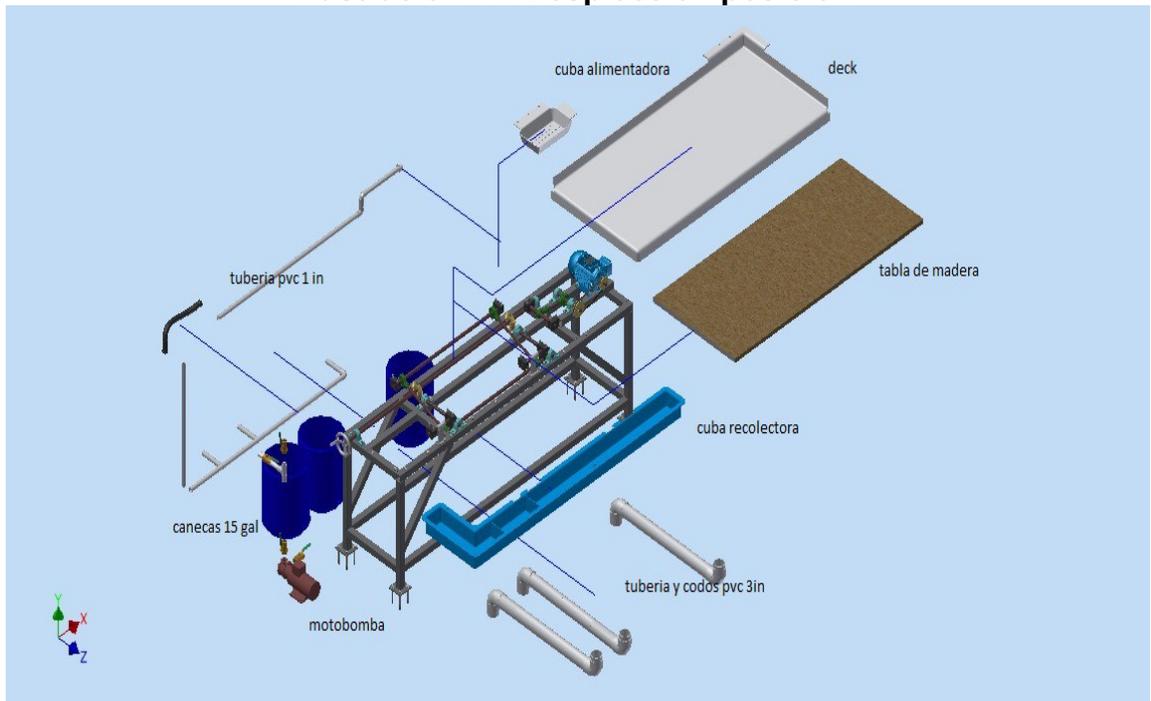
Fuente: propia

Ilustración 10. Mecanismos de movimiento



Fuente: Propia

Ilustración 11. Despiece en posición



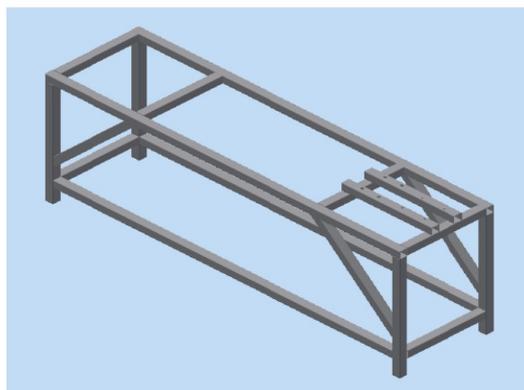
Fuente: Propia

6.2.4 Diseño estructura mesa wilfley.

Es una base solida que soportara el movimiento vibratorio, motor, sistema de inclinacion y todos los componentes que seran necesarios para el desarrollo de las actividades. El material utilizado en esta pieza es el acero ASTM A36 (ISO 50*50*2 tubería cuadrada) debido a sus grandes propiedades su punto minimo de cedencia es de 36000psi y es actualmente el acero mas utilizado en la construccion de puentes, edificios y diferentes estructuras en los anexos estan los planos con sus diferentes cotas para la construccion de la estructura.

Ilustración 12. Estructura

Estructura o chasis



Fuente: Propia

6.2.5 Motor Electrico 1,5 HP.

Motor de 1750 rpm, suficiente para realizar los movimientos necesarios en el sistema gravimétrico, comercial fácil de conseguir el cual lo tomamos como referencia de una mesa ya existente Holman Wilfley.

Ilustración 13. Motor

Motor 1.5HP, 1750rpm



Fuente: weg

6.2.6 Poleas de canal en V para eje de 23mm - 3in y 4in

Sistema que permite aumentar o disminuir el torque o fuerza de transmisión de eje conducido

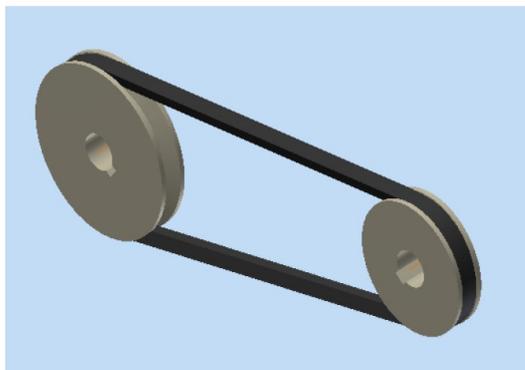
$$= 1700 \times 3 / 1300 = 4 \text{ in}$$

La distancia entre ejes se calcula con la siguiente fórmula: para la distancia mínima multiplicamos la suma de 2 poleas $(3+4) \times 0.7 = 5 \text{ in} = 127 \text{ mm}$

Para la distancia mínima multiplicamos la suma de $(3+4) \times 2 = 14 \text{ in} = 356 \text{ mm}$

Ilustración 14. Poleas de transmisión

Transmisión de potencia, banda y polea



Fuente: Propia

6.2.7 Eje excéntrico

Eje que permite el movimiento en el plano horizontal generando un movimiento vibratorio, permitiendo a su vez el flujo laminar en el deck. La excentricidad de este eje la sacamos de una síntesis en autodesk inventor con la necesidad de golpe y las RPM del motor. A continuación anexo datos técnicos de la chaveta

Ilustración 15. Eje excéntrico

Eje excéntrico 25mm

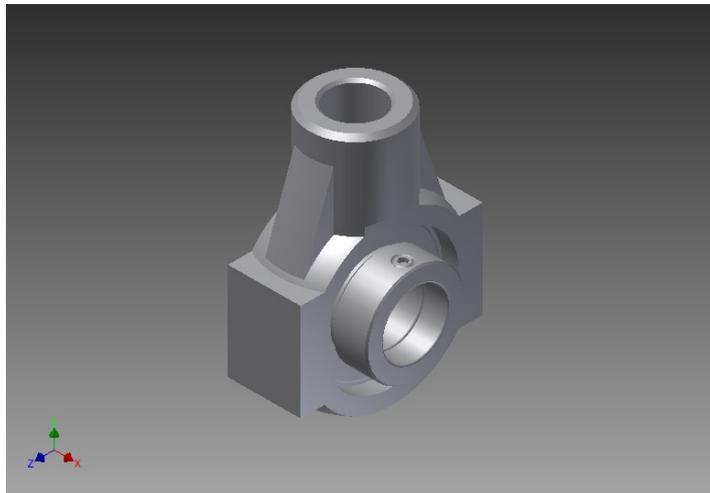


Fuente: Propia

6.2.8 Cabeza de biela tipo zapata para eje de 25mm

Comercialmente fácil de conseguir esta se utiliza en los extremos de los ejes para hacerlos solidarios con otros ejes.

Ilustración 16. Cabeza biela

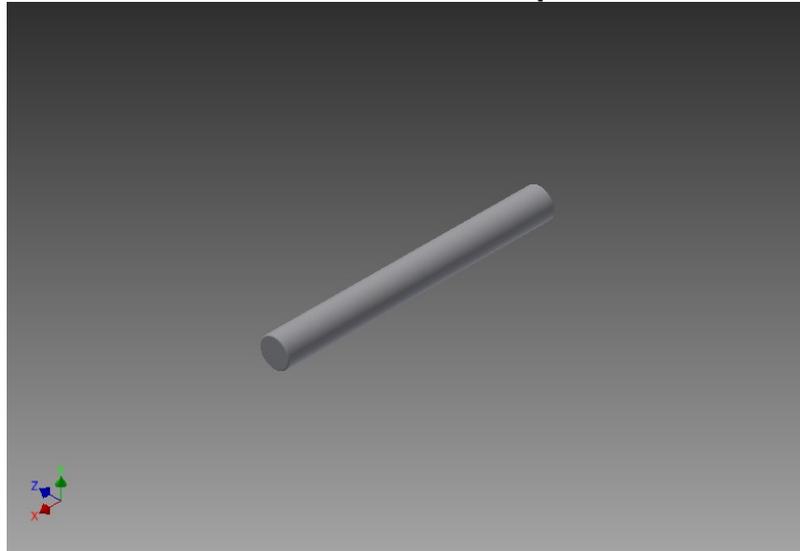


Fuente: <http://www.tracepartsonline.net>

6.2.9 Barra acopladora dia25mm x 181mm

Barra de acero 1020 comercialmente muy común encargada de unir el eje excéntrico con la rótula, su longitud fue realizada por parámetros propios del sistema.

Ilustración 17. Barra acopladora

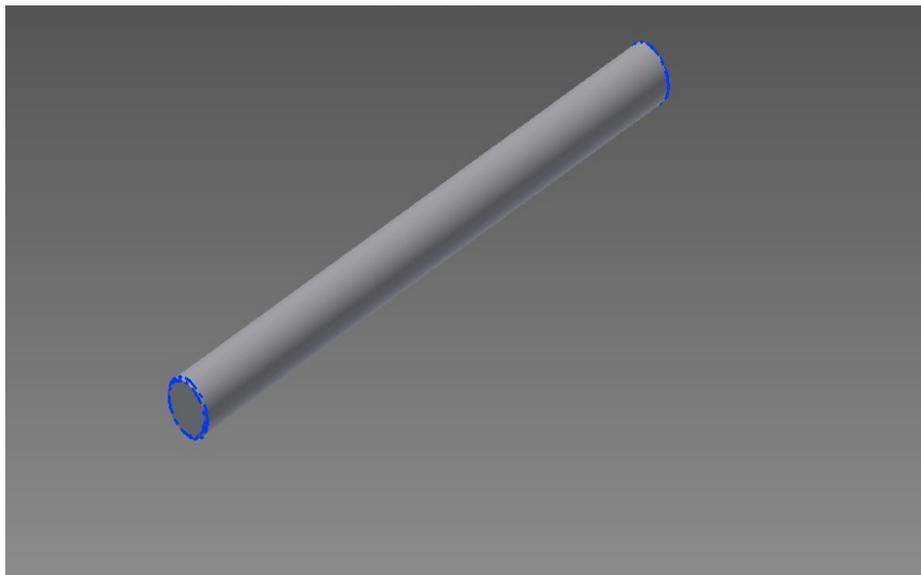


Fuente: Propia

6.2.10 Pasador corredera dia25mm x 300mm

Aseguramiento acople corredera fácil de conseguir en el mercado acero 1020 su longitud corresponde a las necesidades del diseño.

Ilustración 18. Pasador corredera



Fuente: Propia

6.2.11 Rótula para eje de 25mm

La rótula es la pieza que une el deck con el eje excéntrico permitiendo un relativo movimiento dentro de cierto ángulo que pasan por una línea.

Ilustración 19. Rótula para eje

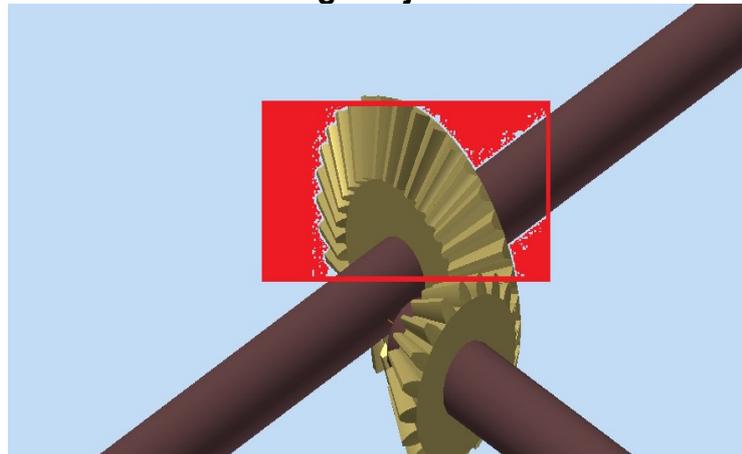


Fuente: <http://www.tracepartsonline.net>

6.2.12 Engranaje cónico 35 dientes para eje de 25mm

Estos engranajes lo utilizamos para transmitir el movimiento de la manivela manual hacia el eje roscado y permitir la variabilidad de la mesa (acero AISI 1045).

Ilustración 20. Engranaje cónico 35 dientes



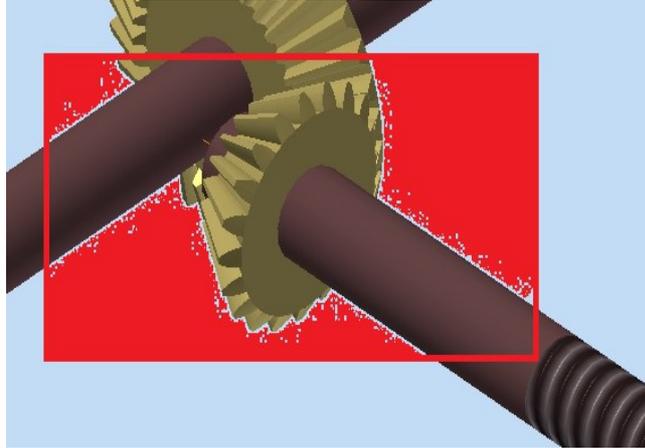
Fuente: <http://www.tracepartsonline.net>

6.2.13 Engranaje cónico 20 dientes para eje de 25mm

Como se puede observar en la imagen es el engranaje que esta acoplado al eje roscado esta para transmitir el movimiento que viene desde la manivela

manual hacia la rosca cuadrada e igualmente está construido en un acero 1045.

Ilustración 21. Engranaje cónico 20 dientes

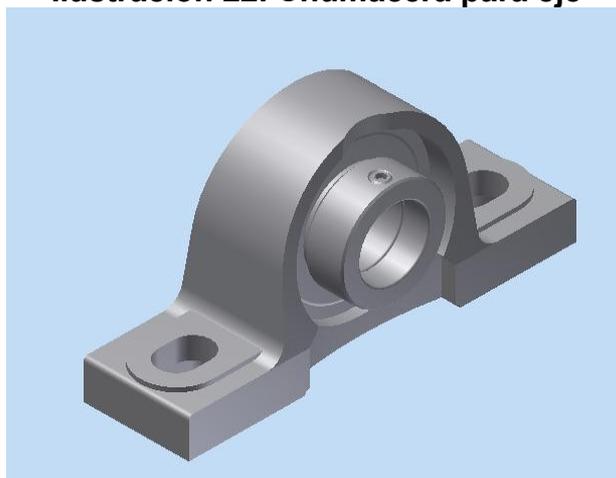


Fuente: <http://www.tracepartsonline.net>

6.2.14 Chumacera para eje de 25mm.

Las chumaceras son piezas mecánicas con una muesca en la que descansa y gira cualquier eje nosotros en nuestro diseño utilizamos ocho de ellas todas con el mismo diámetro y material (acero fundido) piezas relativamente comerciales.

Ilustración 22. Chumacera para eje

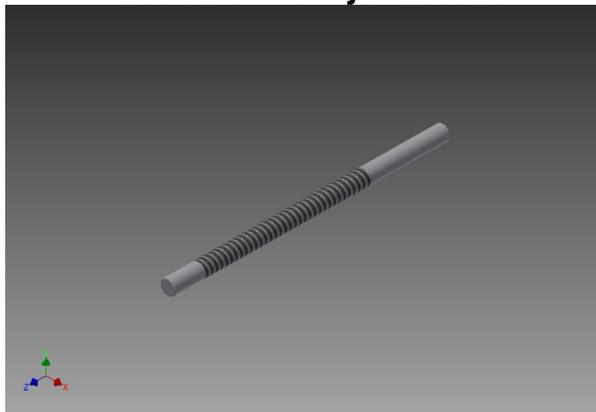


Fuente: <http://www.tracepartsonline.net>

6.2.15 Eje roscado

Eje que permite la inclinación del deck que funciona a favor de los parámetros exigidos para los diferentes tipos de concentración.

Ilustración 23. Eje roscado



Fuente: Propia

6.2.16 Tornillo M12x90 completos

Tornillo de cabeza hexagonal norma de construcción del tornillo DIN 931, zincado, dureza clase 8.8 y su medida es M12x90mm muy común en el mercado fácil de conseguir.

Ilustración 24. Tornillo M12x90



Fuente: <http://www.la-ferreteria.es/tornillo-hexagonal-m12x90-zincado-fontana-p-20905.html>

6.2.17 Tornillo M10x70 completos

Tornillo cabeza allen norma de construcción del tornillo DIN 912, con una dureza clase 8.8 y sus medida es M10x70mm muy común en el mercado fácil de conseguir.

Ilustración 25. Tornillo M10x 70



Fuente: <http://www.la-ferreteria.es/tornillo-allen-m10x70mm-clase-pavonado-100u-fontana-p-20855.html>

6.2.18 Tornillo M8x80 completos

Tornillo con cabeza hexagonal con norma de construcción DIN 933 zincado, dureza clase 8.8, M8x80mm muy común en el mercado fácil de conseguir.

Ilustración 26. Tornillo M8x80

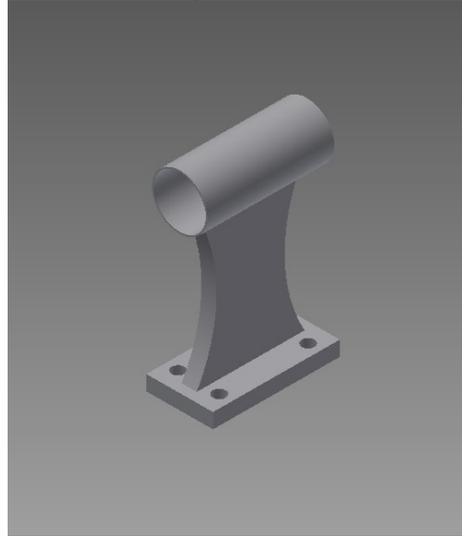


Fuente: <http://www.la-ferreteria.es/tornillo-allen-m10x70mm-clase-pavonado-100u-fontana-p-20855.html>

6.2.19 Soporte movimiento lineal

El soporte es la pieza por la que se va a deslizar el eje que permite el movimiento lineal en el diseño necesitamos dos de ellos la base esta hecha de un acero 1020 acoplado a un tubo de acero carbono 1 1/2in sch 40.

Ilustración 27. Soporte movimiento lineal

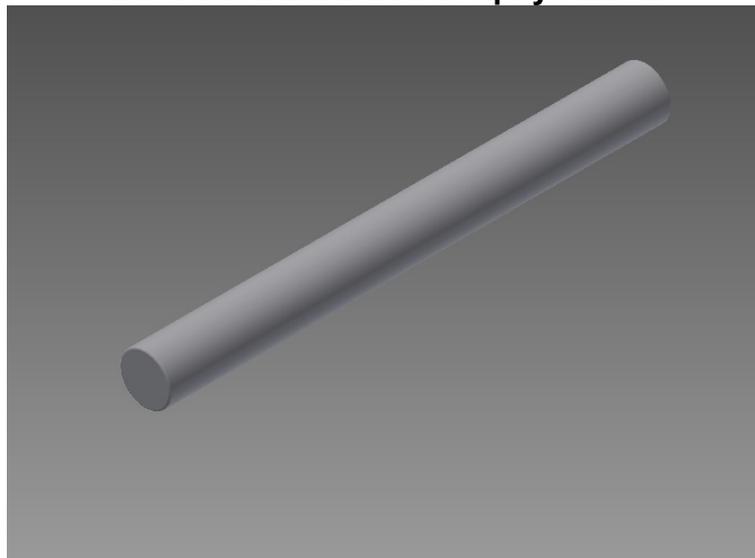


Fuente: Propia

6.2.20 Barra apoyo lineal dia25mm x 245mm

Esta barra es el eje que va pegado a la mesa y el que se va a deslizar sobre el apoyo cuando el motor este en marcha está fabricado de un acero 1020 decisión comercial.

Ilustración 28. Barra de apoyo lineal

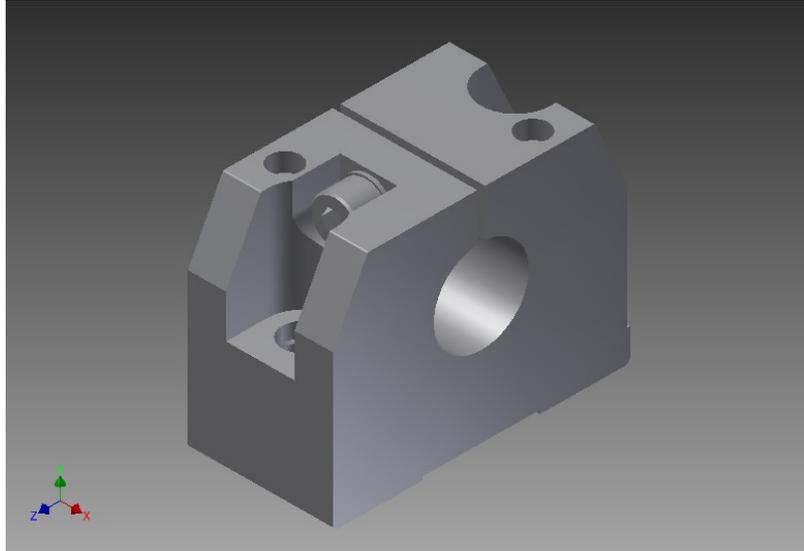


Fuente: Propia

6.2.21 Brida para eje de 25mm

Pieza que se consigue comercialmente la cual sujeta eje sin dejarlo girar.

Ilustración 29. Brida

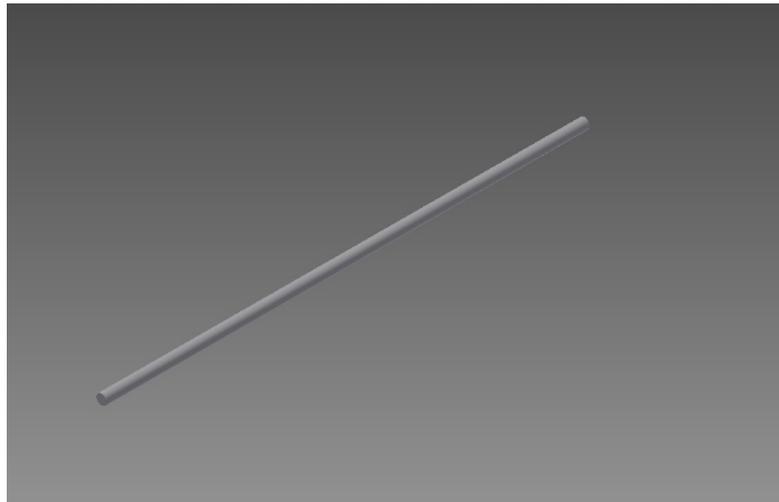


Fuente: <http://www.tracepartsonline.net>

6.2.22 Pasador sistema de inclinación dia25mm x 1115mm

Pinador o candado del sistema de inclinación diseñado para sostener la manivela en el eje roscado.

Ilustración 30. Pasador sistema de inclinación

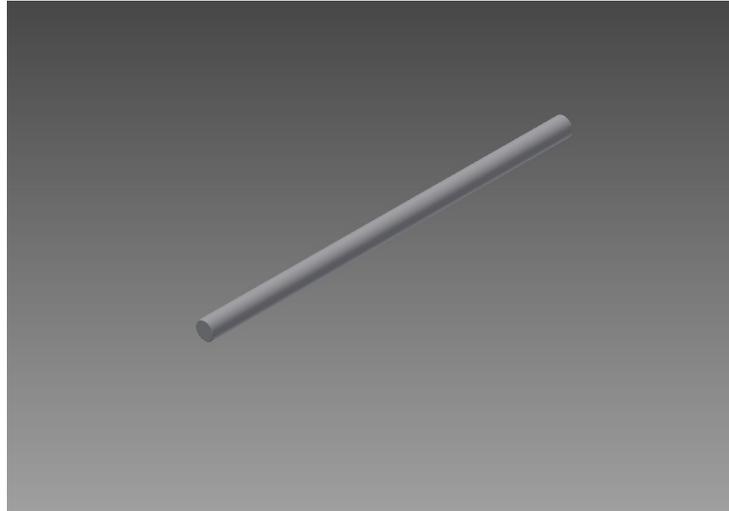


Fuente: Propia

6.2.23 Barra inclinación dia25mm x 400mm

Barra de acero construida especialmente para ejecutar el mecanismo de inclinación hecha en acero 1020 con norma ASTM A108 fácil de conseguir normalmente.

Ilustración 31. Barra de inclinación

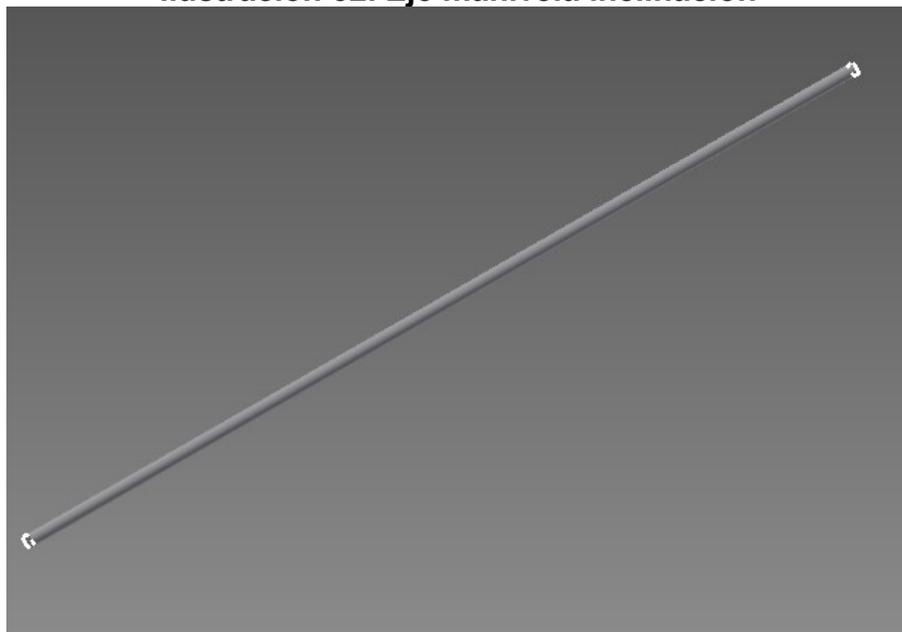


Fuente: Propia

6.2.24 Eje manivela inclinación dia25mm x 2000mm

Eje principal del sistema de inclinación al cual van acoplados los engranajes de 35 dientes y así poder transmitir el movimiento al eje roscado.

Ilustración 32. Eje manivela inclinación

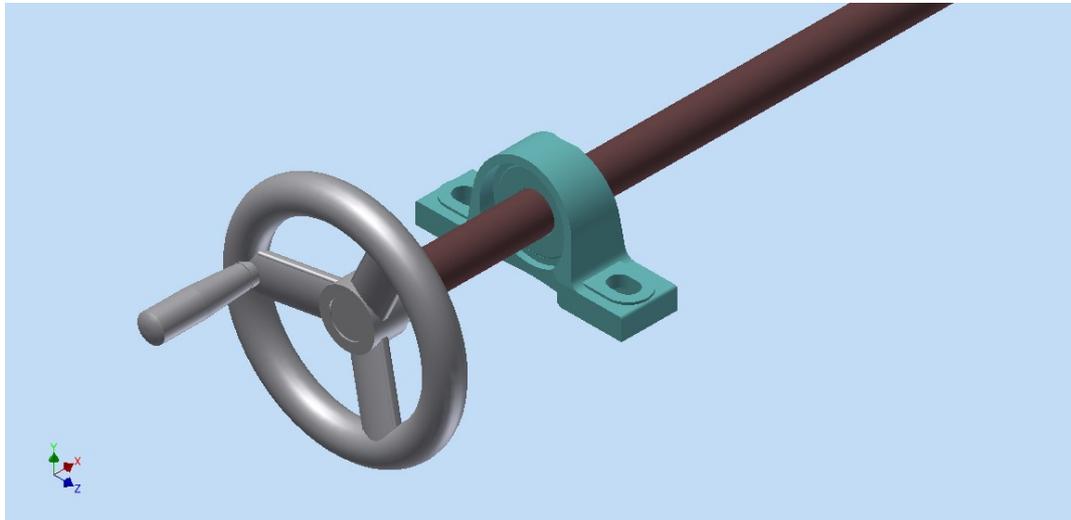


Fuente: Propia

6.2.25 Manivela manual para eje de 25mm

Mecanismo que acciona la inclinación de uso manual fácil de conseguir normalmente hecha en hierro.

Ilustración 33. Manivela manual

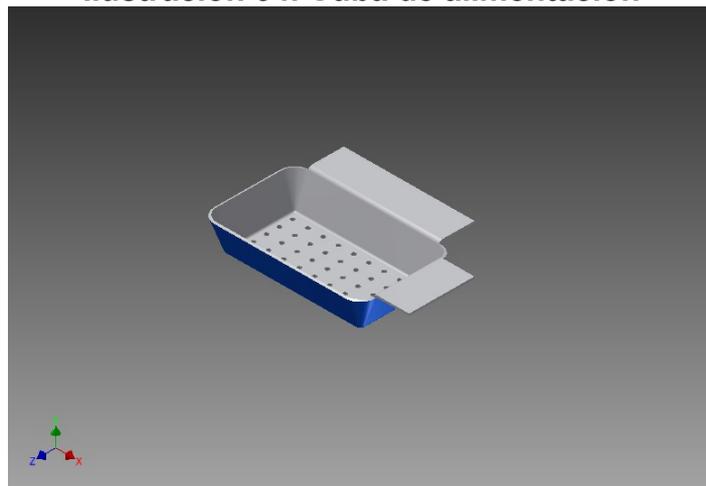


Fuente: [http://www.tracepartsonline .net](http://www.tracepartsonline.net)

6.2.26 Cuba de alimentación

Sistema de dosificación del material a concentrar en el sistema de la mesa, diseño propio exclusivo para aportar a la mesa el material que se desea trabajar al que se le agrega una mezcla de agua y material, hecho en resina de poliéster y reforzado con fibra de vidrio.

Ilustración 34. Cuba de alimentación

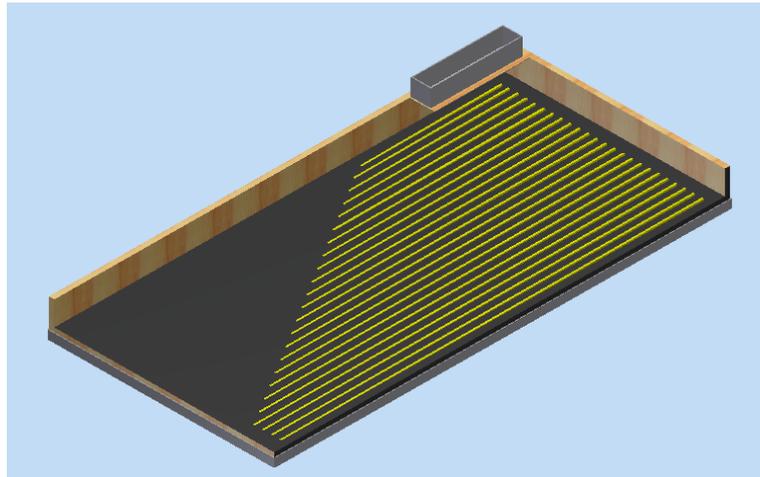


Fuente: Propia

6.2.27 Cubierta o deck

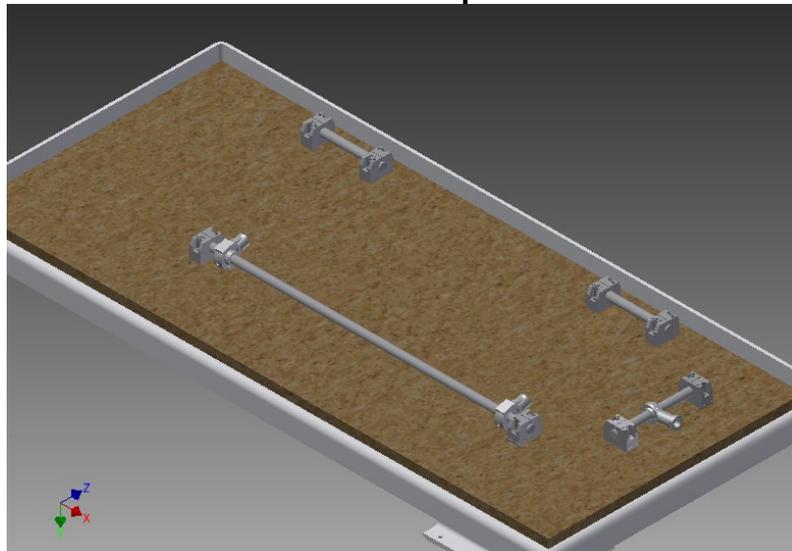
El deck de la mesa es el que permite la separación con ayuda de los rifles que permiten la distribución en toda la mesa, hecha de resina de poliéster reforzado con fibra de vidrio exclusivo para el sistema gravitacional, la parte inferior esta el mecanismo de sujeción a la estructura y el mecanismos de sujeción al eje excéntrico.

Ilustración 35. Cubierta o deck



Fuente: Propia

Ilustración 36. Deck parte inferior

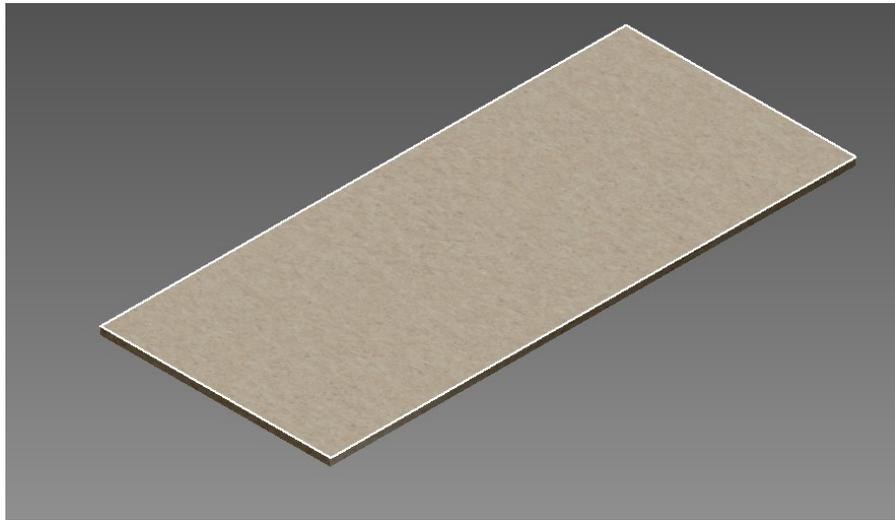


Fuente: Propia

6.2.28 Tablón en madera 1957mm x 857mm x 30mm

Tablón de madera aglomerada el cual va forrado con una resina de poliéster reforzado con fibra de vidrio, con el que se realiza el sistema de separación gravimétrica.

Ilustración 37. Tablón en madera

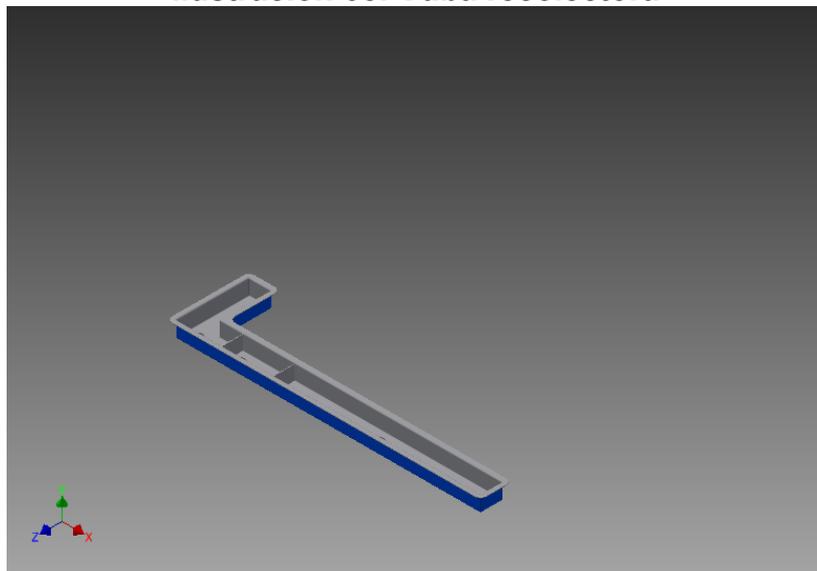


Fuente: Propia

6.2.29 Cuba recolectora

Sistema que permite la recolección de concentrados, mixtos y estériles, hecho con resina de poliéster y reforzado con fibra de vidrio.

Ilustración 38. Cuba recolectora



Fuente: Propia

6.2.30 Tubería PVC RDE21 de 3in

Tubería que me permite recolectar el material concentrado, mixto y estéril la cual va unida a unos tanques de 15 galones en donde se depositan los tres diferentes materiales, en tres diferentes tanques.

Ilustración 39. Tubería PVC 3 in



Fuente: <http://www.pavco.com.co/2/tuberia-pvc-sanitaria-y-ventilacion/26/i/180>

6.2.31 Codos PVC 3in

Accesorio de la tubería necesaria para dar el flujo de agua y la circulación de la misma, fácil de conseguir normalmente.

Ilustración 40. Codos PVC 3 in



Fuente: <http://www.pavco.com.co/2/tuberia-pvc-sanitaria-y-ventilacion/26/i/180>

6.2.32 Tubería PVC RDE21 de 1in

Accesorio de la tubería necesaria para dar el flujo de agua y la circulación de la misma, fácil de conseguir normalmente.

Ilustración 41. Tubería PVC RDE21 de 1 in



Fuente: <http://www.pavco.com.co/2/tuberia-pvc-sanitaria-y-ventilacion/26/i/180>

6.2.33 Tapón PVC hembra 1in

Accesorio de la tubería necesaria para dar el flujo de agua y la circulación de la misma, fácil de conseguir normalmente.

Ilustración 42. Tapón PVC hembra 1in



Fuente: <http://www.pavco.com.co/2/tuberia-pvc-sanitaria-y-ventilacion/26/i/180>

6.2.34 Codos PVC 1in

Accesorio de la tubería necesaria para dar el flujo de agua y la circulación de la misma, fácil de conseguir normalmente.

Ilustración 43. Codos PVC 1in



Fuente: <http://www.pavco.com.co/2/tuberia-pvc-sanitaria-y-ventilacion/26/i/180>

6.2.35 Manguera flexible 1in completa

Pieza fundamental para el acople del sistema de agua, además sirve para que el sistema no sea fijo, es decir, ayuda a tomar el agua de cualquier parte haciendo que la mesa sea móvil ya que se puede conectar a cualquier surtidor de agua.

Ilustración 44. Manguera flexible 1in

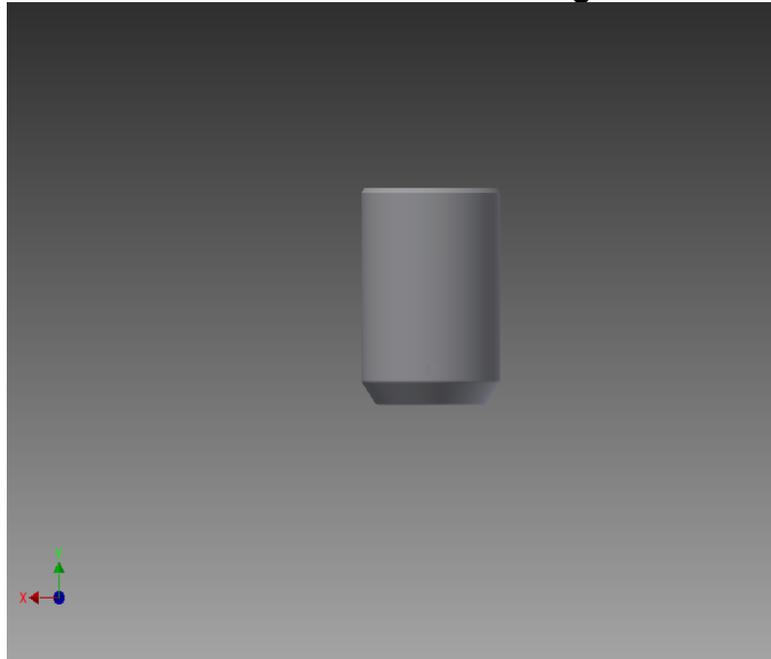


Fuente: <http://www.pavco.com.co/2/tuberia-pvc-sanitaria-y-ventilacion/26/i/180>

6.2.36 Canecas 15gal

Son muy comerciales en el mercado la que nos ayuda a recolectar los concentrados y permite juntar el agua para realizar la recirculación del líquido.

Ilustración 45. Canecas 15gal

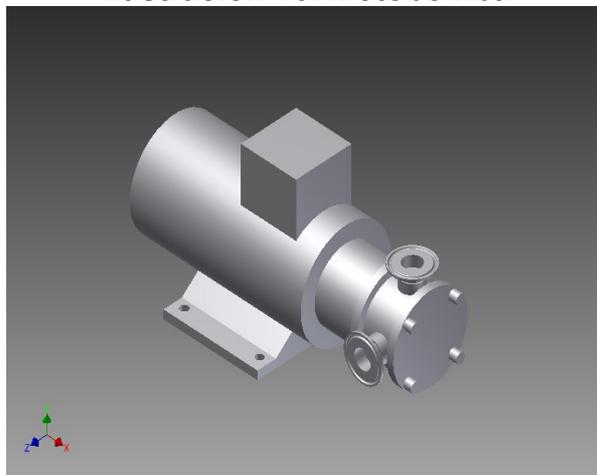


Fuente: Propia

6.2.37 Motobomba 0,5HP, carga 2in, descarga 1in

Motobomba residencial con motor eléctrico monofásico de 0.5 Hp y 127/220 V. El diámetro de su succión es de 1.25 pulgadas y el diámetro de su descarga es de 1 pulgada. Los materiales de su cuerpo son de hierro gris, su impulsor es cerrado y de nylon y su sello mecánico es de cerámica/carbón/ acero inoxidable y buna. Equipo comúnmente encontrado en almacenes para la industria fácil de conseguir.

Ilustración 46. Motobomba



Fuente: Internet

6.2.38 Válvula de bola de latón

Mecanismo que permite el paso o corta el flujo de agua necesario para alimentar de líquido el sistema gravimétrico.

Ilustración 47. Válvula bola de latón

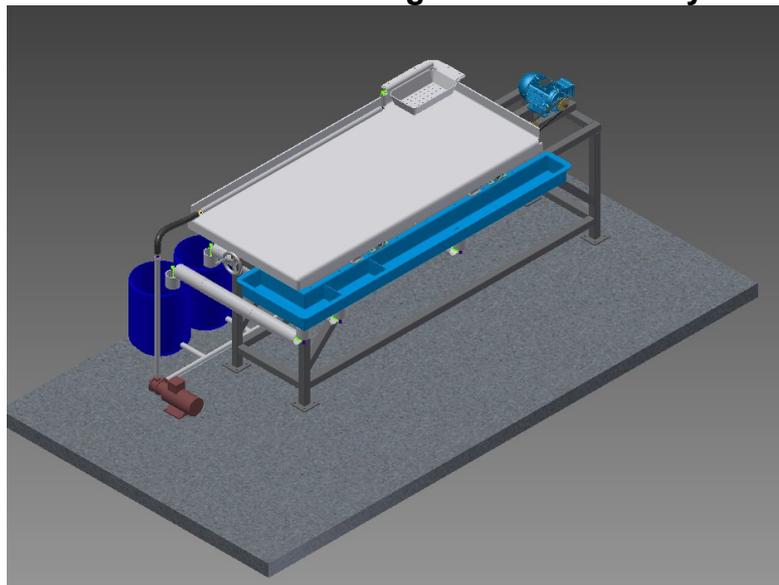


Fuente: Inventor

6.3 Ensamble mesa gravimétrica wilfley

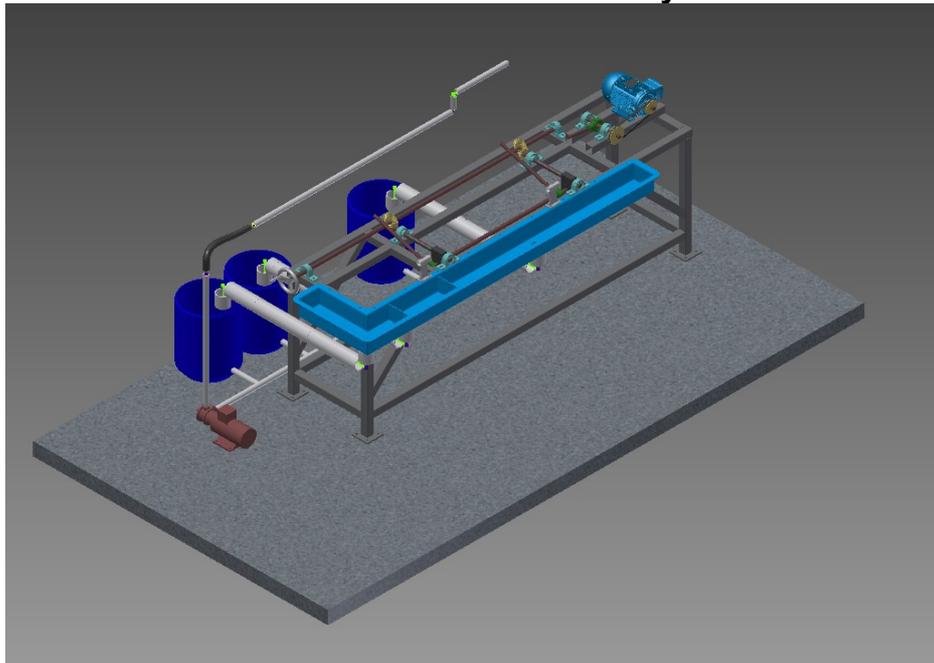
Luego de haber diseñado las piezas que no se consiguen fácilmente en el mercado y el haber identificado las otras piezas que son más fáciles de conseguir, permito realizar el ensamble de todas las piezas y así dar paso al sistema gravimétrico mesa wilfley. Con ayuda de Autodesk inventor y la información pertinente se pudo realizar el diseño y construcción del diseño.

Ilustración 48. Mesa gravimétrica wilfley



Fuente: Propia

Ilustración 49. Mesa wilfley



Fuente: Propia

7. CONCLUSIONES

- Al diseñar una mesa wilfley de concentración gravimétrica facilitara los procesos de concentración de material proveniente de mina y dará inicio a la construcción de un entable minero a escala de laboratorio en la I.U Pascual Bravo.
- El recubrimiento del deck con resina de poliéster y fibra de vidrio fue realizado con el fin de disminuir el peso del sistema y así hacer mas optimo el movimiento, aparte se le da una mayor vida útil tanto al tablero de separación como al cuerpo de madera que es la base del deck.
- Con la implementación del eje excéntrico se optimiza el movimiento vibratorio para un mayor desempeño y una obtención de concentrados polimetálicos más ricos en minerales.
- El sistema de inclinación que se realizó para el sistema gravimétrico de la mesa, se puede accionar aun estando en movimiento para así realizar las inclinaciones pertinentes y necesarias al momento de concentrar.
- En este trabajo solo se presenta un diseño cuya construcción se realizara el próximo año de ser aprobada la propuesta.

8. RECOMENDACIONES

- En el caso de la mesa Wilfley la trascendencia la dará la propuesta de un sistema o modulo adicional que permita la recirculación del agua y su reutilización.
- Proponer mejoras y modificaciones a sistemas wilfley existentes.
- Tamices más recomendados para la correcta funcionalidad del sistema gravimétrico en la obtención de sulfuros polimetálicos norma ASTM E 11/95

Tabla 7. Tamices apropiados para sulfuros polimetálicos

DIÁMETRO NOMINAL DEL ALAMBRE EN mm	DESIGNACIÓN DEL TAMIZ	
	Estándar micrones (μm)	Alternativo
0.074	74	200
0.062	62	230
0.053	53	270
0.044	44	325
0.038	38	400
0.025	25	500

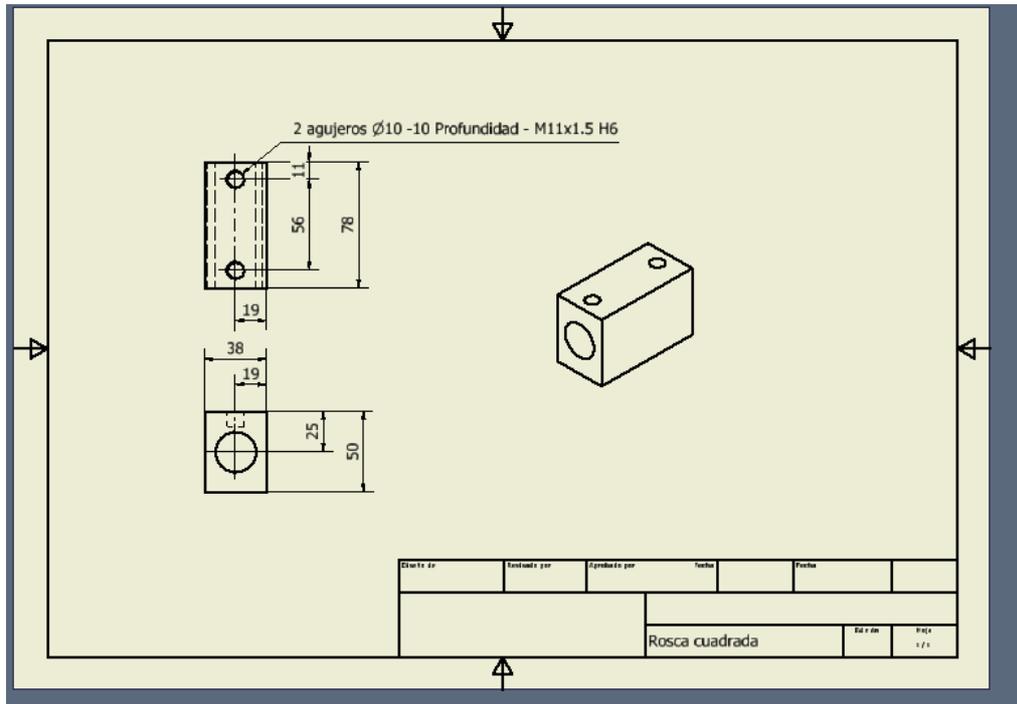
Fuente: Propia

BIBLIOGRAFÍA Y CIBERGRAFÍA

1. ARENAS, A. (1983). Apuntes de Hidrometalurgia del Oro y la Plata. Antofagasta: Química Metalurgia.
2. Gobernación, General. Arequipa. (2013). Autoridad Ambiental. [en línea].Arequipa: Autoridad ambiental.
Disponible en:
http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:jce2ZifafCkJ:www.regionarequipa.gob.pe/arma/index.php%3Foption%3Dcom_joomdoc%26task%3Ddoc_download%26gid%3D44%26Itemid%3D+&cd=2&hl=es&ct=clnk&gl=co
3. DETESA. (2014). Proveedores en Servicios para la Industria de la Transformación de los Metales. [en línea].Guadalajara: Colonia San Juan de Dios.
Disponible en:
<http://grupoleforme.com.mx/index.php/mesas-concentradoras-gravimetricas/>
4. Paul, C. (1991). Recuperación de oro de relaves utilizando mesa concentradora por agitación. [en línea]. Guayaquil: Escuela superior politécnica del litoral.
Disponible en:
<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/3342/1/5864.pdf>
5. Holman, W. (2014). Productos para la minería. [en línea]. Reino unido: Mesas gravimétricas.
Disponible en:
<http://www.holmanwilfley.co.uk/shaking-table-products.htm>
6. Osvaldo, P. (2002). Concentración de minerales. [en línea]. Atacama: Universidad de Atacama.
Disponible en:
<http://www.metalurgia.uda.cl/apuntes/Pavez/APUNTES%20%20DE%20CONCENTRACION%20%20DE%20MINERALES%20II.pdf>
7. KIRBE, R. y Wac, NEWMAN. (1986). The Metallurgy of gold. California: reprinted.
8. Pinaya, Á. (1984). Tratamientos hidrometalúrgico de minerales complejos conteniendo metales preciosos (oro y plata). Bolivia: Subgerencia de proyectos.

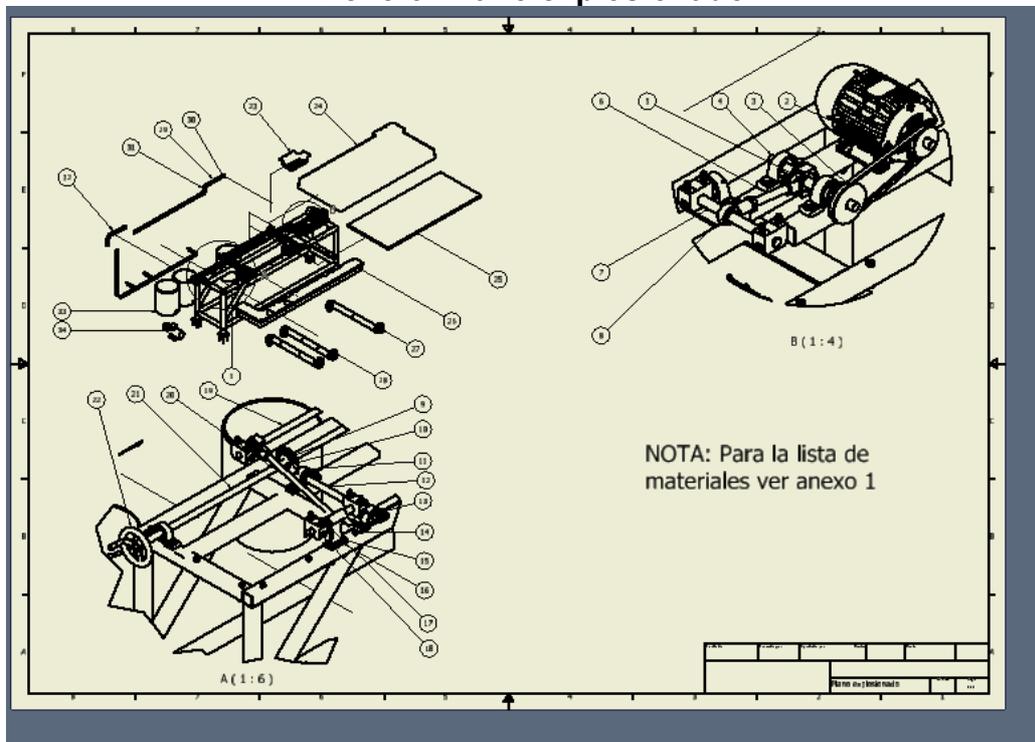
9. Van, Thournout. and Frank, M. M. (1990. 19 de febrero). Nuevo modelo metalogénico. Revista minera Ecuatoriana No. 2, pp. 17-19.
10. Autodesk, Inventor. (2015). Librerías piezas estándar. [en línea]. San Rafael: Estados Unidos de América (EE.UU).
Disponible en: <http://www.weg.net/co>
11. Autodesk, Inventor. (2015). Librerías piezas estándar. [en línea]. San Rafael: Estados Unidos de América (EE.UU).
Disponible en:
[http://www.tracepartsonline.net/
\(S\(y2truqobrybic0dovbb3j5oc\)\)/content.aspx](http://www.tracepartsonline.net/(S(y2truqobrybic0dovbb3j5oc))/content.aspx)
12. Autodesk, Inventor. (2015). Librerías piezas estándar. [en línea]. San Rafael: Estados Unidos de América (EE.UU).
Disponible en: <http://forums.autodesk.com/t5/inventor-espanol/ayuda-para-librerias-inventor/td-p/2274724>

Anexo 5. Plano rosca cuadrada



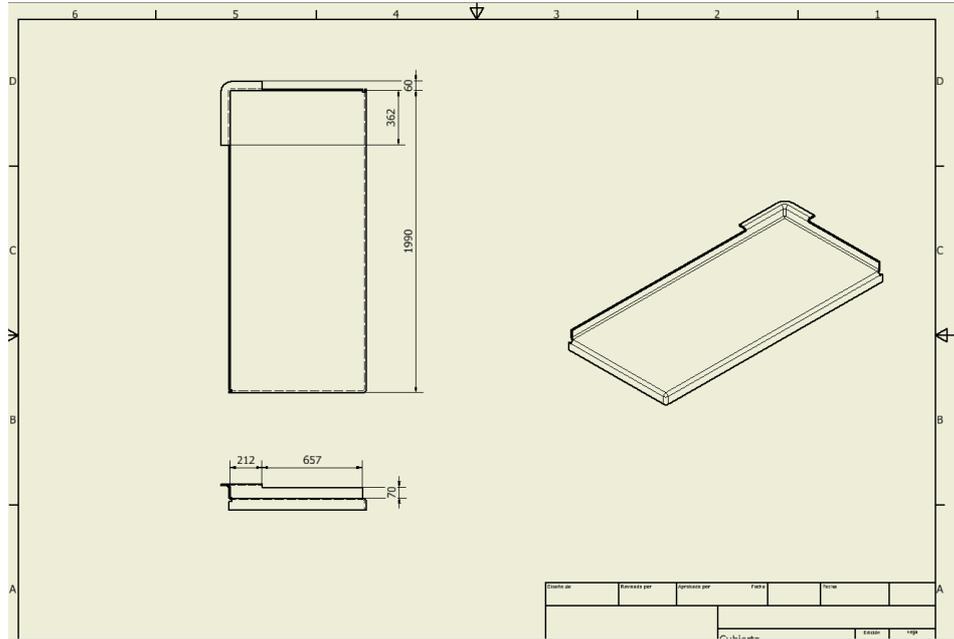
Fuente: Propia

Anexo 6. Plano explosionado



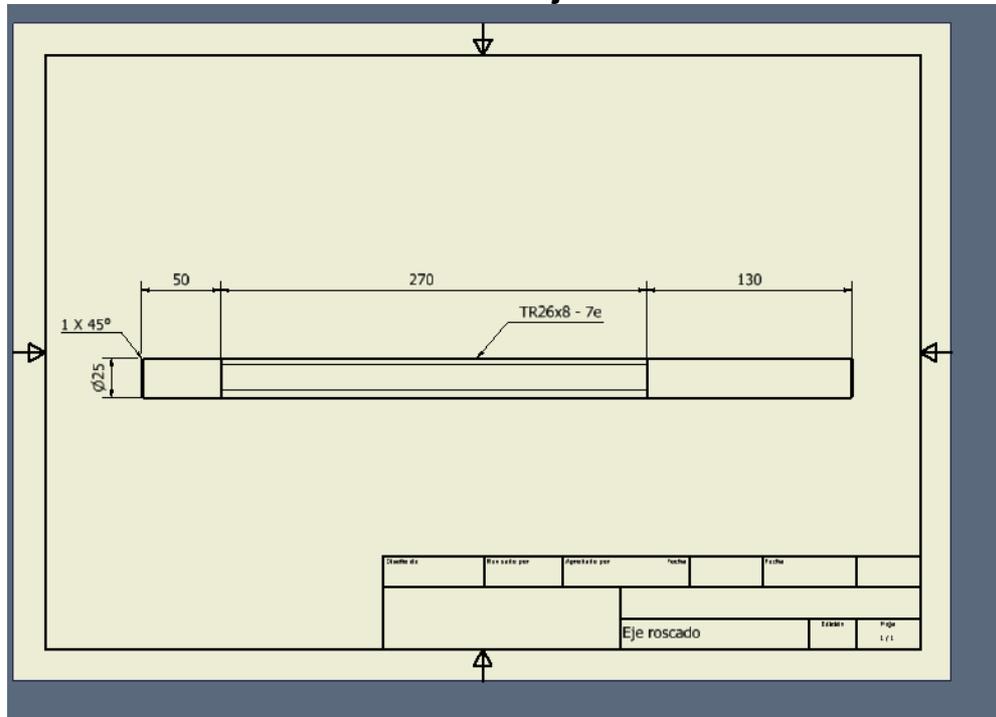
Fuente: Propia

Anexo 7. Plano cubierta



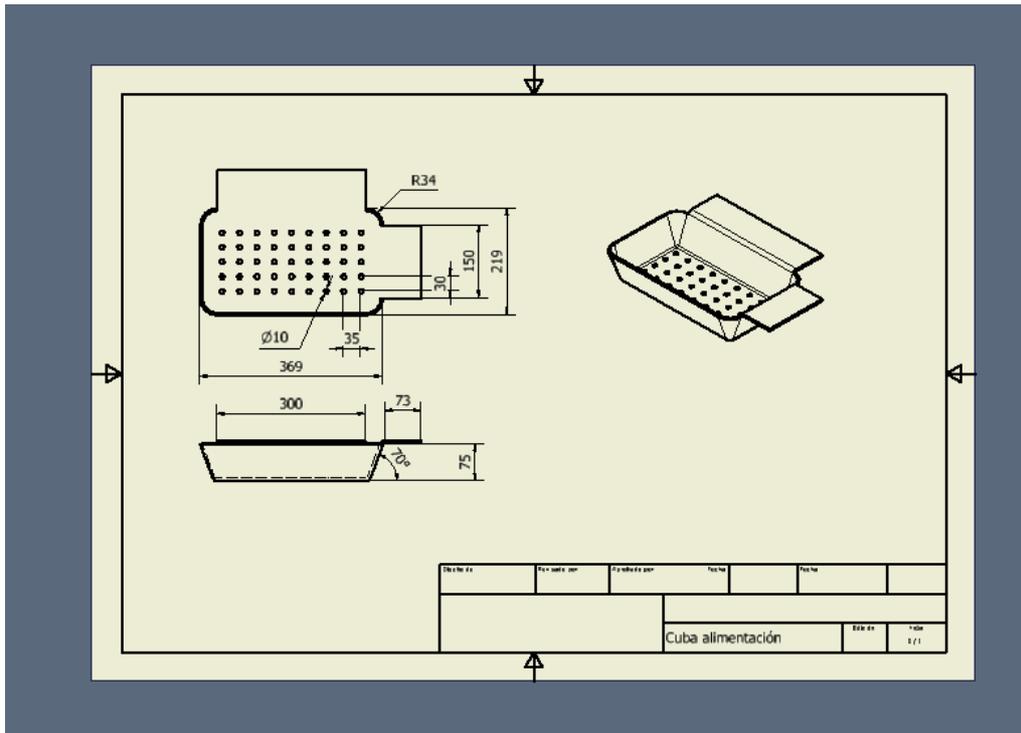
Fuente: Propia

Anexo 8. Plano eje roscado



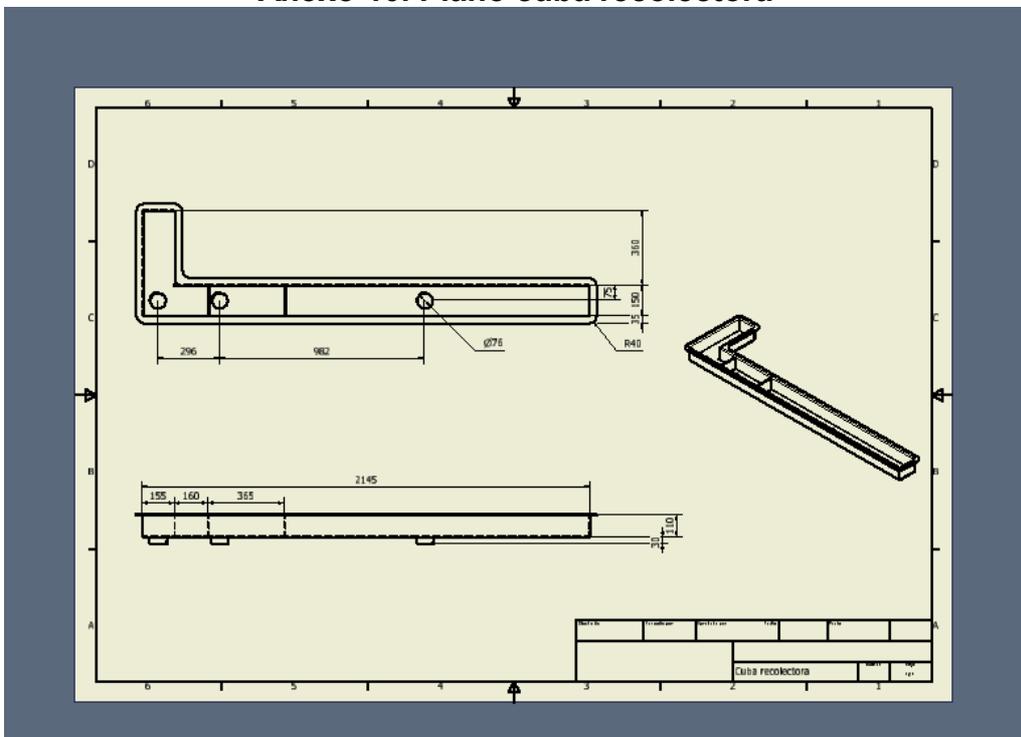
Fuente: Propia

Anexo 9. Plano cuba de alimentación



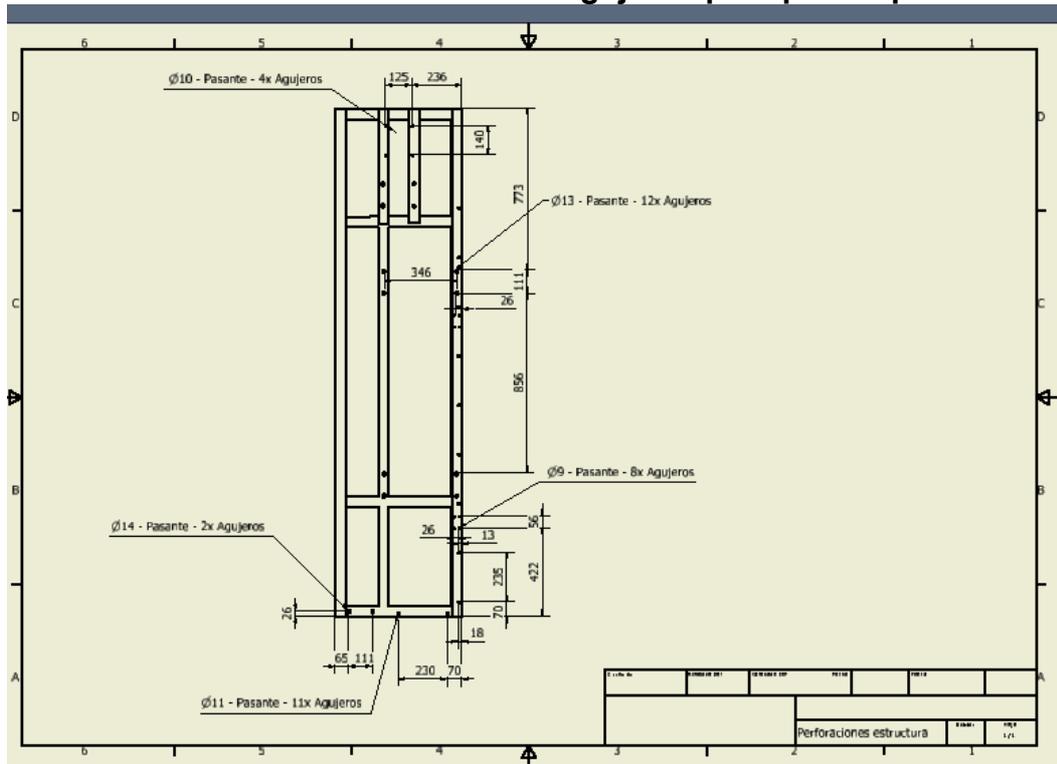
Fuente: Propia

Anexo 10. Plano cuba recolectora



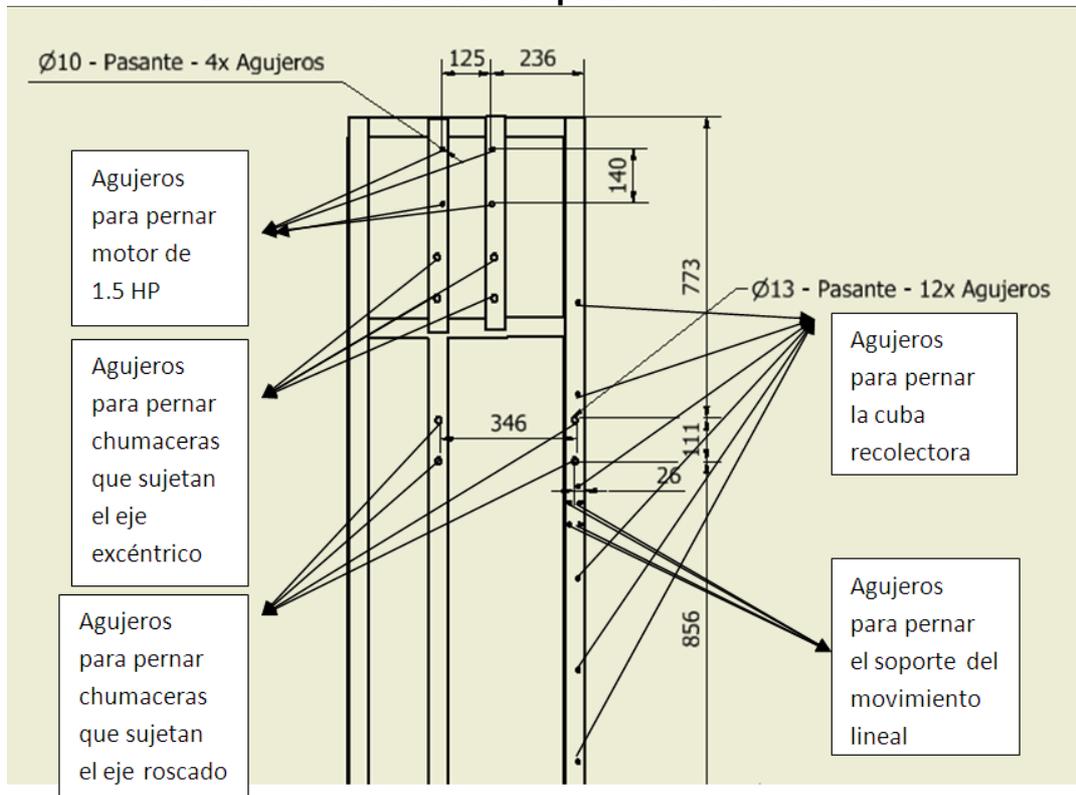
Fuente: Propia

Anexo 15. Planos ubicación de agujeros para pernar piezas



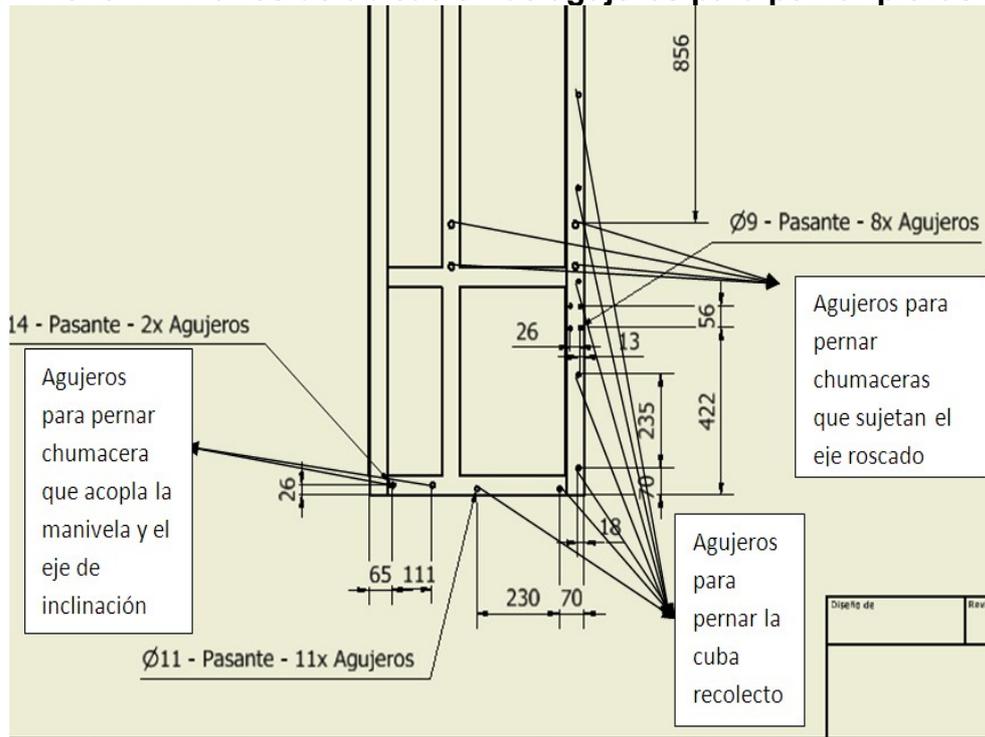
Fuente: Propia

Anexo 16. Ubicación de piezas en la estructura



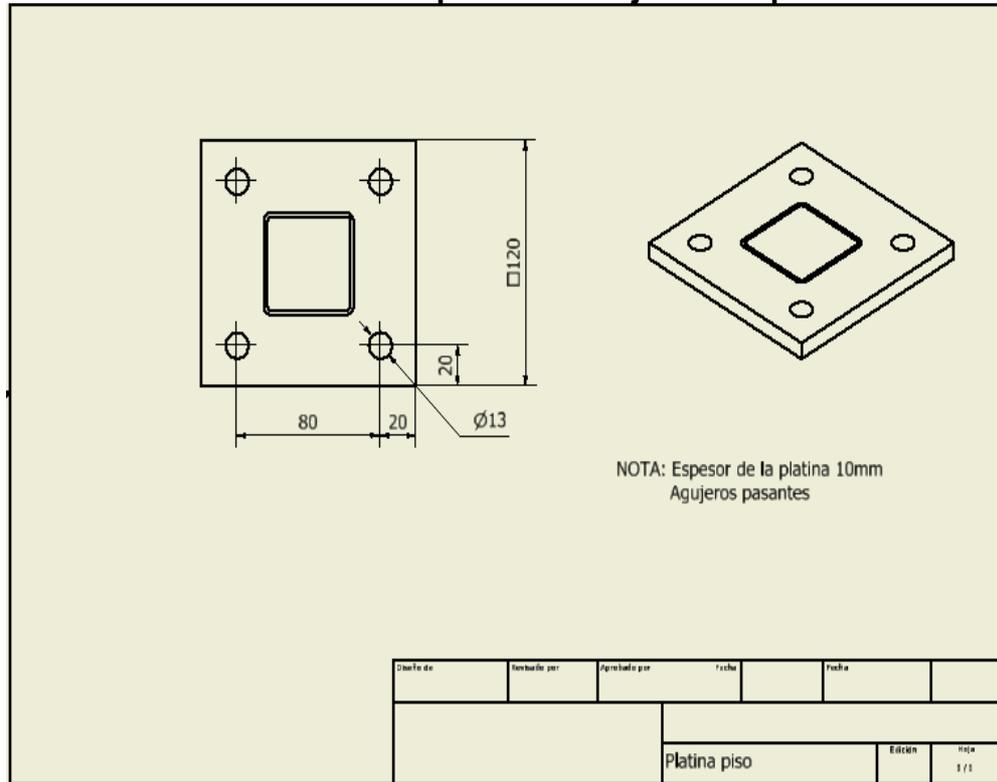
Fuente: Propia

Anexo 17. Planos de ubicación de agujeros para pernar piezas



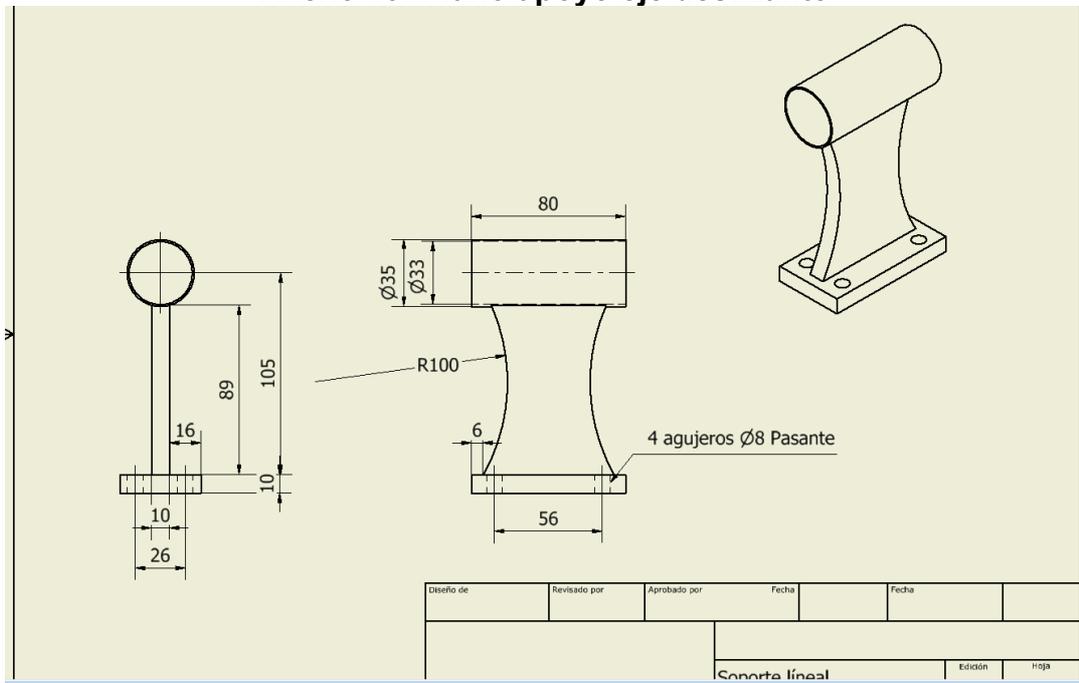
Fuente: Propia

Anexo 18. Plano platina de sujeción al piso



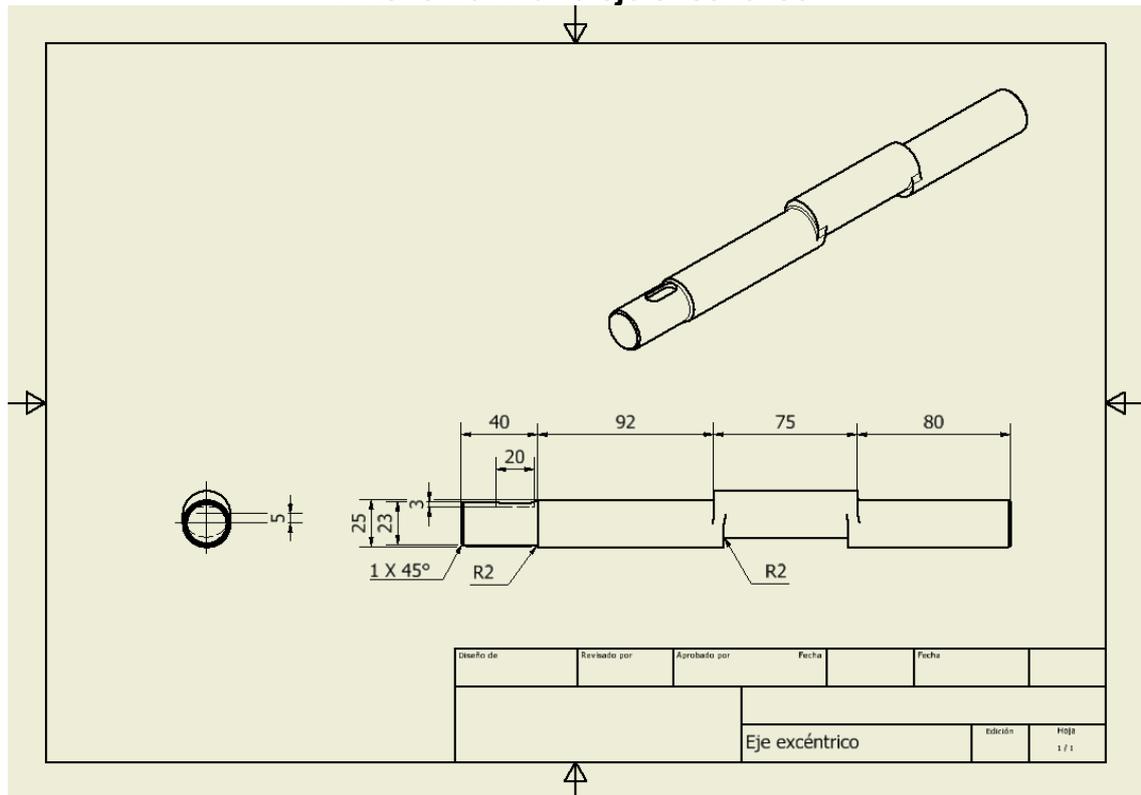
Fuente: Propia

Anexo 19. Plano apoyo eje deslizante



Fuente: Propia

Anexo 20. Plano eje excéntrico



Fuente: Propia

Anexo 21. Parametros de los engranajes diseño mesa gravitacional

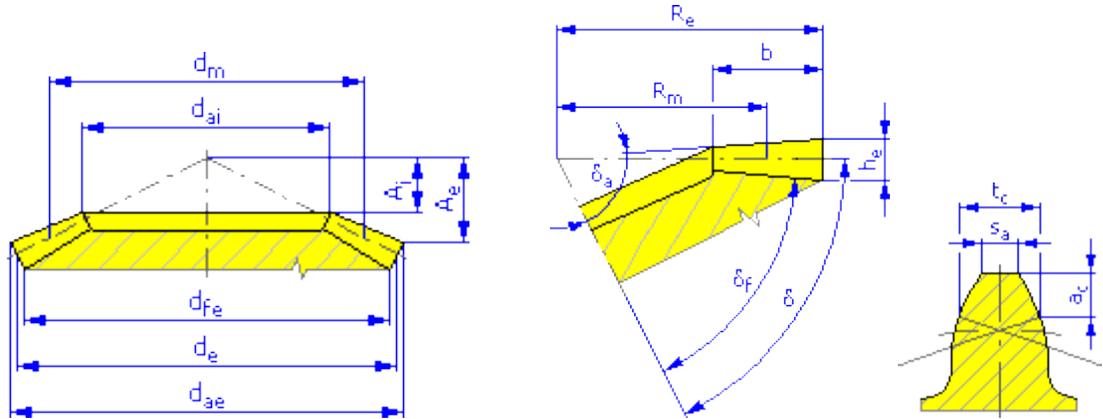
Coefficiente de engranaje	I	1,7500 su
Módulo tangencial	m_{et}	3,000 mm
Ángulo de hélice	β	0,00 gr
Ángulo de presión tangencial	α_t	20,0000 gr
Ángulo de eje	Σ	90,00 gr
Ángulo de presión normal en el extremo	α_{ne}	20,0000 gr
Coefficiente de contacto	ε	1,7004 su
Desviación límite del paralelismo entre ejes	f_x	0,0110 mm
Desviación límite del paralelismo entre ejes	f_y	0,0055 mm
Coefficiente de engranaje virtual	i_v	3,063 su
Distancia al centro equivalente	a_v	112,396 mm
Distancia virtual al centro	a_n	112,396 mm
Radio de cono de separación	R_e	60,467 mm
Radio de cono de separación en plano medio	R_m	48,417 mm

Fuente: Propia

Anexo 22. Engranajes diseño mesa wilfley

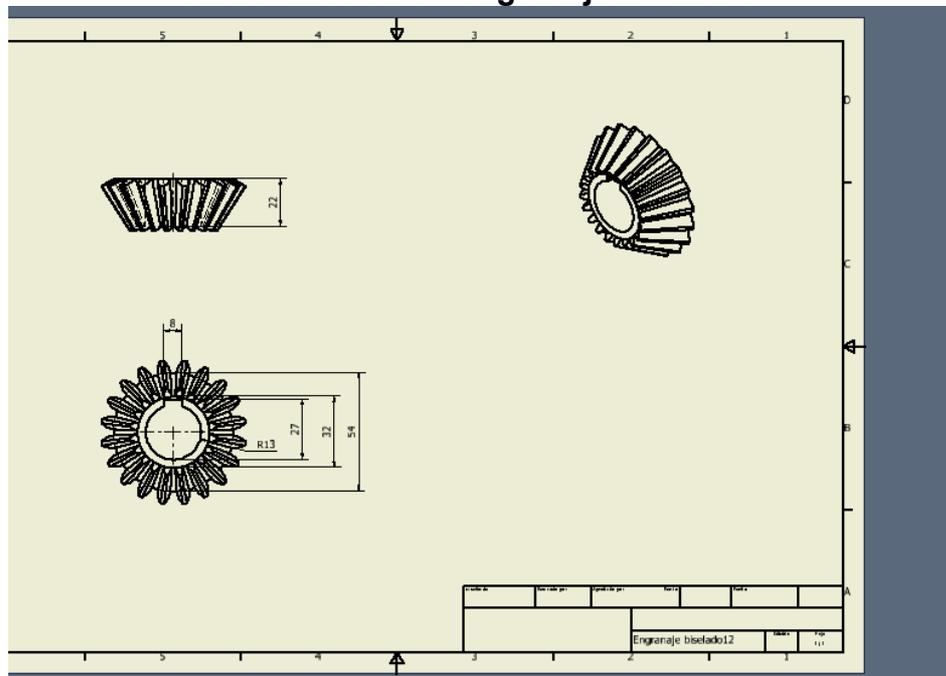
		Engranaje 1	Engranaje 2
Tipo de modelo		Componente	Componente
Número de dientes	Z	20,000 su	35,000 su
Corrección unitaria	X	0,000 su	-0,0000 su
Desplazamiento tangencial	x_t	0,0000 su	-0,0000 su
Diámetro de separación en el extremo	d_e	60,000 mm	105,000 mm
Diámetro de separación en plano medio	d_m	48,043 mm	84,075 mm
Diámetro exterior en extremo	d_{ae}	65,209 mm	107,977 mm
Diámetro exterior en el extremo pequeño	d_{ai}	39,219 mm	64,941 mm
Diámetro raíz en el extremo	d_{fe}	53,749 mm	101,428 mm
Distancia al vértice	A_e	51,012 mm	27,395 mm
Distancia al vértice en el extremo pequeño	A_i	30,680 mm	16,476 mm
Ángulo de cono de separación	Δ	29,7449 gr	60,2551 gr
Ángulo de cono exterior	$\bar{\delta}_a$	32,5852 gr	63,0955 gr
Ángulo de cono raíz	$\bar{\delta}_f$	26,3377 gr	56,8479 gr
Anchura de cara	B	24,100 mm	
Coefficiente de anchura de cara	b_r	0,3986 su	
Altura de cabeza del diente	a^*	1,0000 su	1,0000 su
Juego	c^*	0,2000 su	0,2000 su
Empalme raíz	r_f^*	0,3000 su	0,3000 su
Profundidad total de diente	h_e	6,600 mm	6,600 mm
Grosor de diente en el extremo	s_e	4,712 mm	4,712 mm
Grosor de diente sobre cuerda	t_c	4,161 mm	4,161 mm
Altura de cabeza de diente sobre cuerda	a_c	2,243 mm	2,243 mm
Desviación límite del ángulo de hélice	F_β	0,0110 mm	0,0120 mm
Oscilación circunferencial radial límite	F_r	0,0170 mm	0,0210 mm
Desviación límite de la separación axial	f_{pt}	0,0075 mm	0,0085 mm
Desviación límite de la separación básica	f_{pb}	0,0070 mm	0,0080 mm
Número de dientes equivalente	Z_v	23,035 su	70,545 su
Diámetro de separación equivalente	d_v	55,334 mm	169,459 mm
Diámetro exterior equivalente	d_{va}	60,138 mm	174,264 mm
Diámetro de círculo base equivalente	d_{vb}	51,997 mm	159,240 mm
Corrección unitaria sin conicidad	x_z	0,3455 su	-1,1017 su
Corrección unitaria sin entalladura	x_p	-0,3447 su	-3,1235 su
Corrección unitaria con entalladura	x_d	-0,5118 su	-3,2906 su

admitida			
Truncamiento cabeza diente	K	0,0000 su	0,0000 su
Unidad de grosor del diente exterior	s _a	0,7111 su	0,7935 su



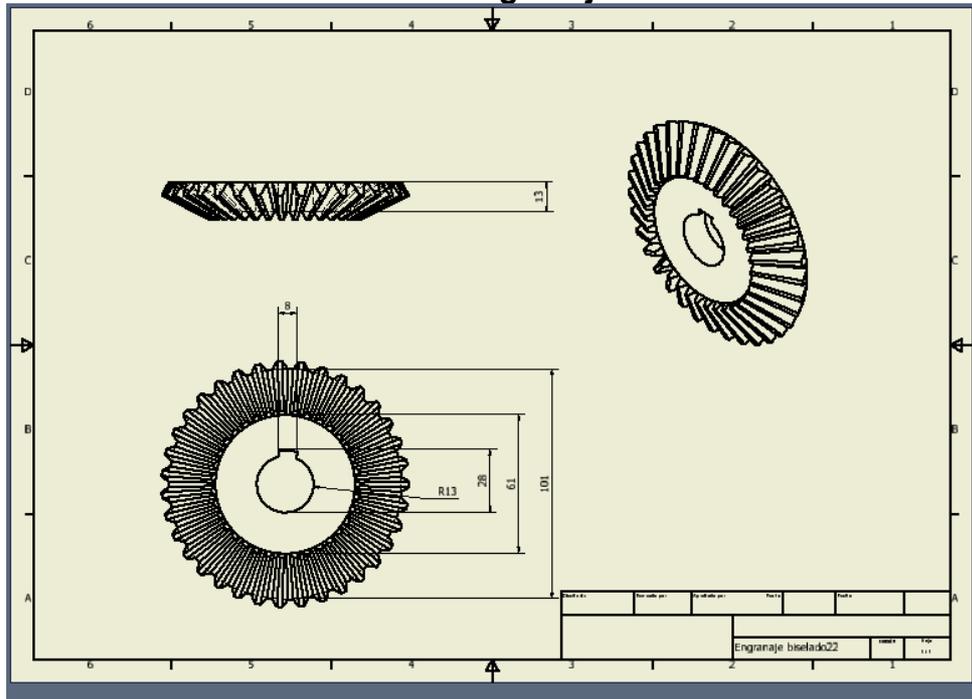
Fuente: Propia

Anexo 23. Planos engranaje 20 dientes



Fuente: Propia

Anexo 24. Planos engranajes 35 dientes



Fuente: Propia