

ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL



Memoria

Índice:

1. Memoria.

1.1. Memoria.

1.1.1. Índice general.

1.1.2. Tema objeto del proyecto.

1.1.3. Peticionario del proyecto.

1.1.4. Bibliografía.

1.2. Descripción de la maquina.

1.2.1. Definición y tipos de excavadora.

1.2.2. Trabajar con una excavadora.

1.2.3. Características técnicas.

1.3. Cálculos analíticos.

1.3.1. Hipótesis de trabajo.

1.3.2. Procedimiento de diseño.

1.3.3. Calculo reacciones y fuerza en cilindros.

1.3.4. Calculo instalación hidráulica.

1.3.4.1. Diámetro del pistón y vástago del cilindro hidráulico.

1.3.4.2. Caudal y potencia de la bomba.

1.3.5. Diámetro de los pasadores.

1.3.6. Anchura mínima necesaria de las orejetas.

1.4. Análisis mecánico excavadora.

1.4.1. Introducción a SolidWorks.

1.4.2. Introducción a COSMOS.

1.4.2.1. Introducción a Cosmos WORKS.

1.4.2.2. Método de los elementos finitos.

1.4.2.3. Suposiciones del Análisis Estático Lineal.

1.4.3. Proceso del análisis estático.

1.1. Memoria.

1.1.2. Tema objeto del proyecto.

El objetivo de este proyecto es realizar el diseño, cálculo y modelado de los órganos de trabajo de una mini excavadora.

En primer lugar se llevará a cabo un estudio previo que consistirá en la búsqueda de información sobre los tipos de máquinas existentes y de las prestaciones que ofrecen, con el fin de definir las especificaciones que deberá tener la excavadora objeto del proyecto.

Una vez finalizada esta fase, se realizará un diseño previo de los órganos de trabajo, este diseño previo consistirá en enumerar las partes que componen el ensamblaje, analizar las uniones entre los diferentes subconjuntos y predimensionar manualmente todos los elementos.

Tras este análisis se llevará a cabo el modelado paramétrico y ensamblaje de todas las piezas definidas anteriormente, utilizando un software de diseño asistido por ordenador llamado SolidWorks.

A continuación se realizará un análisis de movimiento, utilizando CosmosMotion, una herramienta que mediante la simulación del movimiento de la excavadora nos muestra las fuerzas ejercidas por los cilindros hidráulicos y las reacciones producidas en las uniones, dentro de un rango de trabajo.

Por último y como método de comprobación, se realizará un análisis mecánico del ensamblaje en su posición más desfavorable y así verificar si satisface las especificaciones iniciales.

1.1.3. Peticionario del proyecto.

Este proyecto tiene como título “Diseño, calculo y modelado de una mini excavadora”, por encargo del departamento de Ingeniería Mecánica de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial de Zaragoza.

1.1.4. Bibliografía

“Maquinas y métodos modernos de construcción” *Frank Harris*.

“Manual de maquinaria de construcción” *Manuel Díaz del Rio*

“Maquinaria de obras públicas” *Pedro Barbet Lloret*

“Gran libro de SolidWorks” *Sergio Gómez*

Páginas web consultadas:

<http://members.fourtenecity.es/100pies/>

<http://www.jcb.com/>

<http://www.komatsu.com/>

<http://www.bobcat.eu/bobcat/eu-es/>

<http://www.hitachi-c-m.com/>

<http://www.yanmar.com/>

<http://www.wackerneuson.com/es-index.php>

<http://www.casece.com/>

1.2. Descripción de la maquina.

1.2.1. Definición y tipos de excavadora

Excavadora

Maquina autopropulsada sobre ruedas o cadenas con una superestructura capaz de efectuar una rotación de al menos 360°, que excava o carga, eleva, gira, y descarga materiales por la acción de una cuchara fijada a un conjunto de pluma y balancín o brazo, sin que el chasis o la estructura portante se desplace.

(UNE 115-405-88/ISO 6165)

Mini excavadora

Maquina autopropulsada sobre ruedas o sobre cadenas metálicas o de goma, con una superestructura capaz de efectuar una rotación de al menos 360°, que excava o carga, eleva, gira, y descarga materiales por la acción de una cuchara fijada a un conjunto de pluma y balancín o brazo, sin que el chasis o la estructura portante se desplace y con un peso no superior a los 6000 kg.

Retroexcavadora

Maquina autopropulsada sobre ruedas con un bastidor especialmente diseñado que monta a la vez un equipo de carga frontal y otro de excavación trasero de forma que puede ser utilizado alternativamente. Cuando se emplea como excavadora, la maquina excava normalmente por debajo del nivel del suelo mediante un movimiento de cuchara hacia la maquina y eleva, recoge, transporta y descarga materiales mientras la maquina permanece inmóvil. Cuando se emplea como cargadora, carga o excava mediante su desplazamiento y el movimiento de los brazo, y eleva, transporta y descarga materiales.

(UNE 115-405-88/ISO 6165)

1.2.2. Trabajar con una excavadora

Capítulo 1: Introducción.

Quiero dar en estas páginas una visión general que encuadre y centre las técnicas de manejo de las excavadoras de cadenas, así como la forma de realizar labores concretas que suelen encomendar a estas máquinas.

Por ello, el tema comienza con una primera parte llamada "Normas Generales" en la que se explican los aspectos funcionales de las excavadoras y donde sacamos conclusiones para su manejo, para luego seguir con el estudio de los principales trabajos de la excavadora.

Esto es un estudio general que se puede aplicar a todas las marcas de excavadoras en general.

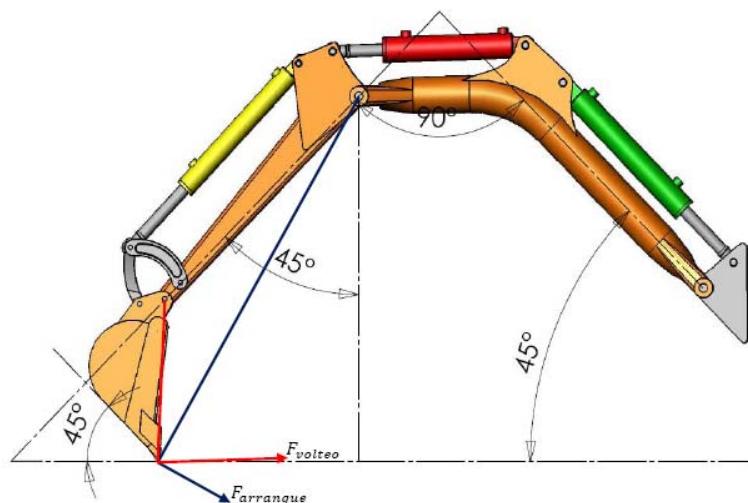
Capítulo 2: Normas generales para todos los trabajos.

- Las dos franjas de terreno sobre las que se apoyan las cadenas deben estar horizontales y a nivel; si el terreno no lo está, la excavadora se preparará su propia base de apoyo en horizontal.
- Si el terreno en que está situada la excavadora es un plano inclinado, por ejemplo una ladera, la superestructura tenderá a girar sobre su eje, de modo que el peso de la misma quede hacia abajo de la pendiente del terreno. Esto dificulta la excavación ya que hay que estar retocando el giro de la superestructura continuamente, y frenándola pues no es conveniente que el cazo golpee contra las paredes de la zanja. Además, si la excavadora no apoya sobre una base horizontal, la zanja no quedara vertical, sino perpendicular al terreno y un poco inclinada, con la pared alta de la misma zanja muy propensa a desprendimientos.
- También al girar 360º en terreno inclinado, la excavadora puede perder la estabilidad y volcar hacia abajo. Todos esos problemas proceden de que en la excavadora, el centro de gravedad de la parte giratoria (superestructura más pluma) no coincide nunca con el eje de giro de la misma, y por lo tanto, en cuanto el rodaje esté mínimamente inclinado se produce un par de fuerzas que tiende a girar la superestructura a la posición de equilibrio estable. La razón de que no coincida el centro con el eje es que, por muy bien estudiados que estén los pesos de las piezas, sin embargo la pluma, balancín y cuchara son móviles, lo que hace variar continuamente la posición de su centro de gravedad.

- La conveniencia o no de nivelar su propio terreno de apoyo antes de los desplazamientos parciales, según se dijo antes, depende del tiempo que lleve hacer esta operación. Muchas veces le resulta fácil al maquinista girar la superestructura un poco más cuando ha llenado la cuchara, y descargar algo de tierra en la franja de terreno por la que va a ir la cadena más baja, y con ello ya trabajará con la máquina en horizontal.
- Cuando se está llenando la cuchara, se debe hacer fuerza únicamente hacia la excavadora, o hacia afuera, es decir alejar o acercar la cuchara, pero en ningún caso se debe hacer fuerza lateralmente con el cazo; la cuchara debe moverse en un plano que pase por el eje de la excavadora solamente hacia adelante y hacia atrás, o cerrando y abriendo el cazo. Mientras está en contacto con el terreno, el palista apenas accionará el giro lo suficiente para rectificar la posición, por ejemplo cuando la superestructura tienda a girarse hacia un lado. Una vez que se ha llenado el cucharón, sí se debe realizar el giro y la elevación de la pluma, apertura de balancín etc.
- La razón de esta norma es que, aparte de que la excavadora puede hacer muy poca fuerza lateralmente debido al gran brazo de palanca desde la cuchara al eje de giro de la superestructura, y por lo tanto no es efectiva para esta finalidad, además se somete a los bulones de articulación del implemento a un esfuerzo de torsión para el que no están diseñados, así como a los engranajes reductores del giro y al propio motor de giro. Este es un defecto de manejo bastante corriente, que puede dar lugar a averías a largo plazo.
- Tanto en la versión retro como la frontal, hay que tratar de que el rodaje esté posicionado de modo que las garras de las tejas queden perpendiculares a la dirección en que se está excavando, para una máxima adherencia al terreno y para impedir el arrastre de la máquina. En trabajos con equipo retro, por debajo del nivel del terreno en que se sitúa la máquina, la propia cuchara hace que las cadenas se peguen más al terreno, con lo que es difícil que patine la excavadora. Por el contrario, si se excava lateralmente respecto al rodaje, es fácil que la máquina resbale al coincidir la dirección de las garras de las tejas con la dirección en que se hace el esfuerzo.
- El rodaje debe posicionarse para excavación de modo que la rueda guía quede delante, más próxima al punto de excavación. La superficie de la rueda guía es plana y más ancha que la rueda cabilla y apoya sobre los eslabones de la cadena en una gran superficie; por el contrario, si es la rueda cabilla la que

queda más próxima al punto de excavación, los esfuerzos que se producen sobre ella pueden ser más perjudiciales que sobre la rueda guía. (La rueda cabilla solo apoya sobre los casquillos de la cadena). Hay que tener en cuenta que durante la excavación, aunque el rodaje este en contacto en toda su longitud con el terreno, ello no quiere decir que la presión sobre el suelo sea uniforme a lo largo de él, sino que se concentra más en la parte más próxima a la excavación

- En el ciclo de trabajo, en cada cuchara descargada hay que tratar de reducir al mínimo el giro de la superestructura para descargar la tierra. Son ángulos de giro normales los que van de 40 a 60 grados. Ángulos menores son difíciles de conseguir, y ángulos mayores indican un trabajo mal realizado o mal pensado.
- Los cilindros de trabajo, los que realizan el esfuerzo de excavar, son el balancín y el cucharón. Accionar los cilindros de elevación durante la excavación suele producir el cabeceo de la máquina, y además tienen poca fuerza de arrancamiento. Son más bien cilindros de posicionamiento de la pluma.
- Los cilindros del balancín y del cucharón realizan el máximo esfuerzo de arrancamiento, para una misma presión de aceite en el circuito, cuando actúan con máximo brazo de palanca respecto al punto de giro, es decir cuando la parte alta del balancín forma ángulo recto con la pluma y cuando la biela de la cinemática de la cuchara es perpendicular al balancín, respectivamente. Esto quiere decir que, dentro del alcance teórico de la excavadora, hay una zona óptima de trabajo, que es la zona en que se mueve la cuchara cuando la posición del balancín y cucharón es la más próxima a la descrita anteriormente.



Se puede simplificar diciendo que la posición optima de trabajo es un metro y medio antes y después de la posición vertical del balancín. Ello quiere decir que la excavadora, cuando zanja y se quiere trabajar en la zona de rendimiento optimo, tiene que ir excavando en tramos de unos tres metros de longitud, o dicho de otro modo tiene que ir desplazándose de tres en tres metros. (Este dato es aproximado y depende del tamaño del balancín que lleve la excavadora). El alcance teórico de la excavadora es mucho mayor, no conviene trabajar a máxima distancia porque el rendimiento baja mucho. Por otra parte hay que tener en cuenta que los tres bulones del balancín no están alineados y por lo tanto la posición de máxima fuerza no es exactamente en la vertical sino un poco más hacia afuera. Si hiciéramos coincidir el bulón de articulación del balancín con el centro de la esfera de un reloj, la mejor zona de utilización del balancín iría de las 8 a las 5 horas.

Capítulo 3: Normas para el desplazamiento de la excavadora.

- Anular el giro de la superestructura colocándola en posición longitudinal con el tren de rodaje y fijando el bulón de anulación de giro. Así no cabe el error de accionamiento del giro, lo que puede ser peligroso. Además, esta maniobra se completa con el accionamiento del freno de giro de estacionamiento.
- Desplazarse siempre con la rueda guía del rodaje en posición delantera (esto no vale en los desplazamientos cortos que se hacen en zanjado). En el desplazamiento de las excavadoras de cadenas son aplicables al rodaje las mismas normas que valen para los tractores de cadenas, por ejemplo que los desgastes en marcha atrás son mucho mayores que en avance, pero con la particularidad de que para un mismo tamaño de cadenas de rodaje la excavadora pesa más del doble que el tractor de cadenas.
- Normalmente el funcionamiento del freno de traslación, que inmoviliza las cadenas, es a prueba de error en su manejo. Es el propio pedal del mando de traslación el que en su primera parte de recorrido actúa sobre el freno de traslación quitándolo o poniéndolo. Por supuesto la capacidad de frenado de la excavadora es suficiente para inmovilizar las cadenas en cualquier pendiente en que se pueda situar por sí misma.
- Los trasladados de la excavadora deben ser reducidos al mínimo. El rodaje de estas está diseñado para ofrecer un buen apoyo a la máquina y para moverse ella misma de un sitio a otro, pero no está construido para recorrer grandes distancias, y menos trabajar como máquina de empuje o de remolque. El rodaje

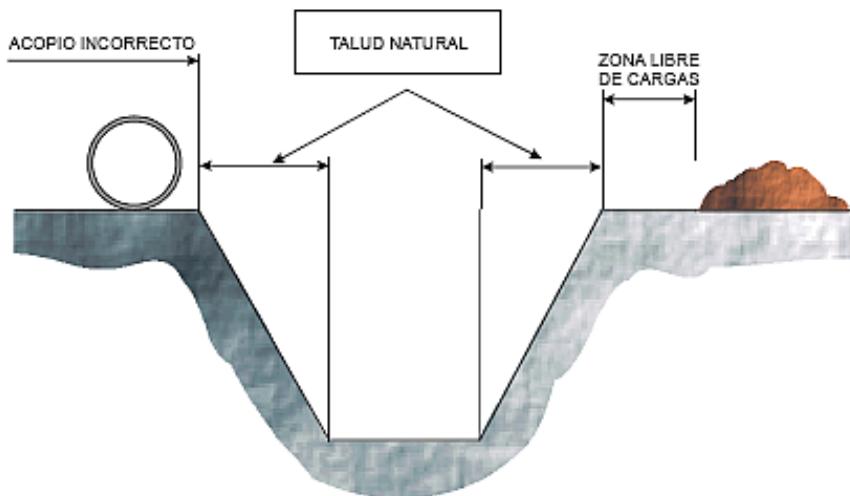
de la excavadora es muy largo y las tejas muy anchas; esto nos indica que dicho rodaje no es para caminar continuamente sino para proporcionar superficie de apoyo. Por otra parte, la velocidad de desplazamiento de la excavadora de cadenas no es elevada.

- La maniobra de elevar un extremo del rodaje apoyando la cuchara en el suelo, con objeto de reposicionar la excavadora o girarla in situ, es poco recomendable porque todo el peso se concentra en la rueda guía o en la rueda cabilla. De ser necesario hacerla, realícese de modo que la rueda que queda apoyada en el suelo sea la rueda guía.

Capítulo 4: Realización de zanjas.

Elección de la cuchara: La excavación de la zanja se hará con la cuchara que nos excave directamente el ancho de la zanja, sin necesidad de tener que desmoronar los laterales. Téngase en cuenta que, en promedio, la zanja queda unos 15 centímetros más ancha que la cuchara, dependiendo de la consistencia del terreno, y que quedará algo más ancha en la parte superior de la zanja. Quiere esto decir que utilizaremos una cuchara algo más estrecha que el ancho de la zanja. Si la zanja a excavar es mucho más ancha que la cuchara, obligara a ir desmoronando los laterales, lo que hace que el trabajo sea más lento además de quedar las paredes peor acabadas. Por ello, será preferible cambiar a una cuchara más ancha que dé directamente el ancho de la zanja necesaria. Si la zanja va a permanecer abierta mucho tiempo, hay que prever posibles derrumbes de las paredes, dando a la zanja desde el momento de su excavación forma trapezoidal al menos en su mitad superior; para ello se utilizará el correspondiente cucharón trapezoidal.

Talud: Si la zanja es poco profunda y el terreno es poco compacto, no hace falta realizar un talud en las paredes; en caso contrario, y más todavía si va a transitar personal por el fondo de la misma, hará falta un talud en evitación de accidentes. Si la zanja atraviesa zonas de material de relleno (por ejemplo si se cruza con otra zanja ya tapada), aumenta mucho el riesgo de desmoronamiento de las paredes. Normalmente la zona más propicia a desmoronamientos es la mitad superior de la zanja, que será en la que haya que realizar un talud. La parte inferior puede quedar con paredes verticales. En casos extremos, habrá que encostrar o entibiar; los encofrados para zanjas pueden ser cajas prefabricadas de chapa; para manipularlas, la misma excavadora se adapta perfectamente.



Realización de un tendido subterráneo: Cuando la zanja se abre para colocar una conducción de cualquier tipo, especialmente si son tubos de hormigón, hay dos formas de plantear este trabajo: la primera es excavar toda la longitud de la zanja, colocando posteriormente los tubos; la otra manera de realizar este trabajo es traer primeramente los tubos y colocarlos a un lado de la traza de la zanja, y luego ir realizando simultáneamente el zanjado y la colocación de los tubos. Si es posible elegir, esta segunda manera de plantear el trabajo, es mejor por varias razones: al colocar los tubos inmediatamente después de abrir la zanja, los posibles desprendimientos de tierra caen ya sobre la tubería instalada y no desnivelan el fondo; tampoco es necesario realizar un talud en la zanja; además el operario tiene una visibilidad muy buena de la zona de trabajo y de colocación de los tubos, ya que si coloca los tubos después de abrir la zanja tendrá que ir con la excavadora por un lado de la misma, con peor estabilidad en manejo de tubos (la mejor estabilidad de la excavadora es frontalmente) y con peor visibilidad del fondo; además, es más fácil presentar los tubos si la máquina está alineada con la zanja, ya que entonces se utiliza la botella del balancín y de la cuchara, mientras que si va a un lado de la zanja deberá utilizar el giro, que es mucho más impreciso y tiene menos fuerza que el balancín; además la excavadora no tiene que volver a la obra por segunda vez para colocar los tubos. Por todas estas razones, es mejor que siempre que se pueda se haga previamente el acopio de tubos, para colocarlos conforme se zanje. Lógicamente, para tapar la zanja definitivamente convendrá tener toda la tubería ya instalada, para comprobar su estanqueidad; a veces la excavadora lleva una pequeña hoja de empuje para tapar la zanja, pero esto es más frecuente en las excavadoras de ruedas. Es un trabajo poco adecuado tapar zanjas en las excavadoras de cadenas ya que exige muchos desplazamientos y maniobras, en contra de las normas para desplazamientos que se han dicho antes. Lo que suele hacerse es desmoronar algo de tierra sobre los

tubos una vez colocados, para que queden protegidos de desprendimientos grandes de las paredes.

La forma correcta de realizar una zanja es la siguiente:

- La excavadora se sitúa en el eje de la zanja, y a unos tres o cuatro metros del punto de comienzo de la misma. Empieza a excavar en el eje de la zanja la parte de arriba (hasta un metro de profundidad) a lo largo de un tramo de unos tres metros (quedara un metro sin excavar hasta la excavadora, pero en este trozo el rendimiento de la misma es peor, según se ha dicho antes). A continuación, antes de desplazarse hacia atrás, se profundiza hasta la hondura que deba tener la zanja. Al excavar la profundidad completa de la zanja en dos fases sucesivas, la idea es que, si se pretende empezar directamente desde abajo y llevar toda la profundidad desde el principio, como la cuchara se llena normalmente muy poco trazo, al subir hacia arriba desmoronamos la parte superior que esta por excavar y caerá la tierra al fondo de la zanja con lo que luego tendremos que trabajar más para sacar dicha tierra desde el fondo de la zanja; si hemos retirado previamente la parte de la tierra de arriba de la zanja esto no sucederá.
- La tierra se deposita sólo a un lado de la zanja, para que quede libre el otro lado para acceso a la misma.
- Normalmente, si las zanjas a construir deben tener el fondo con inclinación, resulta más ventajoso empezarlas desde el extremo más bajo de la misma, para terminar en el punto más alto.
- Teniendo en cuenta que el giro de la excavadora y la elevación de la pluma debe reducirse al mínimo, las primeras cucharadas que se sacan de la zanja son las que deben descargarse más alejadas, más de lo que parecería sería necesario en un primer momento. Si se vierten próximas a la zanja, nos obligara a tener que pasar las últimas cucharadas por encima del montón formando con las primeras, aumentando innecesariamente la elevación de la pluma y el giro de la carga y haciendo trabajar sin razón a la excavadora. Un defecto de manejo muy extendido es el de elevar la cuchara más de lo estrictamente necesario para sacar la tierra de la zanja.
- Al realizar la zanja, hay que calcular aproximadamente el montón que formará la tierra que se saque de la zanja ya que dicho montón debe quedar algo alejado del borde de la zanja de modo que puedan transitar personas entre el montón y la zanja. Además, si se vierte muy próximo a la zanja, el peso propio del montón hundirá la pared y caerá al fondo. En definitiva, hay que dejar un

pasillo entre el montón y la zanja, cuya anchura será al menos unos 40 a 50 centímetros, y tanto mayor cuanto más inestable sea el terreno, más profunda sea la zanja, y más personas vayan a transitar.

- El fondo de la zanja debe quedar plano (bien horizontal o bien con cierta inclinación). Unas veces interesará que quede totalmente limpio de material suelto, lo que puede conseguirse aplanando el fondo con la parte exterior de la cuchara. Otras veces, puede dejarse material suelto arañando el fondo con los dientes de la cuchara, y este material sirve de lecho a las piezas que se vayan colocando en el fondo.
- Si hay que abrir una zanja en un terreno que sea a media ladera, conviene depositar el material excavado en el lado más bajo de la zanja: así la excavadora trabaja menos al tener que elevar menos el material excavado y por lo tanto avanza más deprisa, y el mismo material extraído puede usarse para nivelar la pista de avance de la cadena más baja de la excavadora, con lo que trabajara en horizontal como se dijo que debe hacerlo al dar las normas generales. Además, así es menos fácil que la tierra vuelva a caer a la zanja.
- La posición más ventajosa del implemento de trabajo al contactar con el terreno es aquella en que las botellas del balancín y cuchara ejercen fuerza máxima, como según se dijo antes, que corresponde a que el borde de corte de la cuchara forme un ángulo de 45º con el terreno, y el balancín este unos 45º más alejado de la vertical. Desde esta posición, cerrando el balancín y la cuchara, se va llenando esta. Una vez llenada en el porcentaje que se considere aceptable para el material que se está excavando, se abre el balancín y se recoge por completo el cazo, para que no se caiga el colmo del cucharón. Como el peso de la carga de la tierra o roca arrancada es muy pequeño en comparación del peso de la pluma, el balancín y la cuchara, y la máquina debe elevar ambos pesos, hay que procurar elevar la carga lo mínimo imprescindible.



Capítulo 5: Excavación y carga sobre remolque.

Hay dos situaciones frecuentes de carga sobre camión, diferentes una de la otra.

1. La primera es la carga de tierras en excavaciones en general, con posterior transporte en vertedero.
2. Otra es la carga y arranque de rocas o estéril con equipo de retro excavación.

La primera se suele hacer en las siguientes condiciones:

- Camión y excavadora en el mismo nivel o plano. Esto supone una lentitud grande en el trabajo, debido a que hay que elevar la carga a mucha altura (por encima del lateral del camión), además la maniobra de giro es bastante grande y la visibilidad de la caja del camión es muy mala.



- Camión y excavadora en diferente nivel. Esta es la situación ideal, siempre se debe de colocar la excavadora si es posible en un plano superior al del camión. Con esta situación se consigue que la carga sea más rápida, el ángulo de giro sea menor, y la visibilidad de la caja permite un mejor relleno de la misma. El camión siempre se debe situar en posición longitudinal con respecto a la excavadora.



La segunda situación requiere para realizarla correctamente una buena planificación en la cual hay que plantearse las siguientes preguntas:

- 1) Cuál es la mejor altura del banco.
- 2) Cuál es el ángulo de giro más favorable.
- 3) Cuál es la zona optima de donde la excavadora debe arrancar el material.
- 4) A qué distancia de la excavadora debe colocarse el camión.
- 5) En qué momento de llenado de la cuchara debe iniciarse la subida de la pluma.
- 6) Cuál es la mejor orientación del camión respecto a la excavadora.
- 7) La altura máxima del banco va desde un máximo que es la longitud del balancín (es decir, la distancia entre los dos bulones del mismo), y un mínimo que es la altura del fondo de la caja del camión. Cuanto más inestables sean los materiales que excavamos, más deberemos reducir la altura del banco.
- 8) El ángulo de giro más apropiado viene a ser de unos 60° . El camión colocado en paralelo pero un poco adelantado con respecto a la excavadora.
- 9) La zona del talud en que debe recogerse el material es de unos 15° a uno y otro lado del eje de la excavadora, depende de la longitud de la pluma.
- 10) La distancia a la que debe estacionarse el camión es tal que el bulón del extremo de la pluma caiga en la vertical del tablero lateral más próximo del camión.

Capítulo 6: Manejo de cargas

La excavadora hidráulica es utilizada frecuentemente como grúa, trabajo al cual se adapta perfectamente. En particular, la excavadora de cadenas puede transportar, a pequeñas distancias y dentro de la obra, pesados elementos de construcción, y con ventaja sobre las de ruedas ya que es mucho más estable. Las cargas que maneja la excavadora son con frecuencia tubos de hormigón.

La carga que puede elevar una excavadora depende de los siguientes factores:

- El peso de la misma y la situación de su centro de gravedad.
- La distancia del centro de gravedad al punto del rodaje alrededor del cual se iniciaría el vuelco. Se comprende que, según la orientación de la pluma, la carga de vuelco será máxima cuando la pluma está orientada hacia adelante o hacia atrás y mayor todavía cuando este orientada un poco ladeada con el peso sobre la rueda guía.
- La horizontalidad o la inclinación del terreno donde se encuentra la máquina.
- La mayor o menor apertura del balancín.
- La capacidad hidráulica de la máquina.

Las normas a seguir en manejo de cargas son las siguientes:

- Úsense cables cortos, de modo que la carga oscile poco.
- Manténgase la carga cerca del suelo, justamente despegada de él.
- No debe izarse una carga pesada a base de estirar el balancín a su máximo alcance. Es mejor que la excavadora se aproxime a la carga.
- Al manipular las cargas (tubos u otras), no se debe pasar con la carga por encima de personas.
- Al transportar la carga esta se debe llevar lo más cerca posible de la máquina y del suelo.



Capítulo 7: Excavaciones para edificación.

Las excavaciones para cimentaciones son un trabajo habitual para excavadoras hidráulicas. Las normas a seguir durante el trabajo son las siguientes:

- Empezar a excavar por la parte que ha de quedar más baja, para permitir que si llueve el agua no estorbe la continuación de la excavación, de modo que el punto de excavación este seco.
- Lo más práctico si es posible consiste en hacer el arranque y la carga al mismo tiempo.
- La excavación se empieza por una esquina, dejando el montón a la izquierda de la máquina y quedando la zona de excavación a la derecha de la misma.
- Dejar las esquinas de la excavación libres de tierras para depositar materiales de construcción.
- Poner el eje de la excavadora paralelo a la pared de la excavación, de modo que se pueda perfilar el plano de la misma con toda facilidad



Capítulo 8: Trabajos con el martillo hidráulico.

Parte de este capítulo se trata en el apartado dedicado a los martillos como implemento de una excavadora, con lo que solamente se repasan algunas cosas.

Aplicaciones:

- Construcción de carreteras; para romper el pavimento.
- Minería; para taqueo de bloques grandes producidos en voladura.
- En derribos de edificios y de cimientos.
- Obras de canales o de conducciones, para abrir zanjas en terrenos rocosos o donde no se puedan utilizar explosivos.
- En minería subterránea, para limpieza de techos y saneamiento de galerías.
- Colocación de pilotajes por percusión, que se introducen por impacto sobre el terreno.

Debe tenerse presente lo siguiente en el trabajo del martillo:

- Nunca debe accionarse el martillo en vacío, sino apoyando previamente el puntero en la superficie que se trate y dejando el peso del implemento sobre esta superficie.
- Una vez fragmentada la roca, déjese inmediatamente de accionar el mando del martillo hidráulico para que este no golpee en vacío.
- El puntero debe quedar lo más perpendicular posible a la roca que se pretende fragmentar, para que el impacto sea lo más efectivo posible.
- Hay que procurar también golpear en el centro de la roca, sino esta se girara sobre si misma perdiendo eficacia el trabajo.



1.2.3. Características técnicas.

Capítulo 1: Principios de diseño

A la hora de plantearse el diseño de equipos de construcción debemos tener muy claro que la maquina en cuestión deberá cumplir unos principios de diseño como:

- I. Fiabilidad.
- II. Duración.
- III. Productividad.
- IV. Confort.

Capítulo 2: Componentes de la excavadora.

Una excavadora hidráulica está constituida por un bastidor principal al que se unen el sistema de desplazamiento (rodaje o neumático), una corona de giro, una superestructura que monta la planta motriz, la cabina y el equipo de trabajo formado por una pluma, un balancín y un cucharón.

Pasamos a describir en mayor profundidad de que elementos está compuesta una excavadora, para ello dividiremos la maquina en tres grandes grupos:

- Tren de rodaje.
- Bastidor
- Superestructura o unidad giratoria.
- Órgano de trabajo

Tren de rodaje:

El 24 de noviembre de 1904 se ensayó el primer tractor de cadenas de marca Holt. La prueba constituyó un éxito rotundo que dio lugar a que inmediatamente se popularizase el sistema por la gran atención prestada por la prensa de la época.

Han pasado casi cien años desde su invención y el sistema todavía pervive, aunque a lo largo de los años sus componentes y funciones han ido cambiando y adaptándose a las nuevas tecnologías y nuevas necesidades de rendimiento y producción de las modernas máquinas de movimientos de tierras.

Actualmente varios modelos de máquinas montan trenes de rodaje, (excavadoras, buldóceros, cargadoras de cadenas, tractores agrícolas, etc.). Existen diferencias entre unas aplicaciones y otras y entre unas máquinas y otras, pero en este artículo vamos a hablar de los componentes generales de los rodajes y su funcionamiento.



Aspectos a tener en cuenta:

- Flotabilidad: seleccionar la longitud de cadena en contacto con el suelo y su ancho
- Estabilidad: seleccionar el ancho y longitud del tren y un buen reparto de masas que garantice estabilidad.
- Máxima tracción: seleccionar la zapatas y garras apropiadas para el movimiento de la maquina.

Componentes:

- **Eslabones.** Es la parte que sirve de unión al conjunto de la cadena y sobre la cual se desliza la máquina. Lleva dos perforaciones en los extremos donde se alojan los bulones y los casquillos. Por un lado lleva el riel que es donde se deslizan los rodillos para el movimiento de la máquina y por la otra lleva dos taladros donde se atornillan las tejas de la máquina.



- **Pasadores o bulones.** Van alojados dentro del casquillo y tienen dos funciones: Mantener unido un eslabón con el siguiente y articular la cadena haciendo de bisagra.

- **Bujes o casquillos.** Sirven de alojamiento a los bulones y es el soporte por donde las ruedas dentadas o cabillas efectúan la tracción para mover la cadena.
- **Zapatas o tejas.** Constituyen la superficie de contacto de la máquina con el suelo, van atornilladas a los eslabones de cadena.
- **Rodillos inferiores.** Tienen dos funciones: Primero soportan el peso de la máquina y luego sirven de guía al deslizamiento de las cadenas. Suelen ser de dos tipos: pestaña doble o pestaña sencilla. Estos últimos se usan más cerca de las ruedas cabillas y ruedas guías para que no interfieran con estas. Los de pestaña doble se colocan en el centro para que maximicen el efecto guía de la cadena.



- **Rodillos superiores.** Sirven de sustento y guía a la cadena en su parte superior.
- **Ruedas motrices o cabillas.** Son las ruedas dentadas que transfieren las cargas de impulsión del mando final a los casquillos. pueden ser enteras de una pieza o de varias piezas atornilladas para facilitar su reposición.
- **Ruedas tensoras o guías.** Guían la salida y entrada de la cadena en los rodillos inferiores, soportan el peso de la cadena y controlan la comba y la tensión de la misma.



- **Protecciones inferiores.** A lo largo del tren de rodaje en su parte inferior se pueden montar unas protecciones que tapan la entrada de material suelto entre los rodillos.

Las cadenas pueden llevar en su interior aceite lubricante que cerrado convenientemente por retenes evita el desgaste interno de las mismas, lo que permite la prolongación de su vida útil, puesto que los casquillos después de gastarse por una de sus caras es posible desmontarlos y girarlos para obtener el doble de horas de servicio.

Habitualmente las cadenas de excavadora suelen ser de tipo seco, es decir sin lubricación y el resto de las máquinas habitualmente suelen llevar cadenas lubricadas.

Las ruedas guías, rodillos inferiores y superiores tienen lubricación permanente por aceite internamente.

Cadenas:

Los tractores de ruedas con propulsión a vapor fueron la maravilla en su día. Fácilmente remolcaban grandes cargas, lo cual impresionaba a mucha gente.

El fracaso de estas máquinas fue que con frecuencia se atascaban en suelos blandos o barroso cosa por otra parte habitual en los primeros años del siglo pasado en el cual no existían las infraestructuras de carreteras asfaltadas y frecuentemente los caminos estaban encharcados y deslizantes. En muchos casos se podían pasar días enteros desatascando uno de estos gigantes de su prisión de barro.

En 1904 se ensayó el primer tractor de cadenas de marca Holt. La máquina cosechó un éxito rotundo trabajando en suelos blandos donde habían fracasado los tractores de ruedas. A causa de la apariencia de la primera máquina de Holt de cadenas y al hecho de que parecía arrastrarse por el suelo, los clientes comenzaron a llamarlas orugas, y se acuñó poco tiempo después la marca registrada "Caterpillar".

Esta marca ha estado presente en el negocio de trenes de rodaje desde 1925, cuando Benjamín Holt y Daniel Best se unieron para formar la compañía. Históricamente Caterpillar ha sido la compañía líder con nueva tecnología y conceptos en diseños de trenes de rodaje. Por ejemplo son innovaciones de Caterpillar los segmentos de rueda motriz atornillables, eslabones maestros de dos piezas, sellos dúo-cone para rodillos y ruedas tensoras, cadena con bujes rotatorios, rodillos de lubricación permanente, eslabones con refuerzo central, etc.

Tipos de cadenas:

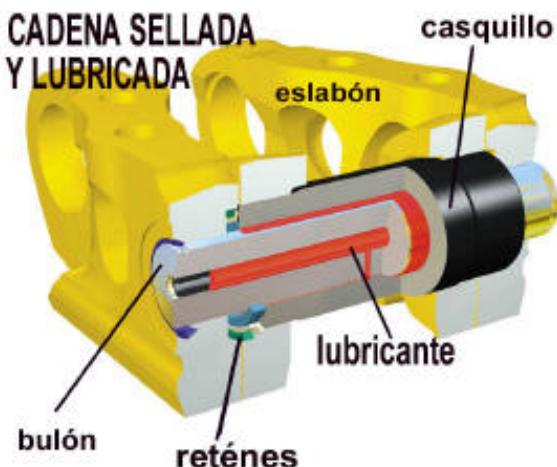
Los actuales trenes de rodaje utilizados en la maquinaria se clasifican en varios tipos dependiendo del sistema bulón-casquillo (ver componentes) que se use.

Los primeros rodajes que existieron contactaban directamente metal contra metal entre el bulón y el casquillo. Con el giro de las cadenas ambos componentes se desgastaban hasta el punto de destrucción en un corto periodo de tiempo. La suciedad se introducía entre el bulón y el asquillo y aceleraba el proceso de destrucción. Además el contacto del casquillo contra la rueda cabilla producía también un desgaste exterior en el casquillo. Por otra parte los eslabones se desgastaban en contacto con las ruedas guías y los rodillos inferiores y superiores.

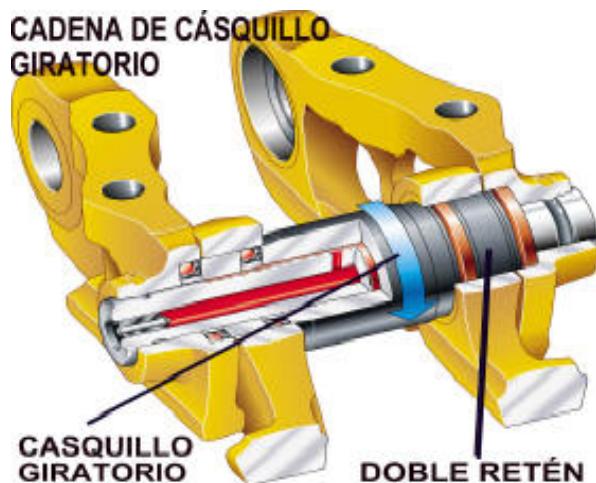
Más tarde se introdujo un retén que impedía la entrada de suciedad entre los bulones y los casquillos lo que retardaba el desgaste que se producía en el conjunto. A este tipo de cadenas se le llama **cadena sellada**. Son las cadenas que vemos habitualmente en casi todas las excavadoras de cadenas.

Una variante de este sistema lo constituyen las **cadenas lubricadas con grasa** que es una cadena sellada en la que se le introduce grasa en el interior en el momento del montaje. Lo utilizan algunas casas comerciales últimamente en sus excavadoras.

A continuación se cambió el sistema de retenes y se introdujo aceite entre el eslabón y el casquillo. Son las **cadenas selladas y lubricadas**. Con esto se consigue que el desgaste interno entre el bulón y el casquillo sea prácticamente inexistente, prolongando la vida útil del conjunto de las cadenas pasando a ser el desgaste externo de los casquillos el factor crítico de destrucción de la cadena. Este tipo de cadenas selladas y lubricadas requieren normalmente un mantenimiento a la mitad de su vida útil. Se desmonta todo el conjunto y al montarlo de nuevo se giran los casquillos 180 grados de manera que la parte más desgastada pase al lado contrario, con lo que si el desgaste del eslabón lo permite se disponga de un 50% más de vida. Es necesario un seguimiento del rodaje para determinar el punto en el cual es necesario el mantenimiento. Este tipo de rodajes se usan normalmente en palas de cadenas, bulldócer, tiende tubos, etc.



Un paso más adelante lo constituyen las **cadenas de casquillo giratorio** que es el último invento de Caterpillar.



Este tipo de cadenas además de ser selladas y lubricadas llevan un doble sistema de retenes que permite el giro libre de los casquillos al entrar en la rueda de tracción o rueda cabilla, con lo que se evita el desgaste externo de los casquillos como factor crítico de destrucción y además se descarta el mantenimiento de las cadenas con el consiguiente ahorro de costes. Este sistema por sus costes se aplica solamente en bulldócer de momento. Este invento posiblemente en unos pocos años revolucionará los trenes de rodaje de la maquinaria, modificando posiblemente la conexión de todos los componentes del sistema. Actualmente existen muy pocas máquinas en el mercado con este tipo de rodajes, pero no nos cabe la menor duda de que el futuro lleva este camino.

Los rodillos inferiores, superiores y ruedas guías llevan también aceite en el interior de sus ejes para evitar el desgaste prematuro.

Factores que influyen en el mantenimiento de rodajes:

Los tractores y palas de cadenas así como las excavadoras de cadenas tienen en común el rodaje, pero en el caso de los dos primeros este componente supone un coste muy elevado en el costo horario de la maquina, mientras que en el caso de las excavadoras de cadenas aun suponiendo también un coste, este es mucho menor dadas las características de funcionamiento de cada una de las maquinas.

Generalmente en tractores y palas cargadoras de cadenas se suelen utilizar los rodajes con lubricación permanente de su sistema de bulones y casquillos, mientras que en las excavadoras el sistema va montado en seco, aunque la tendencia general en estos momentos es el de lubricar de forma permanente los rodaje de excavadora con grasa. En el caso de los primeros como se puede suponer es crítico el que el aceite que lubrica el interior del rodaje se conserve dentro del mismo el mayor tiempo posible, para lo cual estos rodajes están dotados de unos retenes que impiden la salida del aceite al exterior. En las excavadoras también llevan retenes aunque su utilidad está más bien orientada a evitar la entrada de materiales dentro del casquillo-bulón, con el fin de que estos materiales no contribuyan al desgaste de los componentes internos de la cadena.

Como consecuencia de las diferentes formas de trabajar de unas máquinas y otras, ya se ha dicho que la influencia del rodaje en el costo horario de la máquina, puede ser importante.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, se va a tratar en estas líneas del mantenimiento de los rodajes de los tractores y palas cargadoras.

Hay tres tipos de factores que influyen en el mantenimiento de los trenes de rodaje: Factores no controlables, factores derivados de la forma de trabajo de la máquina y factores controlables.

Factores no controlables.

Son aquellos en los que no tenemos ninguna influencia durante el trabajo y que pueden mantenerse constantes o variar según se vaya avanzando la obra, son entre otros los siguientes:

- **Impacto** del material en las cadenas que depende del estado del terreno y la fragmentación del mismo.
- **Humedad** del terreno que varía en función del lugar en que se trabaja.
- **Abrasión** del material, depende del tipo de material en que se esté trabajando, existe una gran diferencia entre unos materiales y otros.
- **Compactación** del terreno, si es material suelto, voladuras, etc.

Factores derivados de la forma de trabajo de la máquina.

Son generalmente los factores derivados de la forma que tiene el palista de trabajar con la máquina, como tales son factores que en teoría se pueden controlar, pero en la práctica es muy difícil que un operador que lleva años con unas costumbres adquiridas, las pueda cambiar. Generalmente son actividades inconscientes que se suelen repetir en los ciclos de trabajo, pueden ser:

- **Velocidad inadecuada** en los ciclos de trabajo. Es importante no trabajar demasiado rápido con estas maquinas de rodajes, el exceso de velocidad aumenta de forma considerable el desgaste.
- **Tendencia a girar** siempre hacia un solo lado. Sobrecarga una de las cadenas y hace que el desgaste de uno de los lados sea distinto del otro con lo que a la hora de sustituir el rodaje, una de las cadenas no se habrá aprovechado en toda su extensión.
- **Trabajar en marcha atrás** de forma innecesaria. Se debe trabajar en marcha atrás lo mínimo imprescindible, en tractores de rueda cabilla elevada el mayor porcentaje de desgaste se produce en marcha atrás.
- **Patinaje de las cadenas** durante el ciclo de trabajo. Es algo obvio que si una cadena patina, se gasta contra el suelo sin producir ningún trabajo.

Factores controlables.

Son aquellos que se pueden controlar más fácilmente durante el trabajo de la máquina. Pueden ser:

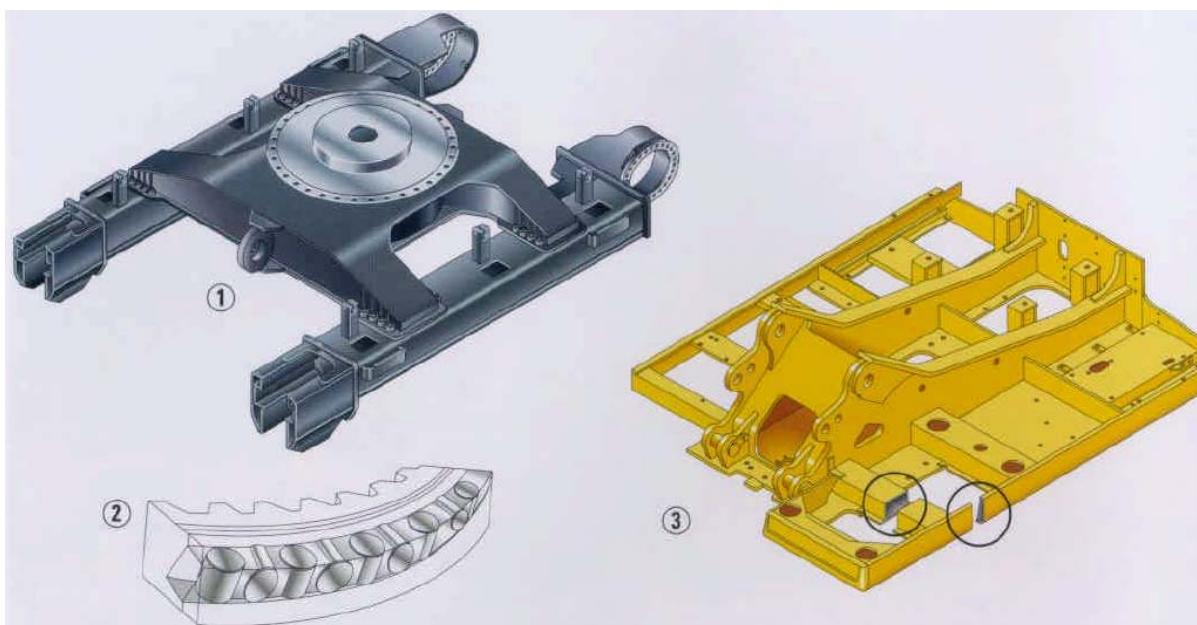
- El más importante es el **ajuste correcto de la tensión de las cadenas**. Es un factor crítico en el mantenimiento de los rodajes, puesto que una cadena demasiado tensa aumenta mucho su desgaste al igual que una cadena demasiado floja.
- Elección del **ancho de teja** más adecuado para el tipo de trabajo. Es aconsejable utilizar siempre la teja más estrecha posible que permita el tipo de trabajo de la máquina, esto permite un mayor empuje de la máquina y un menor gasto de combustible. Este factor no suele cambiarse a lo largo de la vida de una máquina, pero es conveniente que se tenga en cuenta a la hora de sustituir el tren de rodaje, porque puede ser una buena opción en ese momento cambiar el tamaño de las tejas.
- Controlar el **desgaste de las cadenas**, para poder efectuar su mantenimiento en el momento adecuado. Algunas marcas de maquinaria como por ejemplo Caterpillar ofrecen un servicio gratuito de medición de los trenes de rodaje por personal especializado, que le pueden aconsejar el mejor momento para

efectuar el mantenimiento, técnicas de operación y formas de reducir sus costos en rodajes.

- **Acumulación de material en las cadenas.** Durante los ciclos de trabajo se va acumulando material suelto en las cadenas lo que impide el correcto funcionamiento de los rodillos, ruedas guías, etc. Tan pronto como sea posible se debe limpiar la acumulación d material.
- Se deben **comprobar los casquillos** por la parte exterior todos los días justo después de terminar la jornada de trabajo con el fin de detectar calentamientos anormales que indican la perdida de lubricación de una de las secciones de la cadena. Esto puede servir para reparar una cadena averiada antes de que se rompa. Lo habitual en los rodajes es que se dé un periodo de garantía de lubricación de las mismas que generalmente suele ser de unas 4000 horas de funcionamiento al cabo de las cuales sería necesario sustituir los retenes de las cadenas.
- Revise todos los días visualmente el posible **aflojamiento de tornillos** en las cadenas, rodillos, sectores, etc. y apriete si fuera necesario.

Bastidor:

El bastidor tiene forma de H y es el elemento de transmisión de las cargas de la superestructura al tren de rodaje. Una gran corona central constituye el eje vertical alrededor del cual pivota la superestructura y el equipo de trabajo.



En las excavadoras sobre neumáticos, el chasis incorpora estabilizadores en sus extremos, accionados hidráulicamente.

Superestructura o unidad giratoria:

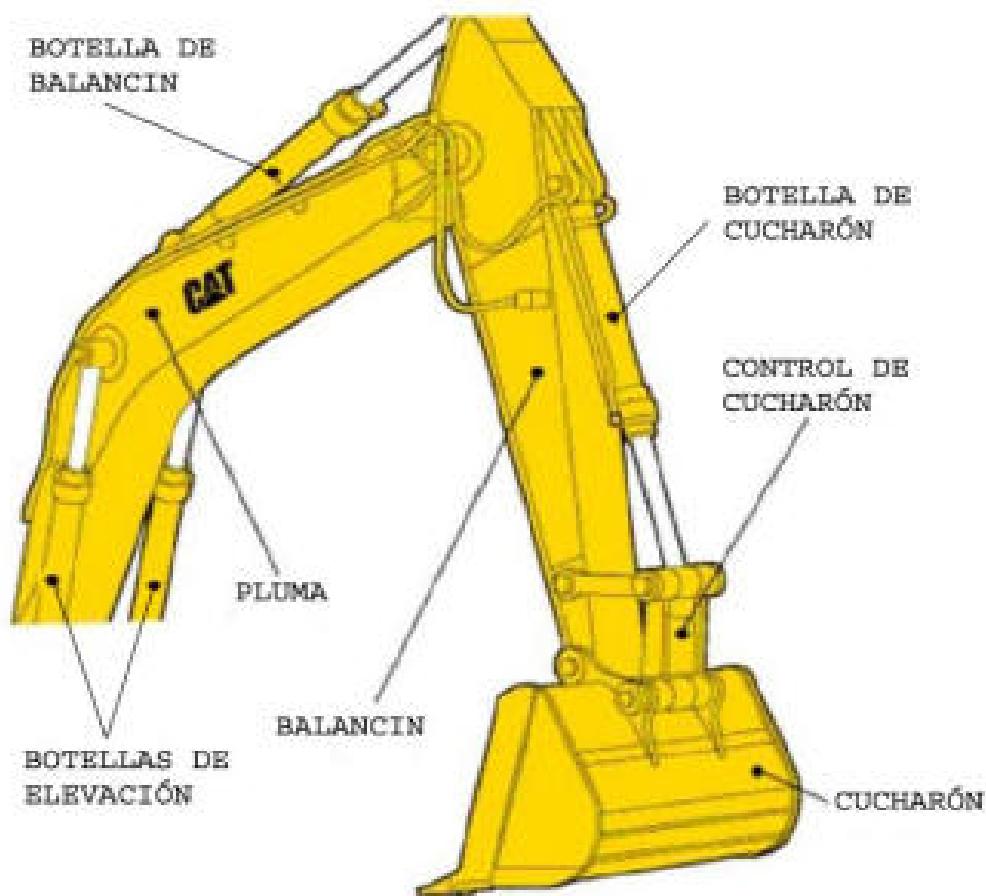
La superestructura porta la planta motriz y elementos auxiliares, además de la cabina y mandos de accionamiento, el motor y el reductor de giro junto al equipo de trabajo, las bombas hidráulicas, los depósitos de aceite y de combustible.

Los esfuerzos generados durante las operaciones de excavación, carga y giro, son absorbidos por la superestructura, que a su vez los transmite al chasis al que está unido mediante la corona de giro dentada.

- **Motor:** Las excavadoras habituales de las canteras, utilizan motores diesel que se sitúan en la parte posterior de la superestructura. Funcionan normalmente en régimen constante acoplado a las bombas hidráulicas que son las que accionan los diversos elementos móviles del equipo (cilindros hidráulicos, motores de translación y de giro). En los equipos modernos, el acoplamiento y regulación del motor pueden realizarse electrónicamente.
- **Sistema hidráulico:** El circuito hidráulico transmite la energía de la planta motriz a los cilindros y motores hidráulicos de translación y giro, dosificándola mediante un complejo sistema de regulación (mecánico, electrónico o mixto). Combina la variación del caudal de las bombas hidráulicas con la velocidad de giro del motor. El circuito principal acciona la elevación de la pluma, brazo, cazo y la translación. El motor de giro de la superestructura se alimenta a través del circuito secundario.
- **Cabina:** Es el habitáculo insonorizado, reservado para el operador del equipo, que le aísla y protege del exterior. Contiene los controles que gobiernan todos los movimientos de la excavadora, el panel de instrumentos, el asiento con suspensión ajustable, el cinturón de seguridad, la calefacción y el aire acondicionado. Se sitúa en la esquina delantera izquierda del bastidor de la superestructura.
- **Controles y panel de instrumentos:** Los controles se agrupan en la cabina y accionan: el sistema de translación, los giros de la máquina, los movimientos del equipo de trabajo y la climatización. El panel de instrumentos incluye: los indicadores (analógicos y/o digitales) y los testigos de aviso de funcionamiento anormal.

Órgano de trabajo:

La pluma, el brazo (balancín), y el cazo constituyen el equipo de trabajo. Están articulados entre sí y se accionan mediante cilindros hidráulicos. La pluma y el brazo están diseñados para soportar las diversas tensiones que se originan en una excavación. En ocasiones, se reemplaza el cazo por un martillo hidráulico para realizar determinadas operaciones.



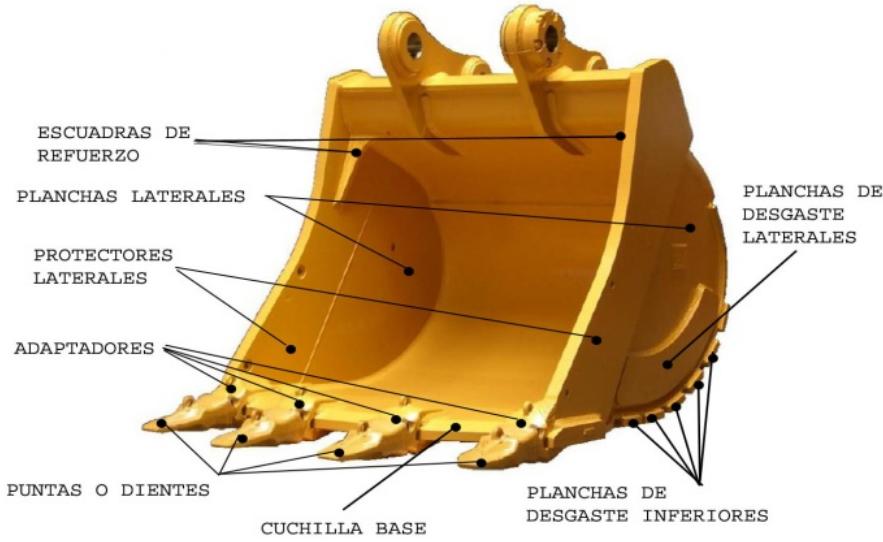
Cuchara o cazo

Las mini excavadoras poseen gran cantidad de aplicaciones gracias a la variedad de implementos que pueden ser montados en ella, de estos implementos el más importante y por supuesto el más utilizado es el cucharon o cazo. A continuación se va a explicar en más profundidad diferentes aspectos de la cuchara de una excavadora.

Partes de una cuchara de excavadora

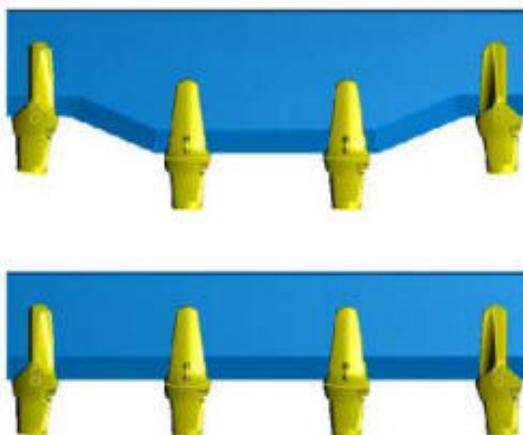
En la foto que vemos a continuación vemos las partes de que se compone una cuchara de excavadora equipada en este caso con puntas o dientes de penetración afilados.

Estos son los componentes que generalmente se montan en todas las marcas con pequeñas diferencias entre las mismas.



Hay distintos tipos de cucharas para excavadoras según sea el trabajo para el cual sean destinados. Generalmente en cuanto a la forma del cucharón se puede utilizar distintos cucharones para efectuar la carga sobre camión, para arrancar material, para colocar escollera, para zanjejar, etc.

En función de la cuchilla base pueden ser de uso general para carga o zanjeo de cuchilla recta o bien de roca si la cuchilla es en delta. Vemos en la imagen siguiente los dos tipos de cuchillas.



Si queremos utilizarlo para colocar escollera o cargar grandes rocas lo más aconsejable es una cuchara con los protectores laterales en curva para permitir asentar las rocas en el lateral con más facilidad. Como muestra la cuchara de la siguiente foto.

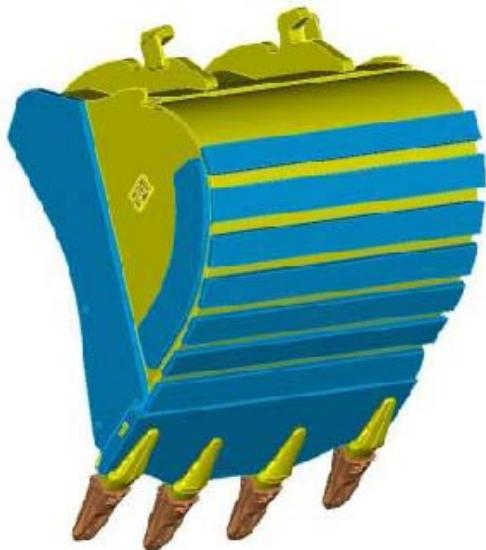


Hoy en día se utilizan cada vez más las barras de protección laterales que vienen indicadas en la foto siguiente, con el fin de proteger los laterales de la cuchara que son las zonas más expuestas del mismo y las que generalmente determinan el momento de la reparación. Estas barras nos permiten alargar la vida útil de la cuchara.



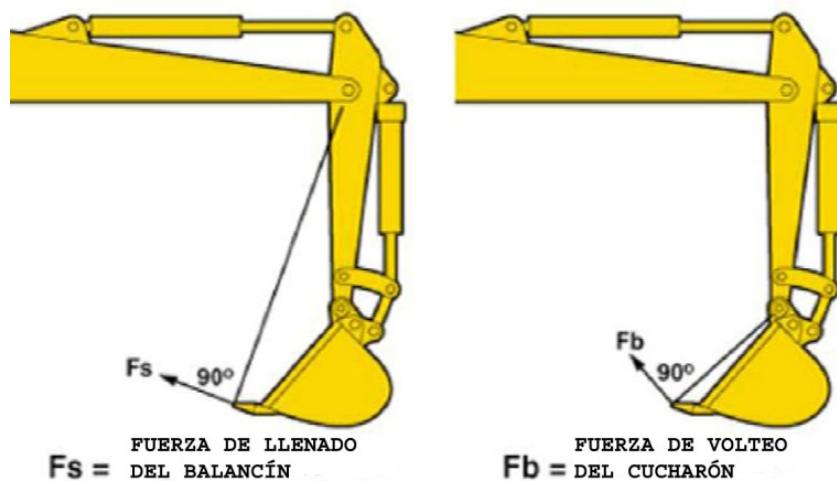
En el fondo de la cuchara suelen colocarse barras transversales de protección para evitar el desgaste prematuro del mismo. Se colocan de forma transversal por dos motivos, teniendo en cuenta que la parte que más se desgasta es siempre la más próxima a la cuchilla, si estuvieran el otro sentido habría que arrancarlas todas cuando el desgaste fuera excesivo, colocadas transversalmente solo hay que cambiar aquellas

más próximas a la cuchilla que se desgasten más. En segundo lugar el material que se acumula y compacta entre las chapas actúa de protección del fondo y contra el desgaste, en caso de estar colocadas longitudinalmente el material sería arrastrado y desgastaría más el fondo y las propias chapas.



La fuerza de llenado del balancín viene dada por la distancia entre la punta de la pluma y el diente de cucharón sumado el brazo del balancín. Y la fuerza de volteo del cucharón que es la distancia entre el centro del bulón de punta del balancín y la punta del diente del cucharón. Este aspecto puede ser útil para comparar y distinguir distintas fuerzas sobre el catálogo.

Ambas se especifican en la figura siguiente.



Otros implementos:

Martillo: Los principios básicos de la actuación de un martillo hidráulico y la correspondiente herramienta (pica), consisten en transformar la potencia hidráulica de la maquina en impactos mecánicos, el método practico varía según el fabricante.

La mayoría de los martillos hidráulicos tienen componentes en común:

- Válvula distribuidora.- Controla los movimientos del pistón.
- Acumulador de gas o membrana.- Restaura la energía.
- Cilindro o cuerpo.- Permite el deslizamiento del pistón.
- Pistón.- Produce el movimiento de percusión.

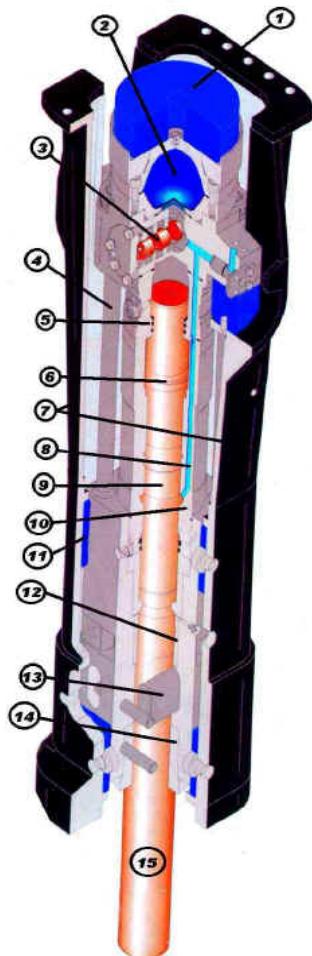
Por el principio de funcionamiento los martillos hidráulicos se pueden dividir en los siguientes tipos:

- Alta presión.- El martillo acelera el pistón con la ayuda de un acumulador de alta presión tipo membrana.
- Alta presión + Gas.- Además de un acumulador de alta presión, lleva un acumulador de nitrógeno alrededor de la cabeza del pistón; este recibe parte de su energía del gas y parte del acumulador.
- Presión de gas.- El martillo solo restaura la energía con un acumulador de gas.
- Baja presión.- El martillo lleva un circuito de presión independiente, que se regula con una válvula de control.



A continuación se indican los componentes y características que componen un martillo de alta presión.

- 1) Amortiguador: Evita el retroceso y absorben los impactos de choque sobre la maquina y el martillo.
- 2) Acumulador: Generalmente lleva una membrana tipo diafragma.
- 3) Válvulas hidráulicas: Controlan la presión hidráulica.
- 4) Tirantes: Sujetan los componentes principales unidos y alineados.
- 5) Porta juntas: Sirven para situar los retenes que evitan las fugas.
- 6) Freno hidráulico: Amortigua los golpes en vacío y evita el contacto metal contra metal entre la camisa y el pistón.
- 7) Carcasa: Protege los componentes de los impactos externos a la vez que sirve de soporte a todo el conjunto.
- 8) Conducciones de aceite: Permiten el paso de aceite interiormente.
- 9) Pistón: Produce el movimiento y la potencia que se transmite a la pica.
- 10) Camisa: Controla los movimientos del pistón.
- 11) Placas de desgaste: Están situadas en las cuatro esquinas de la célula de potencia y su misión es amortiguar los impactos y reducir el ruido.
- 12) Casquillo superior: Sirve para guiar la parte superior de la pica y alinearla con el pistón.
- 13) Pasador de retención: Sujeta la pica en su sitio durante el funcionamiento de la herramienta.
- 14) Casquillo inferior: Guía la pica en su parte inferior, está sujeto a importante desgaste. Es conveniente que sea fácil de cambiar.
- 15) Pica: Es el elemento que efectúa el impacto contra el material. Generalmente es el componente que hay que cambiar más a menudo.



Hay dos formas de efectuar operaciones con los martillos:

- a) Por penetración.
- b) Por impacto.

Penetración.

Trabajos en zanjas, hormigón, excavación masiva. Se debe usar como herramienta picas de tipo cincel o tipo lápiz. El material será blando, estratificado o plástico.

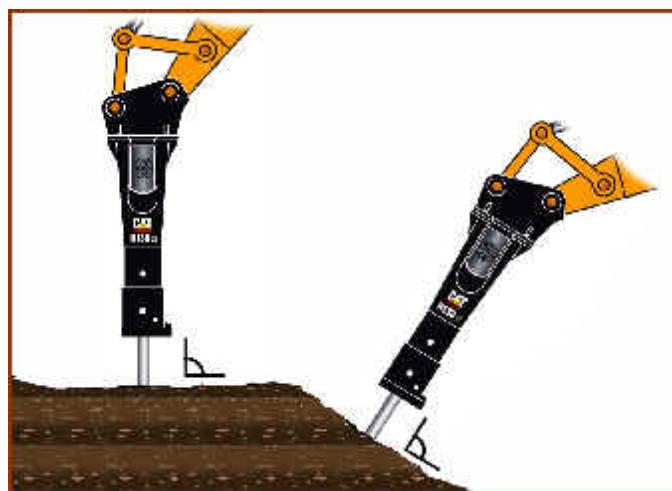
Impacto.

Para romper piezas de tamaño grande en canteras, se debe usar picas romas en materiales duros, quebradizos y abrasivos.

Posición de la máquina:

No se debe trabajar hacia los lados de las cadenas de la máquina. La operación hacia los lados da lugar a cargas torsionales en la cadena opuesta al lado de trabajo pudiendo provocar daños importantes en el bastidor de la máquina.

Se debe trabajar siempre con los cilindros en posición intermedia, es decir el cilindro del balancín y el del cucharón deben de estar con aproximadamente la mitad del vástago fuera.



Métodos correctos:

Se debe parar siempre el martillo antes de que el material colapse. Los golpes en vacío provocan mucho desgaste y averías prematuras.

Nunca se debe golpear más de 15 segundos seguidos con el martillo. Si el material no se rompe coloque la pica en otra posición una vez transcurrido este tiempo. Al trabajar mucho tiempo en un solo punto se produce una bolsa de polvo que provoca amortiguación del impacto, calor y desgaste prematuro de la pica y el martillo.

Mantenga el martillo siempre en un ángulo de 90° con respecto al material que se quiere romper. Efectúe presión sobre el material a romper pero no excesiva.

No se debe hacer palanca con la pica enterrada en el material ni empujar la misma en un ángulo distinto del recto con respecto al material. La pica es de una gran dureza pero es también muy frágil. Cualquier pequeño esfuerzo de la misma en otro sentido que no sea el de trabajo dará lugar a su rotura.

Si la temperatura es inferior a 20°C bajo cero se debe calentar el martillo y la pica antes de trabajar. La temperatura del aceite hidráulico nunca debe sobrepasar los 80°C.

Enganche rápido manual: Es importante cuando se piensa en comprar una nueva excavadora tener en cuenta cual es el trabajo para el cual se va a utilizar de una forma habitual, pero no es posible en la mayoría de los casos estar el cien por cien del tiempo trabajando con el mismo implemento. Aunque se use siempre cucharón será de una u otra medida dependiendo del trabajo que se realice, otras veces se debe usar martillo para picar y luego cucharón para extraer el material, etc. Teniendo en cuenta esto, es conveniente, pensar en la necesidad de que la máquina monte de origen un acoplamiento rápido, que nos permita cambiar rápidamente y sin esfuerzo de un cucharón a otro, o de un implemento a otro.



Existen en el mercado actualmente distintos acoplamientos rápidos para excavadoras los cuales se pueden clasificar básicamente en dos tipos:

Acoplamientos de bulones y acoplamientos de placa. Ambos pueden montarse opcionalmente en la excavadora para que la apertura y cierre de los mismos se efectúe mecánicamente en cuyo caso se requiere que el operador descienda de la máquina para quitar y poner la traba, o bien, hidráulicamente de manera que la traba se maneja desde la cabina por medio de un interruptor, sin necesidad de descender, salvo en el caso que se requiera la conexión mecánica de latiguillos o tuberías como es el caso de los martillos.

Los **acoplamientos de bulones** se caracterizan por que no es necesaria ninguna reforma de los implementos o de los soportes de los mismos que utiliza la excavadora, y en cualquier momento se puede sustituir directamente el acoplamiento por el propio implemento sin más problema que el de sacar y meter los bulones. Generalmente estos acoplamiento tienen un precio más asequible que los de placas, porque estos últimos requieren una reforma en los acoplamientos o en los soportes de los acoplamientos para adaptarlos al nuevo sistema, lo cual encarece bastante la operación.



Los acoplamientos de bulones al llevar cuatro bulones presentan un desgaste doble que constituye el principal problema de estos, así como el hecho de que aumentan la longitud del brazo de balancín con la consiguiente pérdida de fuerza de arrancamiento de la máquina.

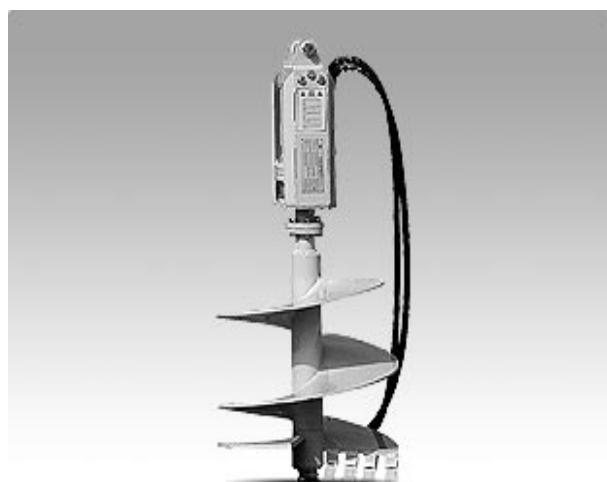
Los **acoplamientos de placa**, además de su mayor precio, tienen el inconveniente de que los implementos no se pueden utilizar sin el acoplamiento. Se caracterizan por necesitar, como ya mencioné anteriormente, una adaptación de los cucharones y demás implementos de la máquina. Por otra parte generalmente no

aumentan el brazo de balancín al estar estudiados de forma que su grosor no sea mayor que el original ocupado por las orejetas del cucharón estándar. Suelen venir montados por fabricante de la máquina y adoptan distintas variantes en función de la solución adoptada por cada marca. En general no presentan desgaste doble de bulones puesto que solo llevan un juego y se diseñan de forma que no les afecten los desgastes derivados del trabajo. Son en general más eficaces que los de bulones.



Las ventajas e inconvenientes de unos y otros quedan expuestas y adoptar una solución u otra se verá en función de los intereses de cada trabajo. Es pues muy importante contemplar la posibilidad, cuando se adquiere una nueva excavadora, de montar un acoplamiento rápido.

Hoyadora: Las posibilidades de utilización de las hoyadoras son múltiples. Ideal para la plantación en las explotaciones guardabosques, el jardín y en la creación del paisaje, para la colocación de los postes y para la perforación de las cimentaciones.



Capítulo 3: Características técnicas de la mini excavadora a diseñar.

Este tipo de maquinas tienen la capacidad de poder cruzar una puerta estándar de 762 mm de ancho, superando la dificultad de llegar a zonas de difícil acceso.

Pueden ser llevadas dentro de edificios, áreas con espacio limitado y jardines.

Una vez que se haya transportado la mini excavadora al lugar de trabajo, se comprueba que se trata de máquinas de tamaño reducido pero con elevado rendimiento, que pueden realizar los trabajos más difíciles en los entornos más adversos y disponen de una excelente estabilidad y capacidad de elevación.

Este tipo de excavadora ha sido diseñada pensando en el confort y la facilidad de uso, y hacen que cualquier persona pueda utilizarlas de forma segura con rapidez y facilidad.

Características más destacables:

- El tamaño compacto y un mínimo voladizo permiten su utilización en áreas con limitaciones de espacio, interior de edificios y contra paredes.
- Reduce el tiempo y la mano de obra necesarios (sólo un trabajador más la mini excavadora) para trabajos de excavación intensivos
- El diseño de pluma tubular mantiene su peso reducido y nos ha permitido pasar las mangueras a través de su interior, lo cual supone una protección añadida contra posibles daños durante el trabajo.
- La amplia gama de accesorios aumenta la versatilidad de estas máquinas
- Su transporte en un remolque permite un desplazamiento más rápido entre lugares de trabajo
- En relación a su mantenimiento, las comprobaciones de servicio diarias son rápidas y sencillas.
- Los depósitos de combustible de 11,5 litros permiten trabajar un día completo sin repostar.
- Su comodidad y fácil control permiten que cualquiera pueda utilizar las máquinas.
- La pintura de la excavadora es en base a polvo epoxi, esta es una resina formada por dos componentes y un catalizador, la cual es muy resistente a la intemperie y además actúa como anticorrosivo. Las cargas electromagnéticas que posee este polvo hacen que las maquinas sean vistas hasta en las zonas

más inaccesibles, el proceso de cocción de la pintura asegura un acabado liso resistente y duradero.

Por último decir que también ofrecen excelentes soluciones para empresas de jardinería, reurbanización, mantenimiento de terrenos y entusiastas del bricolaje. Gracias a su amplia gama de implementos entre los que elegir (cazos, hoyadoras, zanjadoras, garras, etc.), son perfectas para docenas de aplicaciones como por ejemplo, gracias a su peso ligero y la baja presión sobre el suelo, son ideales para la nivelación del terreno, sin compactar, antes de proceder con la colocación del césped.

1.3. Cálculos analíticos y simulación de movimiento.

1.3.1. Hipótesis de trabajo.

En la figura se muestra un esquema de la excavadora a calcular, refleja un pre diseño basado en un modelo comercial de mini excavadora, ya existente. Las carreras de los cilindros han sido estimadas a partir de dicho modelo, siendo la carrera de los cilindros uno, dos y tres, 380mm, 350mm y 380mm respectivamente. Los cilindros hidráulicos son alimentados a una presión nominal de 160 bares.

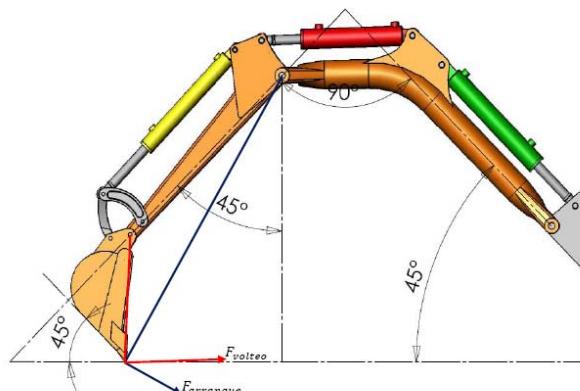
Tanto la unión de las piezas principales entre sí como la unión de los cilindros con dichas piezas, se realiza mediante pasadores.

Las fuerzas de volteo, arrancamiento y elevación han sido definidas en el diseño previo y son las siguientes. La fuerza de volteo de la cuchara es 7,5 KN, la fuerza de arrancamiento del balancín es 3,5 KN y por último la fuerza de elevación ejercida por la pluma es de 2 KN.

$$\sigma_{F,pasadores} = 500 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{F,resto} = 350 \text{ MPa}$$

$$C_{S,F} = 3$$



Teniendo en cuenta las características de los materiales utilizados en cada elemento del sistema, así como los coeficientes de seguridad exigidos según la teoría de cortante máximo, se ha de determinar los siguientes puntos:

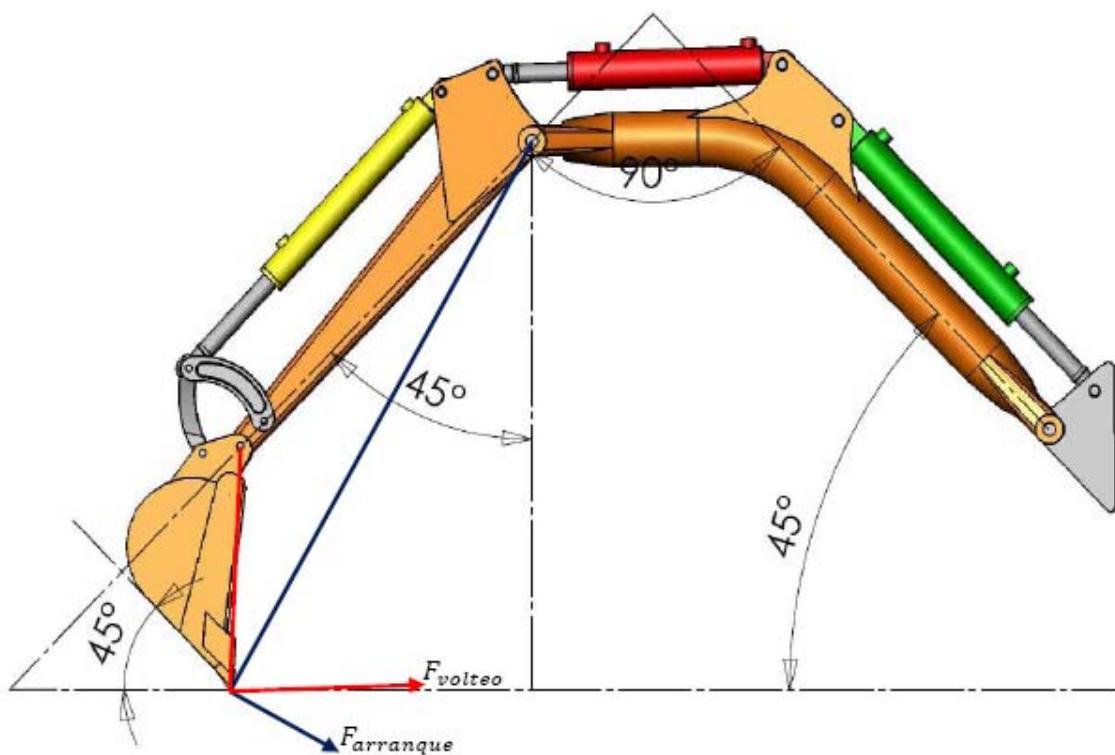
- Fuerza que deben realizar los cilindros.
- Dimensiones de los cilindros hidráulicos:
 - Diámetro del pistón.
 - Diámetro del vástago a partir de gráficos.
- Caudal de la bomba de alimentación necesaria y potencia del motor de accionamiento.
- Diámetro de los pasadores.
- Anchura mínima orejetas.

1.3.2. Procedimiento de diseño.

A continuación se va a explicar el procedimiento de trabajo llevado a cabo para el diseño de la excavadora.

En primer lugar, se realizo un diseño previo de la maquina, inspirado en un modelo comercial ya existente. A partir de este modelo se extrajeron las carreras de los cilindros, la fuerza de arrancamiento del balancín, la fuerza de volteo de la cuchara y la fuerza de elevación de la pluma, así como la sección aproximada de los diferentes componentes que forman la excavadora.

Una vez definidos estos datos iniciales, se considero una posición como la más desfavorable y se llevo a cabo un pre dimensionamiento a partir de cálculos analíticos tanto de los cilindros hidráulicos como de los pasadores.

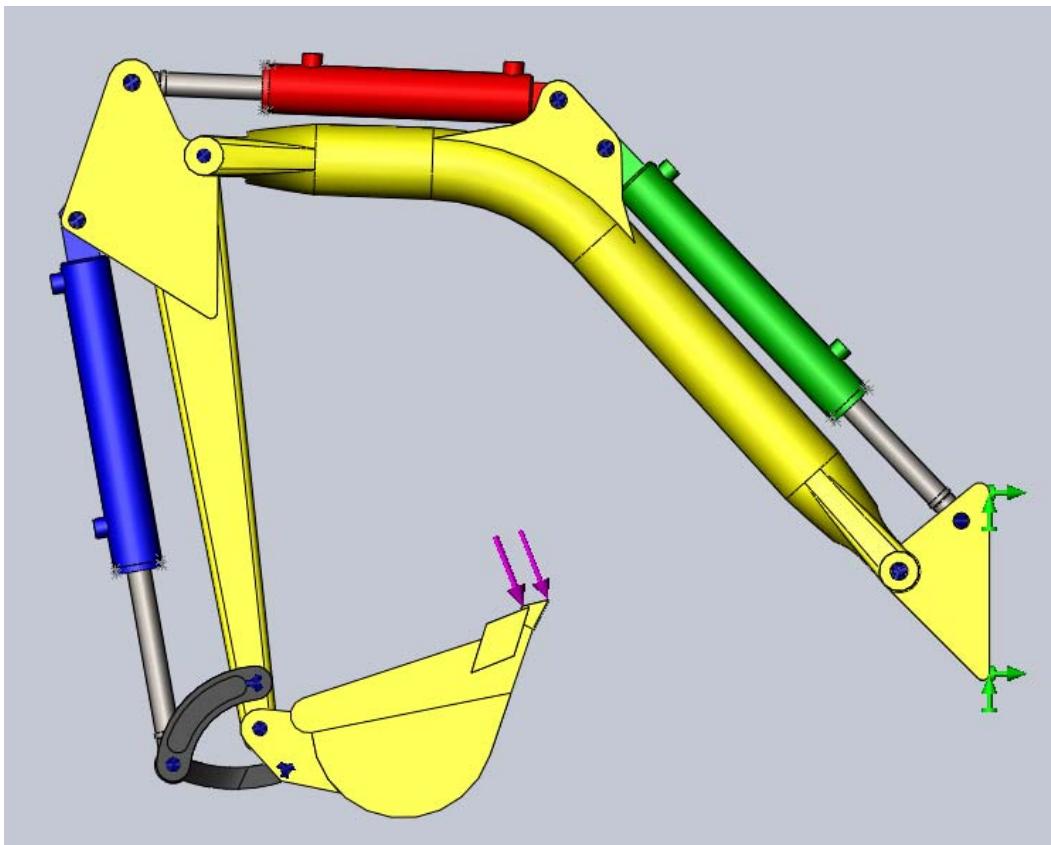


En segundo lugar, se realizo el modelado paramétrico de todos los componentes de la excavadora y su ensamblaje, con un software de diseño asistido por ordenador en 3D, llamado SolidWorks.

Por último y como método de comprobación se utilizó una herramienta de SolidWorks, llamada CosmosMotion. Esta aplicación es capaz de simular el movimiento de la excavadora y determinar la fuerza ejercida por cada uno de los cilindros hidráulicos y las reacciones producidas en las uniones para cualquier instante de tiempo, dentro del rango de trabajo definido en la simulación.

De esta manera, se pudo determinar cuál era la posición para la cual unos de los cilindros ejercía su máxima fuerza. Y así, volver a dimensionarlos de acuerdo a estos resultados.

También, se obtuvo la posición en la cual la máquina soportaba esfuerzos máximos. En dicha posición se realizará el análisis mecánico del ensamblaje, con otra aplicación de SolidWorks, llamada CosmosWorks, explicada posteriormente.



Todos los estudios de simulación serán adjuntados en el CD que acompaña a esta memoria.

1.3.3. Calculo de las reacciones en las uniones y fuerza necesaria en los cilindros.

En este apartado se van a mostrar las diferentes posiciones en las cuales los cilindros hidráulicos están ejerciendo máxima fuerza. También se incluye una gráfica que nos muestra CosmosMotion, de la evolución de la fuerza del cilindro en función del tiempo, es decir en función de la posición.

En la siguiente posición el cilindro 3, ejerce máxima fuerza para voltear la cuchara.

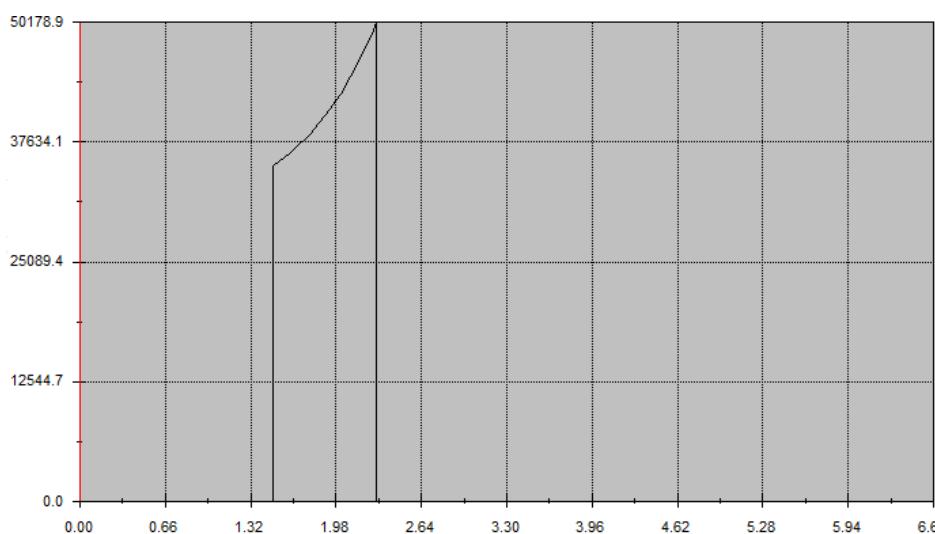
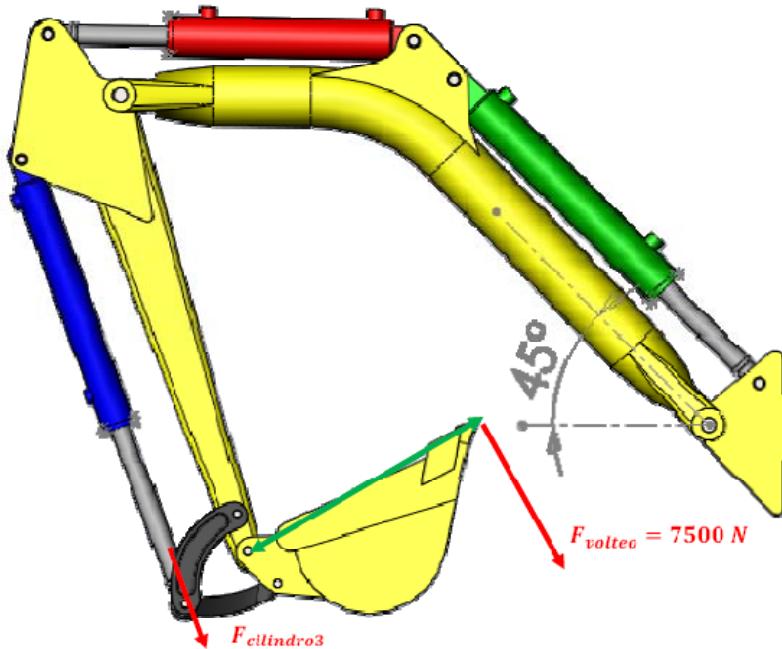
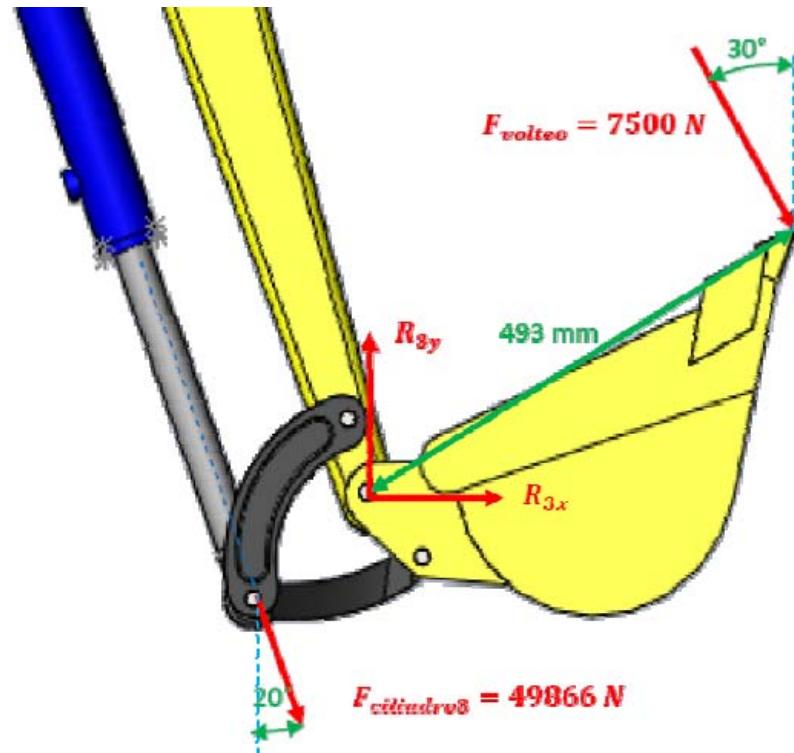


Diagrama de sólido libre cuchara: Figura 1



Equilibrio de fuerzas:

$$\Sigma F_x = 0 \quad R_{3x} + F_{cil3} \times \sin 20 + 7500 \times \sin 30 = 0$$

$$R_{3x} = -20805,17 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad R_{3y} - F_{cil3} \times \cos 20 - 7500 \times \cos 30 = 0$$

$$R_{3y} = 53354 \text{ N}$$

$$R_{3total} = 57267 \text{ N}$$

Para esta posición el cilindro 2 ejerce máxima fuerza.

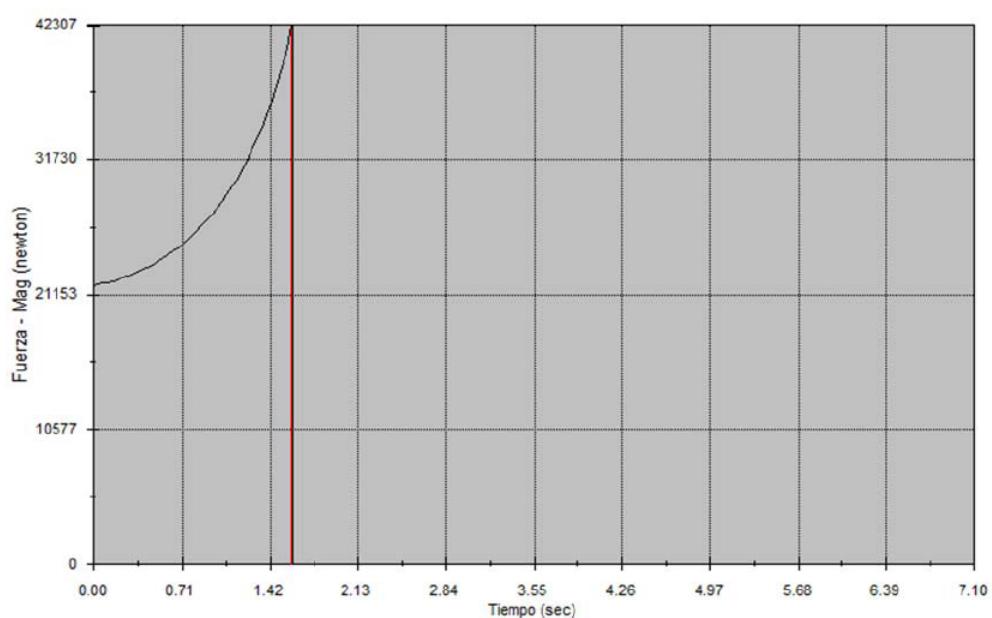
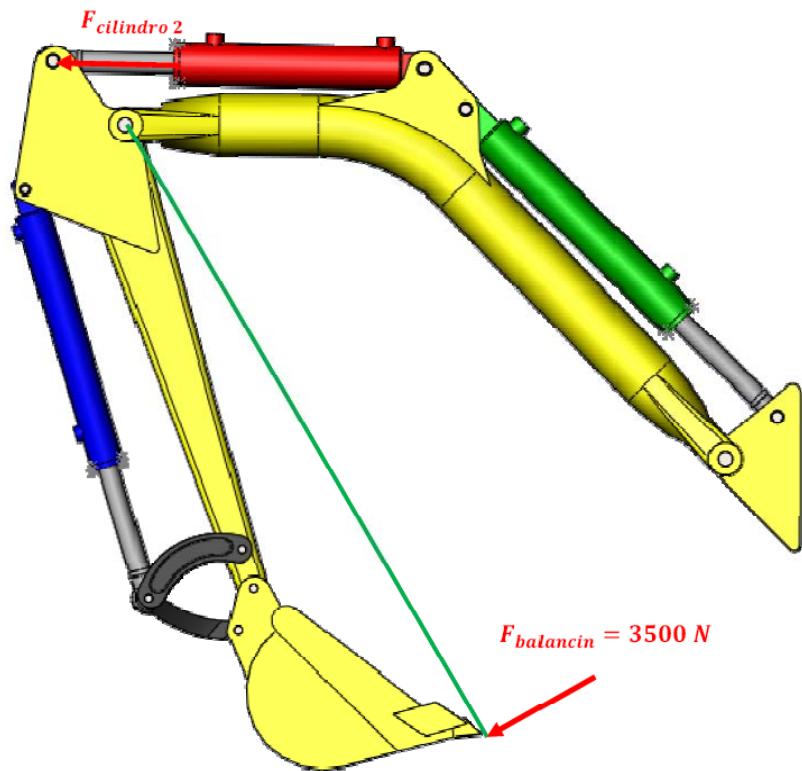
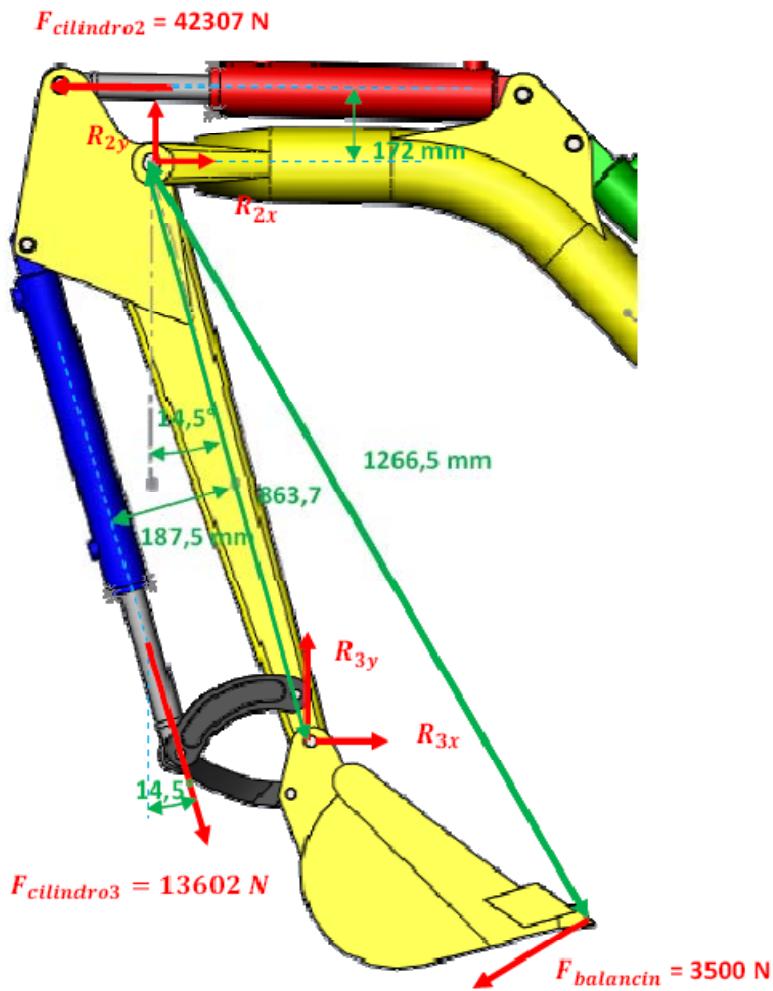


Diagrama de sólido libre balancín: Figura 3



Equilibrio de fuerzas:

$$\Sigma F_x = 0 \quad R_{2x} - F_{cil2} + F_{cil3} \times \sin 14,5 - 3500 \times \cos 30,7 = 0$$

$$R_{2x} = 41910,8 \text{ N}$$

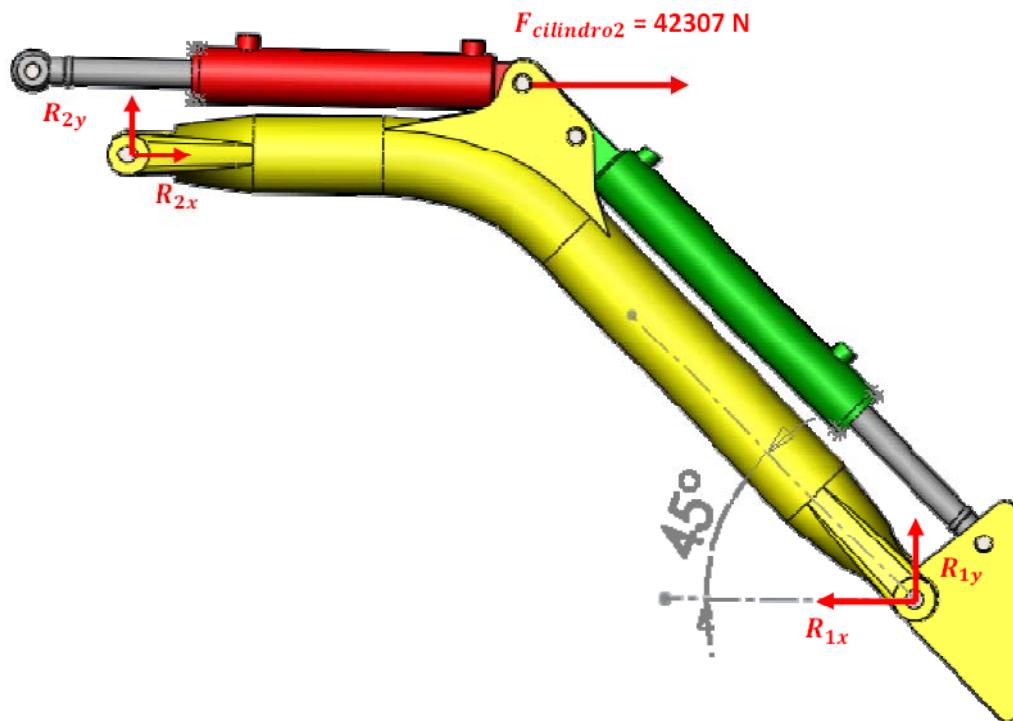
$$\Sigma F_y = 0 \quad R_{2y} - F_{cil3} \times \cos 14,5 - 3500 \times \sin 30,7 = 0$$

$$R_{2y} = 14958,54 \text{ N}$$

$$R_{2total} = 44500 \text{ N}$$

Para esta posición, en la cual se produce el máximo esfuerzo de arrancamiento, el cilindro 1 encargado de la elevación de la pluma no ejerce ninguna fuerza. Sin embargo en esta posición la reacción en el bulón de unión de la pluma con el soporte pluma es máxima.

Diagrama de sólido libre pluma: figura 4



Equilibrio de fuerzas:

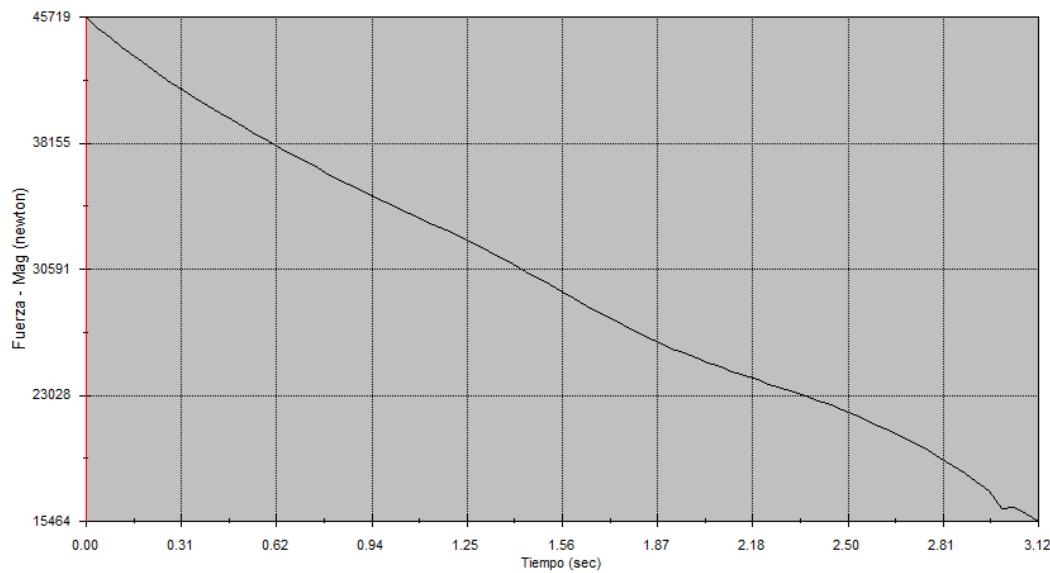
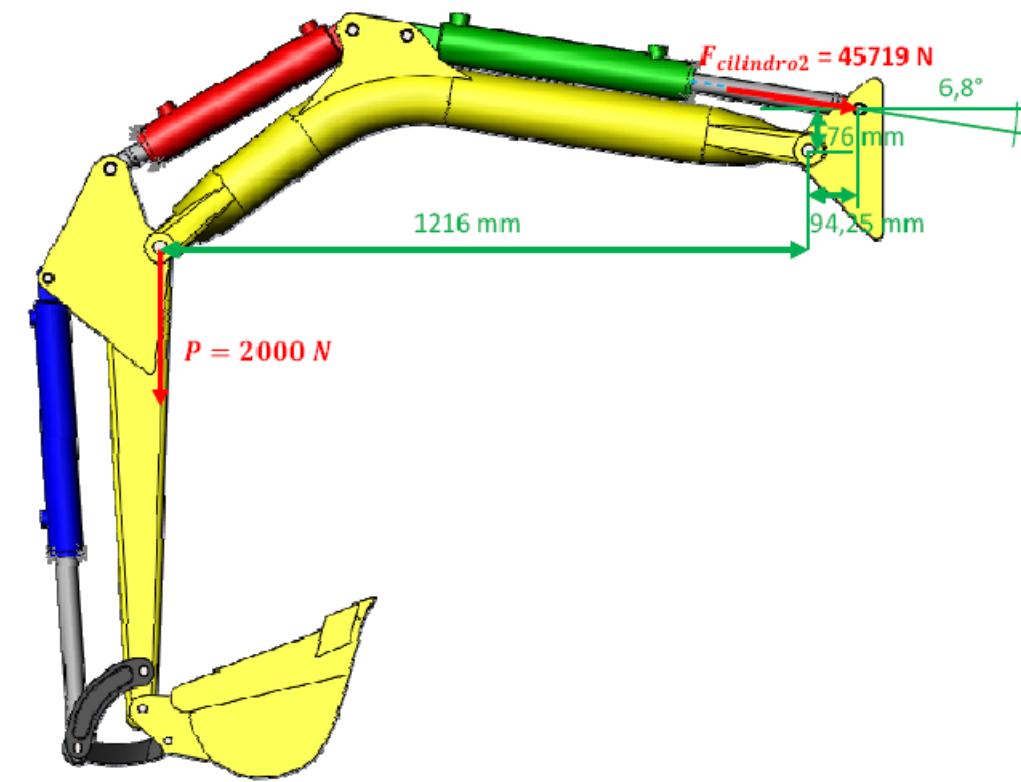
$$\Sigma F_x = 0 \quad R_{1x} = R_{2x} + F_{cil2} = 41910,8 + 42307$$

$$R_{1x} = 84217,8 \text{ N}$$

$$\Sigma F_y = 0 \quad R_{1y} = 14958,54 \text{ N}$$

$R_{1total} = 85536 \text{ N}$

En la siguiente figura se muestra la posición en la cual el cilindro 1, cuya misión es la elevación de la pluma, ejerce fuerza máxima. En el momento de elevación los cilindros 2 y 3 no actúan.



1.3.4. Calculo instalación hidráulica

En la construcción de la mini excavadora se usaran cilindros hidráulicos comerciales, en este caso ha sido elegido un cilindro hidráulico de la serie AX-200 de doble efecto y con culata reforzada que cumple la norma ISO-3320, de Hidráulica Ferrer, empresa con más de 30 años de experiencia en la fabricación de cilindros hidráulicos.

Características técnicas de la serie AX-200:

PRESIÓN:

- Mínima de trabajo = 10 bar.
- Máxima de trabajo = 220 bar.
- Normal en servicio = 160 bar.

TEMPERATURA:

- Juntas estándar.
 - mínima -20º C.
 - máxima 70º C.
- Juntas para temperaturas elevadas.
 - mínima -10º C.
 - máxima 160º C.

VELOCIDAD:

Aptos para trabajar con velocidades máximas entre 6 y 10 m/mín. con juntas estándar y hasta 10 m/s, con juntas especiales.

FLUIDO:

Los cilindros se suministran con juntas estándar para trabajar con aceite mineral hidráulico (viscosidad de 2 a 10ºE. A 50º C.), bajo demanda pueden suministrarse para trabajar con fluidos resistentes al fuego (inflamables), como pueden ser del tipo este fosfato o agua-glicol, para lo cual habría que colocar las juntas adecuadas.

Generalidades de la serie AX-200:

CAMISA:

Construida en tubo de acero de calidad ST-52, laminado en frío con una tolerancia de diámetro H-8 y una rugosidad entre 0.3 y 0.2 micras.

VÁSTAGO:

Obtenido de acero F-114 rectificado y cromado con una tolerancia de acabado de f-7 y un espesor de cromo de 2.5 micras. Bajo demanda se puede suministrar en acero inoxidable, con más capas de cromo, etc.

JUNTAS:

Las juntas dinámicas correspondientes a la estanqueidad del pistón son de caucho sintético más tejido. Su diseño garantiza su estanqueidad perfecta y su bajo coeficiente de rozamiento. Las juntas estáticas son de caucho sintético así como el anillo rascador, el cual está reforzado mediante acero. Estas juntas son de tipo estándar y para una temperatura de trabajo entre -20 y 70º C. Para casos especiales pueden colocarse juntas cuyos límites son superiores a los indicados.

CONEXIONES:

Las roscas de las conexiones de entrada y salida son del tipo BSP (rosca gas), su posición puede verse en las páginas del catálogo dimensional.

CARRERA:

Carrera máxima estándar es de 3000 mm. La tolerancia de la carrera es la siguiente:

- 1.5 mm. para carreras de 0 a 499 mm.
- 2 mm. para carreras de 500 a 1249.
- 3 mm. para carreras de 1250 a 3149.
- 5 mm. para carreras superiores a 3150 mm.

Conveniente añadir a la carrera algunos milímetros respecto al necesario para evitar que se utilice la cabeza del cilindro como tope final de carrera o recorrido.

DISTANCIADOR:

En cilindros con carreras superiores a 1000 mm se intercala un distanciador interno para aumentar la longitud de guiado y evitar sobrecargas en el pistón y en la guía del vástago.

La longitud del distanciador variará según la carrera, siendo aconsejable tener en cuenta la siguiente relación:

- 50 mm. para carreras de 1001 a 1500 mm.
- 100 mm. para carreras de 1501 a 2000 mm.
- 150 mm. para carreras de 2001 a 2500 mm.
- 200 mm. para carreras de 2501 a 3000 mm.

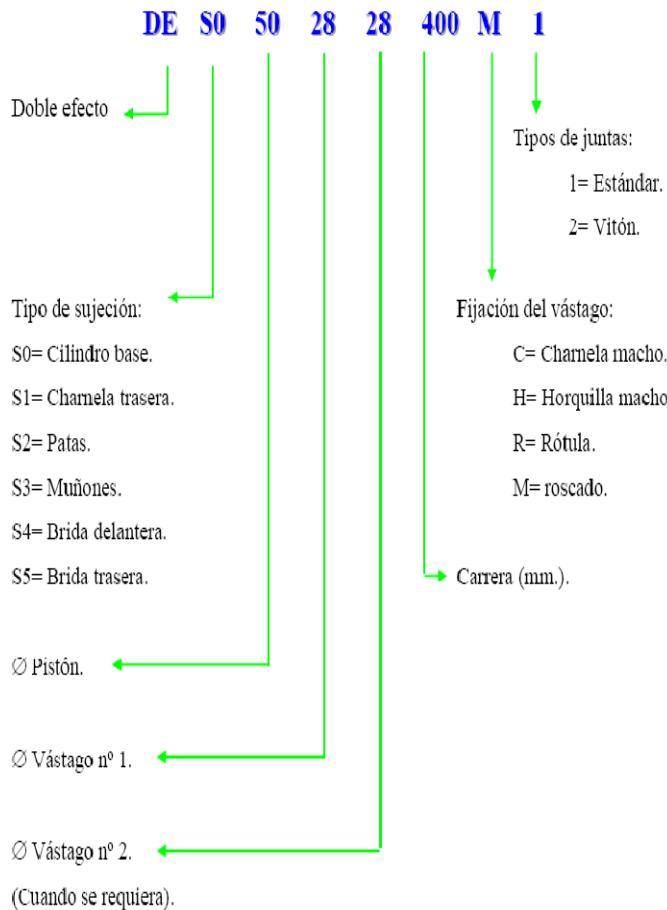
EXTREMIDAD DEL VÁSTAGO:

Los cilindros se sirven con el extremo roscado, al cual se puede acoplar los siguientes accesorios:

- Horquilla hembra.
- Charnela macho.
- Rótula INA GIHN... LO o GIHR... DO (bajo pedido).

También bajo demanda se puede suministrar sin rosca o con rosca hembra.

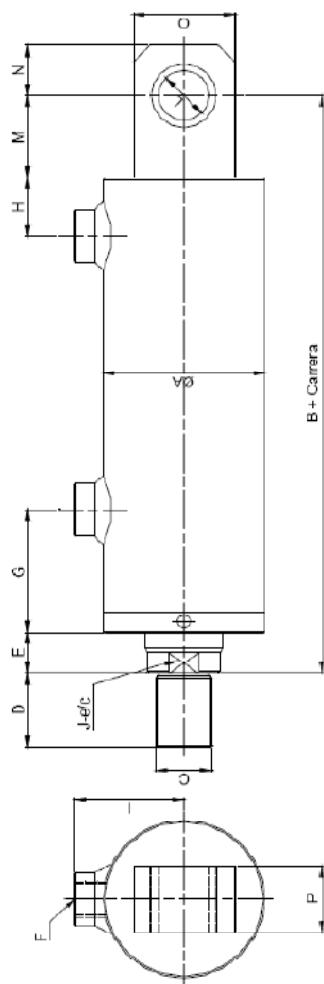
NOMENCLATURA PARA CILINDROS HIDRAULICOS SERIE AX-200



	S0	Sin sujeción, cilindro base.
	S1	Sujeción por charnela trasera.
	S2	Sujeción por patas.
	DVS2	Sujeción por patas doble vástago.
	S3	Sujeción por muñones.
	DVS3	Sujeción por muñones, doble vástago.
	S4	Sujeción por brida delantera.
	DVS4	Sujeción por brida, doble vástago.
	S5	Sujeción por brida trasera.

En nuestro caso elegiremos cilindros S1 con sujeción por charnela trasera.

Cilindro usado en la excavadora, doble efecto.



Ø Freno	50	63
Ø Válvula	28	36
Ø A	60	75
B	182	208
Ø CMer	20x1.5	27x2
D	28	36
F	1.5	1.7
Ø F GAS	3/8"	1/2"
G	55	64
H	25	30
I	45	55
J	22	30
K	20	25
M	35	40
N	20	25
O	40	50
P	25	30

1.3.4.1. Dimensiones del cilindro hidráulico y diámetro del vástago

-Cilindro 1: (elevación pluma)

A.1.- Diámetro del pistón:

Se tiene como dato la presión de alimentación del cilindro 160 bares y la fuerza de accionamiento del cilindro 1.

$$P = \frac{F_{cilindro}}{A_{piston}} = \frac{F_{cilindro}}{\frac{\pi \cdot d_{piston}^2}{4}}$$

$$A = \frac{F_{cilindro}}{P} = \frac{45719 \text{ N}}{16 \text{ N/mm}^2} = 2857 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi \cdot d_{piston}^2}{4} \quad \longrightarrow \quad d_{piston} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{piston}}{\pi}} = 60,31 \text{ mm}$$

Una vez que se conoce el diámetro exacto necesario, se selecciona el diámetro comercial más próximo a este para luego recalcular la presión de trabajo que permita tener la fuerza necesaria en el cilindro.

Piston	Vástago	AREAS			Empuje Min	Empuje Max	Fuerza Diferencial	Fuerza Tracción	Caudal Salida	Caudal Diferencial	Caudal Entrada
					Push Min	Push Max	Force Regen.	Force Full	Flow Out	Flow Regen.	Flow In
Δ PISTÓN	Δ VTG0	S_1	S_2	S_3	$F_1(\text{MIN})$	$F_1(\text{MAX})$	F_2	F_3	Q_1	Q_2	Q_3
mm	mm	cm ²	cm ²	cm ²	kN	kN	kN	kN	l/min	l/min	l/min
25	14	4,91	1,54	3,37	0,74	7,85	2,46	5,39	2,9	0,92	2,0
	18		2,54	2,36			4,07	3,78		1,53	1,4
32	18	8,04	2,54	5,50	1,21	12,86144	4,07	8,79	4,8	1,53	3,3
	22		3,80	4,24			6,08	6,78		2,28	2,5
40	22	12,56	3,80	8,76	1,88	20,096	6,08	14,02	7,5	2,28	5,3
	28		6,15	6,41			9,85	10,25		3,69	3,8
50	28	19,63	6,15	13,47	2,94	31,4	9,85	21,55	11,8	3,69	8,1
	36		10,17	20,98			16,28	33,57		6,10	5,7
63	36	31,16	10,17	20,98	4,67	49,85064	25,43	24,42	18,7	6,10	12,6
	45		15,00	15,26			25,43	54,95		9,54	9,2
80	45	50,24	15,90	34,34	7,54	80,384	39,39	41,00	30,1	9,54	20,6
	56		24,62	25,62			61,54	64,06		14,77	15,4
100	56	78,50	24,62	53,88	11,78	125,6	39,39	86,21	47,1	14,77	32,3
	70		38,47	40,04			61,54	64,06		23,08	24,0
125	70	122,66	38,47	84,19	18,40	196,25	61,54	134,71	73,6	23,08	50,5
	90		63,59	59,07			101,74	94,51		38,15	35,4
160	90	200,96	63,59	137,38	30,14	321,536	101,74	219,80	120,6	38,15	82,4
	110		94,99	105,98			151,98	169,56		56,99	63,6
200	110	314,00	94,99	219,02	47,10	502,4	151,98	350,42	188,4	56,99	131,4
	140		153,86	160,14			246,18	256,22		92,32	96,1
250	140	490,63	153,86	336,77	73,59	785	246,18	538,82	294,4	92,32	202,1
	180		254,34	236,29			406,94	378,06		152,60	141,8
320	180	803,84	254,34	549,50	120,58	1286,144	406,94	879,20	482,3	152,60	329,7
	220		379,94	423,90			607,90	678,24		227,96	254,3

Según la tabla, en este caso la mejor opción parece ser el cilindro de 63 mm.

Para el pistón de 63 mm:

$$P = \frac{F_{cilindro}}{A_{piston}} = \frac{45719 \text{ N}}{3117 \text{ mm}^2} = 14,66 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 146,6 \text{ bar}$$

A.2.- Diámetro del vástago

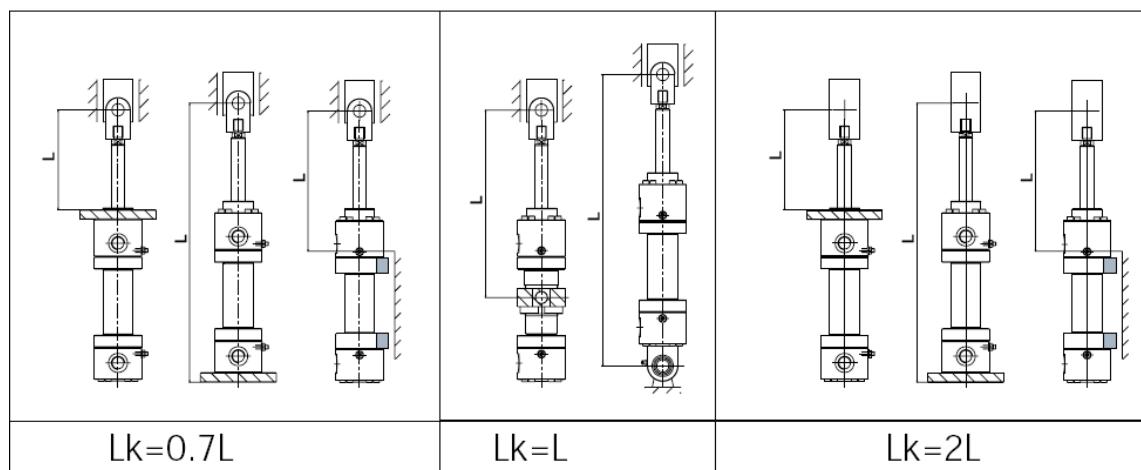
El vástago se encuentra sometido en este caso a una fuerza de compresión por acción y reacción. Al tratarse de un elemento de tipo columna existe la posibilidad de que falle debido a pandeo. En este caso se van a utilizar las graficas comerciales para cilindros.

En la grafica, el eje de accisas indica la longitud de pandeo. Esta se obtiene como:

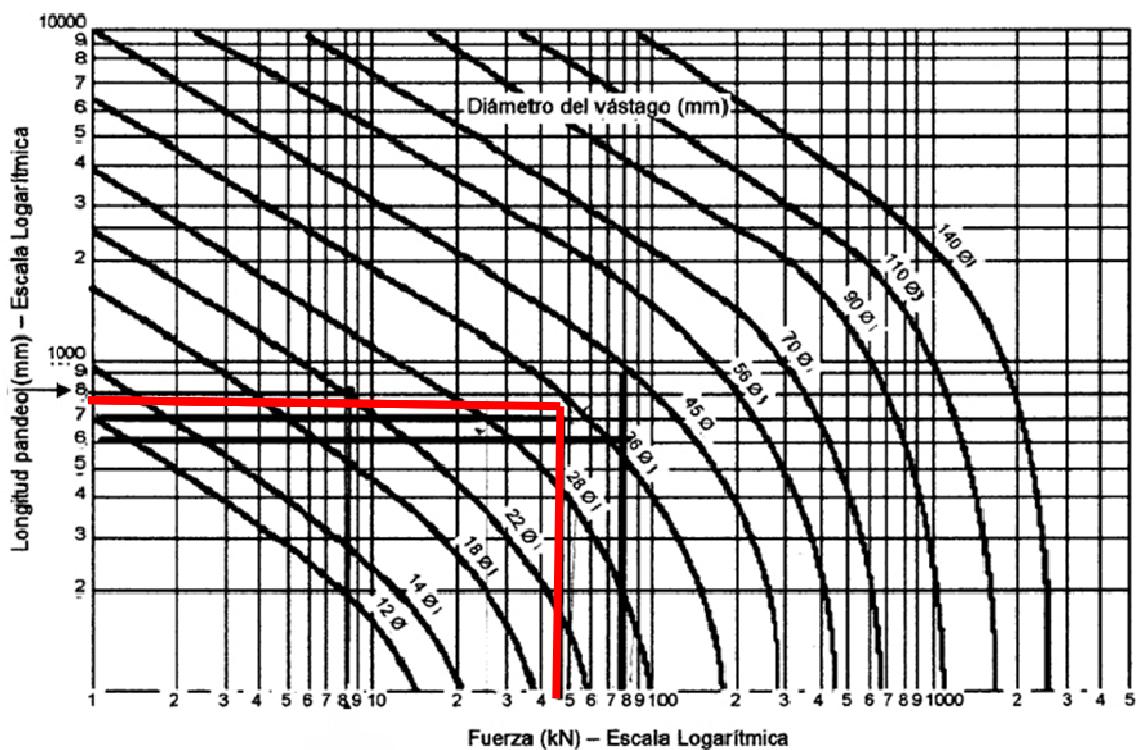
$$L_{pandeo} = \text{Carrera. } \beta$$

$$L_{pandeo} = 380 \text{ mm. } 2 = 760 \text{ mm}$$

Donde la carrera es igual a 380 mm y β es el coeficiente de pandeo que es función, a su vez, de las condiciones de apoyo. En este caso el cilindro se encuentra articulado en los dos extremos (ver tabla 2), por lo que el coeficiente β valdrá 2.



Con estos dos valores ya puede obtenerse el diámetro del vástago según la siguiente grafica.



En este caso corresponde a un vástago de diámetro igual a 36 mm.

-Cilindro 2: (fuerza arrancamiento balancín)

$$\text{A.1.- Diámetro del pistón: } P = \frac{F_{cilindro}}{A_{piston}} = \frac{F_{cilindro}}{\frac{\pi \cdot d_{piston}^2}{4}}$$

$$A = \frac{F_{cilindro}}{P} = \frac{42307N}{16 N/mm^2} = 2644mm^2$$

$$A = \frac{\pi \cdot d_{piston}^2}{4} \longrightarrow d_{piston} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{piston}}{\pi}} = 58 \text{ mm}$$

Piston	Vástago	AREAS			Empuje Min	Empuje Max	Fuerza Diferencial	Fuerza Tracción	Caudal Salida	Caudal Diferencial	Caudal Entrada
Bore	Rod	S ₁	S ₂	S ₃	Push Min	Push Max	Force Regen.	Force Pull	Flow Out	Flow Regen.	Flow In
Δ PISTÓN	Δ VTGO	S ₁	S ₂	S ₃	F ₁ (MIN)	F ₁ (MAX)	F ₂	F ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃
mm	mm	cm ²	cm ²	cm ²	kN	kN	kN	kN	l/min	l/min	l/min
25	14	4,91	1,54	3,37	0,74	7,85	2,46	5,39	2,9	0,92	2,0
	18		2,54	2,36			4,07	3,78		1,53	1,4
32	18	8,04	2,54	5,50	1,21	12,86144	4,07	8,79	4,8	1,53	3,3
	22		3,80	4,24			6,08	6,78		2,28	2,5
40	22	12,56	3,80	8,76	1,88	20,096	6,08	14,02	7,5	2,28	5,3
	28		6,15	6,41			9,85	10,25		3,69	3,8
50	28	19,63	6,15	13,47	2,94	31,4	9,85	21,55	11,8	3,69	8,1
	36		10,17	20,98			16,28	33,57		6,10	5,7
63	36	31,16	15,90	15,26	4,07	49,85064	16,28	24,42	18,7	9,54	9,2
	45		15,90	34,34			25,43	54,95		9,54	20,6
80	45	50,24	24,62	25,62	7,54	80,384	39,39	41,00	30,1	14,77	15,4
	56		24,62	53,88			39,39	86,21		14,77	32,3
100	56	78,50	38,47	40,04	11,78	125,6	61,54	64,06	47,1	23,08	24,0
	70		38,47	84,19			61,54	134,71		23,08	50,5
125	70	122,66	63,59	59,07	18,40	196,25	101,74	94,51	73,6	38,15	35,4
	90		63,59	137,38			101,74	219,80		38,15	82,4
160	90	200,96	94,99	105,98	30,14	321,536	151,98	169,56	120,6	56,99	63,6
	110		94,99	219,02			151,98	350,42		56,99	131,4
200	110	314,00	153,86	160,14	47,10	502,4	246,18	256,22	188,4	92,32	96,1
	140		153,86	336,77			246,18	538,82		92,32	202,1
250	140	490,63	254,34	236,29	73,59	785	406,94	378,06	294,4	152,60	141,8
	180		254,34	549,50			406,94	879,20		152,60	329,7
320	180	803,84	379,94	423,90	120,58	1286,144	607,90	678,24	482,3	227,96	254,3

Según la tabla, en este caso la mejor opción parece ser el cilindro de 63 mm.

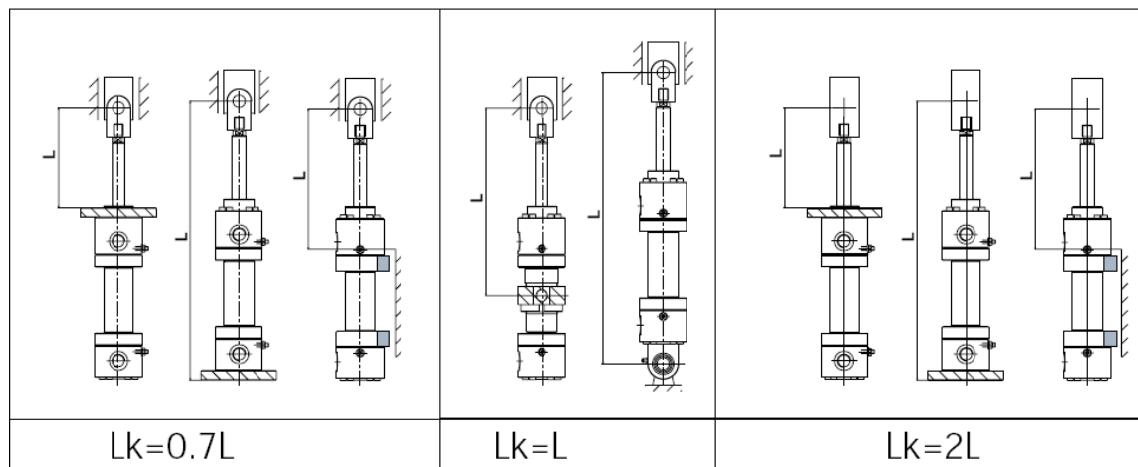
Para el pistón de 63 mm:

$$P = \frac{F_{cilindro}}{A_{piston}} = \frac{42307 N}{3117mm^2} = 13,57 \frac{N}{mm^2} = 135,7 \text{ bar}$$

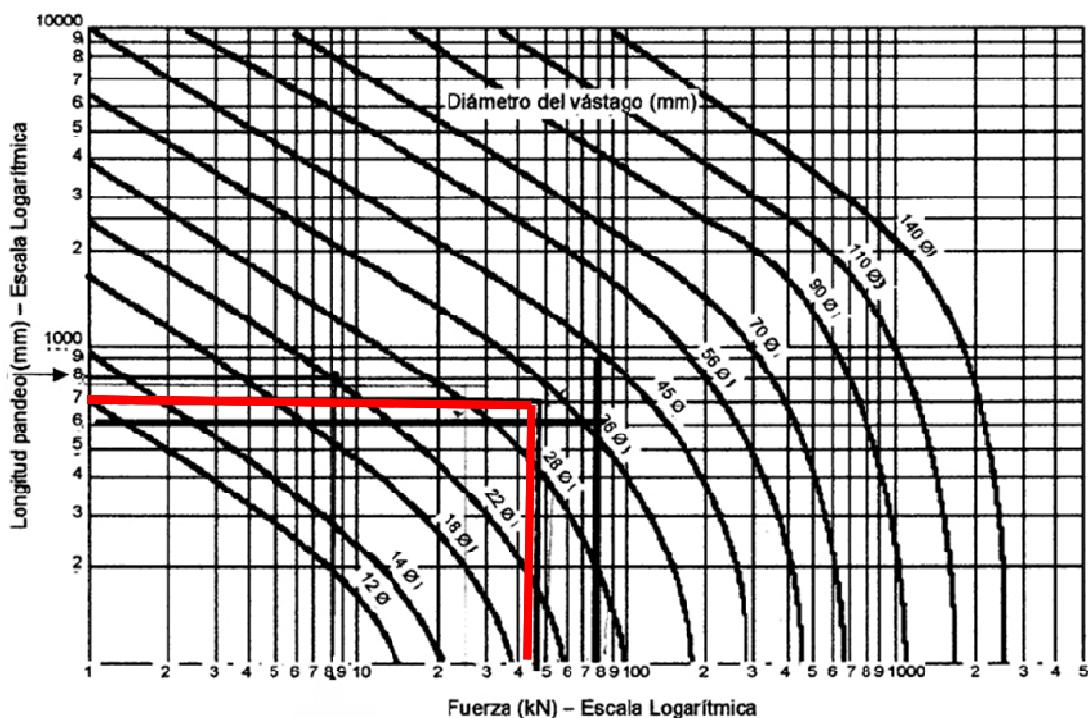
A.2.- Diámetro del vástago

$$L_{pandeo} = \text{Carrera. } \beta$$

$$L_{pandeo} = 350\text{mm. } 2 = 700 \text{ mm}$$



Con estos dos valores ya puede obtenerse el diámetro del vástago según la siguiente grafica.



En este caso corresponde a un vástago de diámetro igual a 36 mm.

-Cilindro 3: (fuerza volteo cuchara)

A.1.- Diámetro del pistón:

$$P = \frac{F_{cilindro}}{A_{piston}} = \frac{F_{cilindro}}{\frac{\pi \cdot d_{piston}^2}{4}}$$

$$A = \frac{F_{cilindro}}{P} = \frac{49866 \text{ N}}{16 \text{ N/mm}^2} = 3116,62 \text{ mm}^2$$

$$A = \frac{\pi \cdot d_{piston}^2}{4} \quad \longrightarrow \quad d_{piston} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{piston}}{\pi}} = 62,99 \text{ mm}$$

Piston	Vástago	AREAS			Empuje Min	Empuje Max	Fuerza Diferencial	Fuerza Tracción	Caudal Salida	Caudal Diferencial	Caudal Entrada
					Bore	Rod	Push Min	Push Max	Force Regen.	Force Pull	Flow Out
Δ PISTÓN	Δ VTGO	S ₁	S ₂	S ₃	F ₁ (MIN)	F ₁ (MAX)	F ₂	F ₃	Q ₁	Q ₂	Q ₃
mm	mm	cm ²	cm ²	cm ²	kN	kN	kN	kN	l/min	l/min	l/min
25	14	4,91	1,54	3,37	0,74	7,85	2,46	5,39	2,9	0,92	2,0
	18		2,54	2,36			4,07	3,78		1,53	1,4
32	18	8,04	2,54	5,50	1,21	12,86144	4,07	8,79	4,8	1,53	3,3
	22		3,80	4,24			6,08	6,78		2,28	2,5
40	22	12,56	3,80	8,76	1,88	20,096	6,08	14,02	7,5	2,28	5,3
	28		6,15	6,41			9,85	10,25		3,69	3,8
50	28	19,63	6,15	13,47	2,94	31,4	9,85	21,55	11,8	3,69	8,1
	36		10,17	9,45			16,28	15,12		6,10	5,7
63	36	31,16	10,17	20,98	4,67	49,85064	16,28	33,57	18,7	6,10	12,6
	45		15,90	15,26			25,43	24,42		9,54	9,2
80	45	50,24	15,90	34,34	7,54	80,384	25,43	54,95	30,1	9,54	20,6
	56		24,62	25,62			39,39	41,00		14,77	15,4
100	56	78,50	24,62	53,88	11,78	125,6	39,39	86,21	47,1	14,77	32,3
	70		38,47	40,04			61,54	64,06		23,08	24,0
125	70	122,66	38,47	84,19	18,40	196,25	61,54	134,71	73,6	23,08	50,5
	90		63,59	59,07			101,74	94,51		38,15	35,4
160	90	200,96	63,59	137,38	30,14	321,536	101,74	219,80	120,6	38,15	82,4
	110		94,99	105,98			151,98	169,56		56,99	63,6
200	110	314,00	94,99	219,02	47,10	502,4	151,98	350,42	188,4	56,99	131,4
	140		153,86	160,14			246,18	256,22		92,32	96,1
250	140	490,63	153,86	336,77	73,59	785	246,18	538,82	294,4	92,32	202,1
	180		254,34	236,29			406,94	378,06		152,60	141,8
320	180	803,84	254,34	549,50	120,58	1286,144	406,94	879,20	482,3	152,60	329,7
	220		379,94	423,90			607,90	678,24		227,96	254,3

Según la tabla, en este caso la mejor opción parece ser el cilindro de 50 mm.

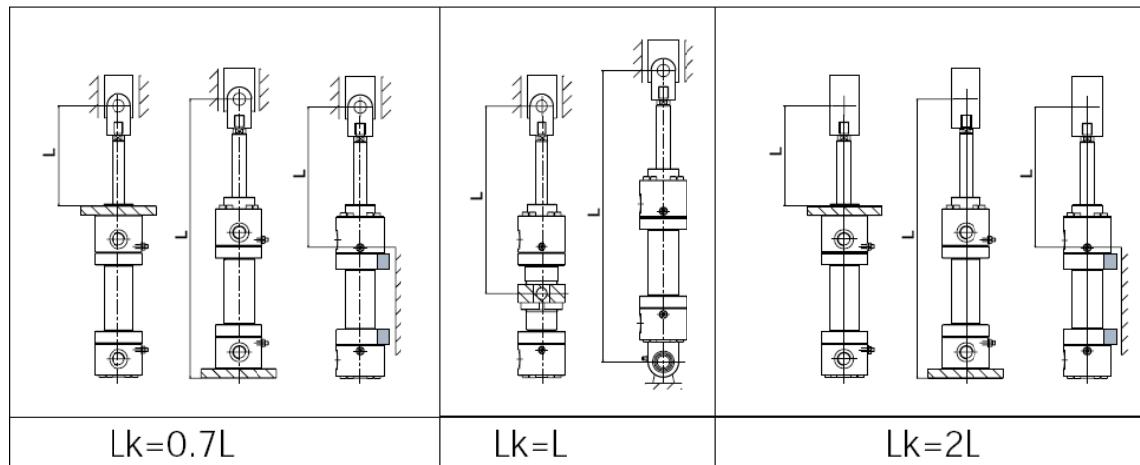
Para el pistón de 50 mm:

$$P = \frac{F_{cilindro}}{A_{piston}} = \frac{49866 \text{ N}}{3116 \text{ mm}^2} = 15,99 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 160 \text{ bar}$$

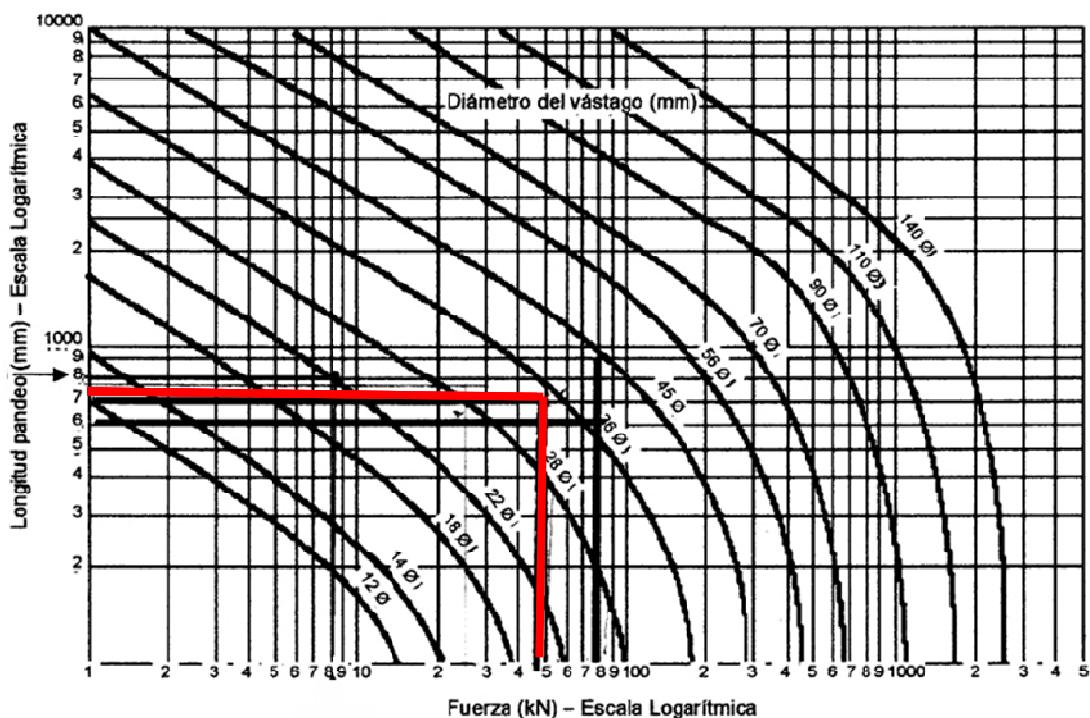
A.2.- Diámetro del vástago

$$L_{pandeo} = \text{Carrera. } \beta$$

$$L_{pandeo} = 380\text{mm. } 2 = 760 \text{ mm}$$



Con estos dos valores ya puede obtenerse el diámetro del vástago según la siguiente grafica.



En este caso corresponde a un vástago de diámetro igual a 36 mm.

1.3.4.2. Calculo del caudal y potencia de la bomba.

Conocida la velocidad de avance del cilindro igual a 0,1 m/s y el área del pistón de mayor tamaño montado en la maquina, el caudal necesario se obtendrá como:

$$Q_{bomba} = v_{avance} \cdot A_{piston} = 0,1 \cdot 10^3 \text{ mm/s} * 3117 \text{ mm}^2 = 311700 \text{ mm}^3/\text{s}$$

$$Q_{bomba} = 18,702 \text{ l/min}$$

A partir del caudal y conocida la presión a la que debe alimentarse el fluido al cilindro, puede obtenerse la potencia del motor de accionamiento necesario:

$$N [\text{KW}] = \frac{p[\text{bar}] \cdot Q[\frac{\text{l}}{\text{min}}]}{620 \cdot \eta}$$

El valor del rendimiento puede variar entre 0,8 y 0,95, por lo que para estar del lado de la seguridad se tomara el menor (0,8)

$$N [\text{KW}] = \frac{160\text{bar} \cdot 18,702[\frac{\text{l}}{\text{min}}]}{620 \cdot \eta} = 6,03\text{KW} = 8,2\text{CV}$$

1.3.5. Diámetro de los pasadores

Conocidas las acciones que actúan sobre los pasadores, es necesario determinar qué tipo de esfuerzos van a producir y a partir de allí calcular las máximas tensiones en las posibles secciones de fallos. Los elementos se dimensionaran para que en cualquier punto de la sección más desfavorable, las tensiones que aparezcan sean siempre inferiores a las tensiones máximas admisibles.

El coeficiente de seguridad ($C_{S,F}$) es igual a 3, se aplicara el criterio de Tension cortante máxima, siendo el material acero E-500 ($\sigma_F = 500 \text{ MPa}$).

Debido a la acción de los cilindros y al apoyo de los pasadores en las orejetas, todos los pasadores están sometidos a un esfuerzo cortante que puede suponer rotura por dos planos (doble cortadura).

A continuación se calcularan los diámetros de los pasadores de los cilindros:

Diámetro pasador cilindro 1:

$$\tau_{max} = \frac{F_{cilindro1}}{2 \cdot A} = \frac{45719 \text{ N}}{2 \cdot A}$$

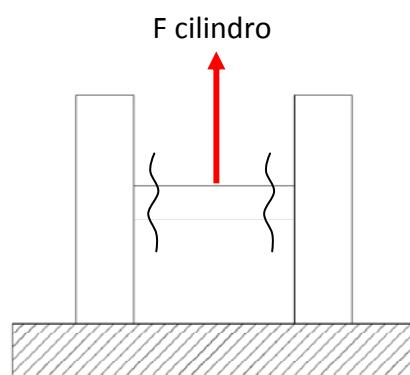
$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_F}{2 \cdot C_{S,F}} = \frac{500 \text{ MPa}}{2 \cdot 3} = 83,33 \text{ MPa}$$

$$\tau_{max} \leq \tau_{max,adm}$$

$$\frac{45719 \text{ N}}{2 \cdot A} \leq 83,33 \text{ MPa}$$

$$A = 274,32 \text{ mm}^2$$

$$d_{pasadores} = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = 18,68 \approx 20 \text{ mm}$$



Diámetro pasador cilindro 2:

$$\tau_{max} = \frac{F_{cilindro2}}{2 \cdot A} = \frac{42307 \text{ N}}{2 \cdot A}$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_F}{2 \cdot C_{S,F}} = \frac{500 \text{ MPa}}{2 \cdot 3} = 83,33 \text{ MPa}$$

$$\tau_{max} \leq \tau_{max,adm}$$

$$\frac{42307 \text{ N}}{2 \cdot A} \leq 83,33 \text{ MPa}$$

$$A = 253,85 \text{ mm}^2$$

$$d_{pasadores} = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = 17,9 \approx 20 \text{ mm}$$

Diámetro pasador cilindro 3:

$$\tau_{max} = \frac{F_{cilindro3}}{2 \cdot A} = \frac{49866 \text{ N}}{2 \cdot A}$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_F}{2 \cdot C_{S,F}} = \frac{500 \text{ MPa}}{2 \cdot 3} = 83,33 \text{ MPa}$$

$$\tau_{max} \leq \tau_{max,adm}$$

$$\frac{49866 \text{ N}}{2 \cdot A} \leq 83,33 \text{ MPa}$$

$$A = 299,2 \text{ mm}^2$$

$$d_{pasadores} = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = 19,51 \approx 20 \text{ mm}$$

Diámetro pasador unió pluma - soporte:

$$\tau_{max} = \frac{R_{t1}}{2 \cdot A} = \frac{85536 N}{2 \cdot A}$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_F}{2 \cdot C_{S,F}} = \frac{500 MPa}{2 \cdot 3} = 83,33 MPa$$

$$\tau_{max} \leq \tau_{max,adm}$$

$$\frac{85536 N}{2 \cdot A} \leq 83,33 MPa$$

$$A = 513,23 mm^2$$

$$d_{pasadores} = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = 25,56 \approx 27 mm$$

Diámetro pasador unió pluma - balancín:

$$\tau_{max} = \frac{R_{t2}}{2 \cdot A} = \frac{44500 N}{2 \cdot A}$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_F}{2 \cdot C_{S,F}} = \frac{500 MPa}{2 \cdot 3} = 83,33 MPa$$

$$\tau_{max} \leq \tau_{max,adm}$$

$$\frac{44500 N}{2 \cdot A} \leq 83,33 MPa$$

$$A = 267 mm^2$$

$$d_{pasadores} = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = 18,43 \approx 18 mm$$

Diámetro pasador unió balancín - cucharon:

$$\tau_{max} = \frac{R_{t3}}{2 \cdot A} = \frac{57267 \text{ N}}{2 \cdot A}$$

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_F}{2 \cdot C_{S,F}} = \frac{500 \text{ MPa}}{2 \cdot 3} = 83,33 \text{ MPa}$$

$$\tau_{max} \leq \tau_{max,adm}$$

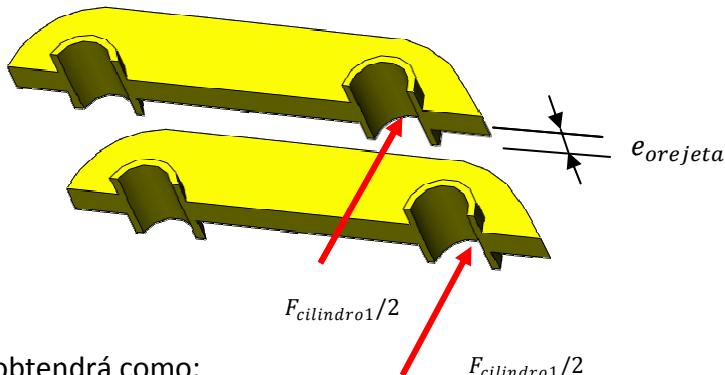
$$\frac{57267 \text{ N}}{2 \cdot A} \leq 83,33 \text{ MPa}$$

$$A = 343,61 \text{ mm}^2$$

$$d_{pasadores} = \sqrt{\frac{A \cdot 4}{\pi}} = 20,91 \approx 21 \text{ mm}$$

1.3.6. Anchura mínima necesaria en las orejetas

Siguiendo el procedimiento definido en el apartado anterior, para calcular la anchura de la orejeta en primer lugar hay que ver que fuerzas están actuando sobre la misma. En este caso, en el punto C, está actuando la fuerza del cilindro que se transmite a través del pasador de unión. Debido a esta acción del pasador sobre la orejeta, aparece un esfuerzo de compresión sobre esta última (aplastamiento).



La tensión normal se obtendrá como:

$$\sigma = \frac{F_{cilindro1}/2}{A} = \frac{F_{cilindro1}/2}{d_{pasador} \cdot e_{orejeta}}$$

La tensión cortante máxima, cuando solo existe tensión normal se obtiene como:

$$\tau_{max} = \frac{\sigma}{2} = \frac{F_{cilindro1}}{4 \cdot d_{pasador} \cdot e_{orejeta}} = \frac{49866}{4 \cdot 20 \cdot e}$$

Hay que tener en cuenta que la orejeta y el pasador están realizados en diferentes materiales y dado que el material de la biela es menos resistente ($\sigma_F = 350\text{MPa}$) la unión fallara en este elemento. El coeficiente de seguridad que debe imponerse para el diseño de la orejeta es de 3, la tensión cortante máxima admisible será ahora:

$$\tau_{max,adm} = \frac{\sigma_F}{2 \cdot C_{S,F}} = \frac{350\text{MPa}}{2 \cdot 3} = 58,33 \text{ MPa}$$

$$\tau_{max} \leq \tau_{max,adm}$$

$$\frac{49866}{4 \cdot 20 \cdot e} \leq 58,33 \text{ MPa}$$

$$e = 10,68 \approx 11 \text{ mm}$$

1.4. Análisis mecánico excavadora

1.4.1. Introducción a SolidWorks

SolidWorks es una solución de diseño tridimensional completa que integra un gran número de funciones avanzadas para facilitar el modelado de piezas, crear grandes ensamblajes, generar planos y otras funcionalidades que le permiten validar, gestionar y comunicar proyectos de forma rápida precisa y fiable.

SolidWorks se caracteriza por su entorno intuitivo y por disponer de herramientas de diseño fáciles de utilizar. Todo integrado en un único programa de diseño con más de 45 aplicaciones complementarias para facilitar el desarrollo de sus proyectos.

Las principales características que hace de SolidWorks una herramienta versátil y precisa es su capacidad de ser asociativo, variacional y paramétrico de forma bidireccional con todas sus aplicaciones. Además utiliza el Gestor de diseño que facilita enormemente la modificación rápida de operaciones tridimensionales y de croquis de operación sin tener que rehacer los diseños ya plasmados en el resto de sus documentos asociados.

Junto con las herramientas de diseño de Pieza, Ensamblaje y Dibujo, SolidWorks incluye Herramientas de Productividad, de Gestión de Proyectos, de Presentación y de Análisis y Simulación que lo hacen uno de los estándares de diseño mecánico más competitivo del mercado.

Otras aplicaciones de SolidWorks:

- **Simulación y movimiento:**

Es una herramienta intuitiva de Simulación Física incluida en SolidWorks que permite agregar distintos movimientos a los componentes que forman su ensamblaje para evaluar como la forma, las dimensiones y las relaciones geométricas establecidas entre ellos definen la cinemática de su conjunto. Es una ayuda imprescindible para asegurar la ausencia de interferencias o choques entre los elementos de un ensamblaje. Además, la simulación del movimiento obtenida le ayudara en la definición de las cargas y condiciones de contorno cuando emplee la herramienta CosmoXpress para evaluar el comportamiento mecánico de su producto.

- **Análisis de interferencias:**

Está formado por herramientas incluidas en el Modulo de Ensamblaje cuyo objeto es detectar posibles interferencias en conjuntos o ensamblajes. De entre las principales herramientas destacan aquellas que determinan el volumen real de la interferencia entre dos o más componentes, los taladros de ajuste forzado y las interferencias entre cierres roscados, entre otras.

- **Del 2D al 3D:**

Constituye un conjunto de herramientas que le ayudara a convertir sus antiguos o modernos dibujos bidimensionales a una pieza en 3D mediante la definición del croquis y su posterior modelado tridimensional.

- **Superficies:**

Constituye un conjunto de herramientas que permiten crear superficies complejas en el modelado de piezas mediante operaciones como Recubrimientos o Barridos con Curvas Guía, operaciones de Relleno, entre otras.

- **Tablas de diseño:**

Herramienta que permite obtener gran numero de variaciones de un diseño de pieza o ensamblaje en único documento mediante la variación de las dimensiones, relaciones geométricas u otros parámetros. SolidWorks permite crear una familia de piezas con diferentes configuraciones mediante la creación de una hoja de cálculo en Microsoft Excel y su vinculación a SolidWorks.

- **Moldes:**

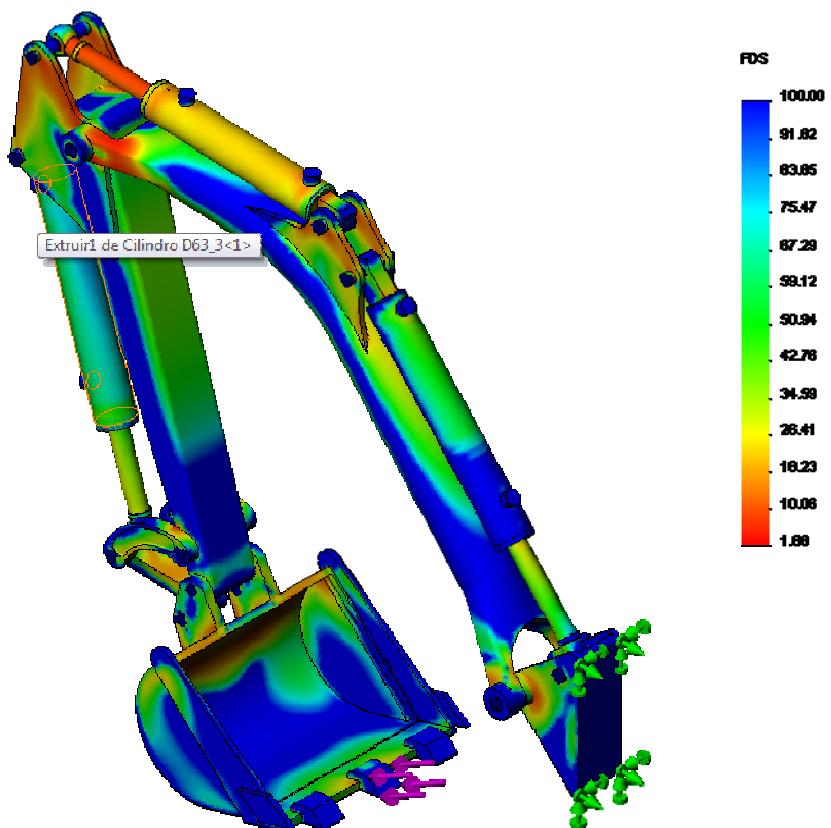
El modulo de moldes contiene un conjunto de herramientas que permiten obtener la cavidad de un molde de inyección de plásticos (macho-hembra) a partir de una pieza en 3D. Se incluyen funciones como el Análisis del Angulo de salida, creación de la Línea de partición y la Creación automática de la cavidad, entre otras funciones.

Y muchas más aplicaciones.

1.4.2. Introducción a Cosmos Works.

Cosmos Works es una herramienta de validación de diseño que emplea el Método de los Elementos Finitos (MEF) en el Análisis de tensiones para calcular los desplazamientos, las deformaciones unitarias y las tensiones en una pieza según el material, las restricciones y las cargas aplicadas.

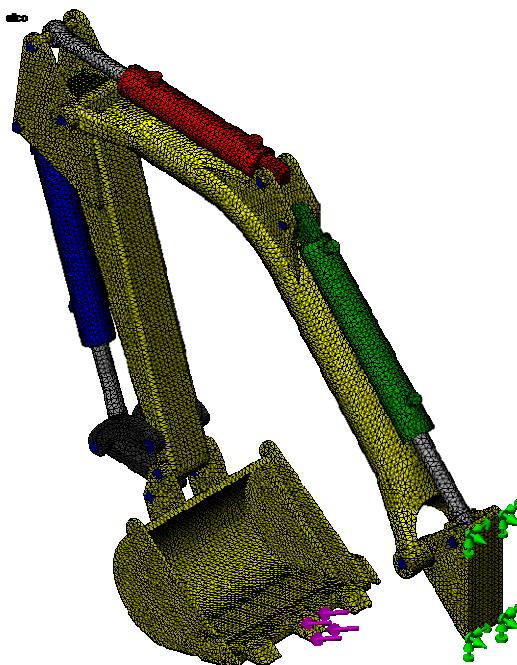
Es una herramienta que permite responder a cuestiones como: ¿Se romperá la pieza?, ¿Cómo se deformará?, ¿Es posible emplear menos material sin perjudicar su seguridad? Todas las respuestas se obtienen en cortos períodos de prueba-ensayo por ordenador sin necesidad de crear prototipos físicos y ensayos de laboratorio.



1.4.2.1. Método de los Elementos Finitos

El Método de los Elementos Finitos (MEF) es un método numérico empleado en la resolución de ecuaciones diferenciales muy utilizado en diversos problemas de ingeniería como es análisis de tensiones o análisis estático.

El método se basa en dividir el cuerpo o geometría a validar en múltiples partes de pequeño tamaño denominadas “Elementos”. Los elementos comparten entre ellos puntos comunes de intersección denominados “Nodos”.



Los programas basados en MEF formulan ecuaciones matemáticas que rigen el comportamiento de cada uno de los Elementos teniendo en cuenta su conectividad con los demás elementos a través de los nodos. Las ecuaciones matemáticas empleadas definen los desplazamientos de cada uno de los nodos en las direcciones X, Y Z en función de la carga, las restricciones de movimiento y las propiedades mecánicas del material empleado. El desplazamiento de cada uno de los nodos permite al programa calcular las deformaciones unitarias en las diferentes direcciones y las tensiones resultantes. Finalmente, el post-proceso representa el modelo tridimensional con una gama de colores que indican las tensiones y deformaciones sufridas bajo las condiciones de contorno definidas (restricciones, material y cargas).

1.4.2.2. Suposiciones del Análisis Estático Lineal

El análisis estático lineal efectuado por Cosmos Works realiza tres suposiciones que debe conocer y tener en cuenta a la hora de realizar el ensayo y validar su modelo: Linealidad, Elasticidad y suposición estática.

Suposición de linealidad. La respuesta del modelo es proporcional a la carga aplicada. El incremento de la carga incrementa los desplazamientos, deformaciones unitarias y tensiones de forma proporcional.

Esta simplificación no debe importarle cuando ensaye el modelo bajo tensiones que se encuentren en el intervalo lineal de la curva tensión-deformación, es decir, en la zona elástica. En esta zona, las deformaciones son proporcionales a la tensión aplicada según el Modulo de elasticidad o Modulo de Young del material seleccionado y por lo tanto, el comportamiento puede ser representativo. Sin embargo, el empleo de tensiones superiores a la del Límite elástico requiere el uso de aplicaciones no lineales que tenga en cuenta las posibles deformaciones plásticas del material.

Suposición de elasticidad. Los cálculos realizados suponen que las tensiones aplicadas se encuentran dentro de la zona de elasticidad de material empleado y que la eliminación o el cese de tensiones provocan la recuperación de las dimensiones iniciales del modelo ensayado. La suposición de elasticidad excluye los comportamientos debidos a deformaciones plásticas permanentes.

En el caso de que su modelo vaya a estar sometido a tensiones superiores a la del Límite elástico y prevea que va a sufrir deformaciones plásticas permanentes deberá utilizar aplicaciones de Análisis no lineal.

Suposición estática. El modelo ensayado debe soportar las cargas aplicadas de forma lenta y gradual hasta alcanzar la magnitud definida. En los casos en que el modelo deba soportar las cargas de forma repentina las deformaciones unitarias y las tensiones sufridas serán mayores y deberá usar aplicaciones de Análisis Dinámico.

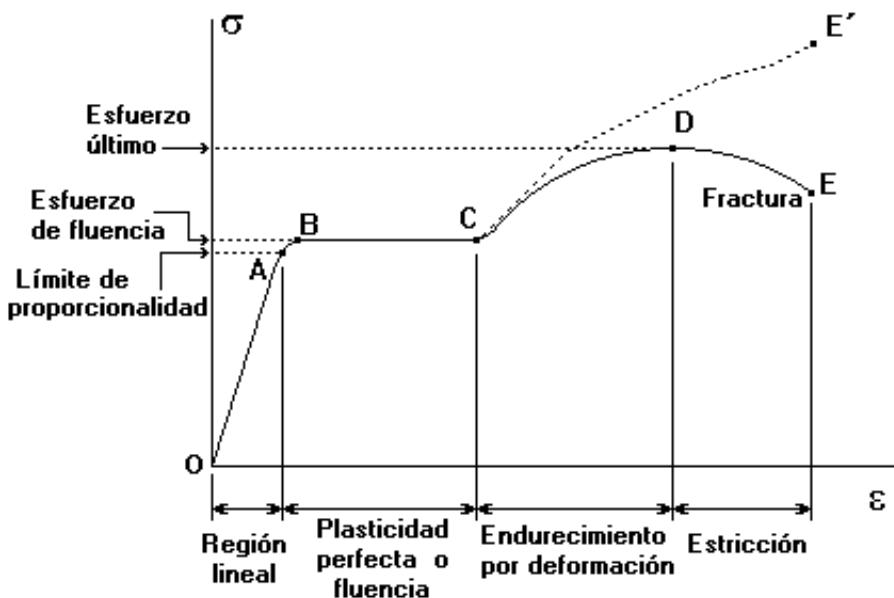


Diagrama de tracción

Suposición Isotrópica del material. Los materiales pueden ser Isotrópicos, Anisotropicos o Ortotropicos en función del comportamiento mecánico del modelo en las diferentes direcciones del espacio.

Cuando las propiedades mecánicas son las mismas en todas las direcciones del espacio se dice que el comportamiento es Isotrópico (acero). Los materiales Anisotropicos tienen diferente comportamiento mecánico en las diferentes direcciones del espacio mientras que los Ortotropicos tienen propiedades mecánicas únicas y diferentes por cada una de las direcciones por cada una de las direcciones (madera, muchos cristales y metales laminados).

Cosmos Works emplea el Modulo elástico, el Coeficiente de Poisson y el Limite elástico en la realización del análisis de esfuerzo. Los materiales Isotrópicos son definidos con el Modulo de Elasticidad (EX) y el Coeficiente de Poisson (NUXY).

Modulo elásticos (EX)

Es la relación entre el esfuerzo (σ) y deformación (ϵ) cuando esta es únicamente elástica. Es una medida de la rigidez del material. También se conoce como Modulo de Young (E). Para la mayoría de materiales está comprendido $4,5 \times 10^4$ MPa y $40,7 \times 10^4$ MPa. En las curvas tensión deformación es la pendiente de la zona elástica. La expresión que la define es:

$$\sigma = E \epsilon \quad E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{P}{\frac{S_0}{Al}} = \frac{P}{l_0}$$

1MPa. Mega Newton/metro cuadrado (MN/m²)

1GPa. 1000 Giga pascal.

σ es la tensión cuyas unidades son el Mega Pascal (MPa), ϵ es la deformación (adimensional, cm/cm o m/m) y E es el Modulo Elástico o Modulo de Young (MPa o GPa).

Coefficiente de Poisson (NUXY)

Es la relación negativa de las deformaciones laterales y axiales que resultan de aplicar un esfuerzo axial en la deformación elástica. Relaciona la deformación elástica longitudinal producida por una tensión de tracción o compresión, con la deformación que se produce en la dirección perpendicular a la aplicación de la carga.

Cuando un sólido está sometido a un esfuerzo en la dirección X el Coeficiente de Poisson NUXY definido por COSMOS relaciona la división de la tensión lateral en la dirección Y con la tensión longitudinal en la dirección X. Los coeficientes son adimensionales.

Material	E (GPa)	μ (Coeficiente Poisson)
Al (Aluminio)	69	0,33
Fe (Hierro)	206,9	0,27
W (wolframio)	408,3	0,28
Al_2O_3	379,3	0,26

$$\mu = \frac{-\epsilon_{\text{LATERAL}}}{\epsilon_{\text{LONGITUDINAL}}}$$

Límite elástico o SIGYLD

Es el esfuerzo requerido para producir deformación plástica muy pequeña del orden de 0,002. En un diagrama de tracción (Tensiones-Deformaciones), el Límite elástico divide la grafica en deformaciones elásticas y deformaciones plásticas o permanentes.

Cosmos Works emplea el Límite Elástico en el cálculo de la distribución del Factor de seguridad y supone que el material empieza a ser flexible cuando la tensión equivalente o tensión de Von Mises alcanza este valor.

Criterio de máxima tensión de Von Mises.

El criterio de máxima tensión de Von Mises se basa en la teoría de la energía de distorsión máxima. En términos de las tensiones principales S_1 , S_2 y S_3 , la tensión de Von Mises se expresa:

$$S_{vonMises} = \sqrt{[(S_1 - S_2)^2 + S_2 - S_3)^2 + S_1 - S_3)^2]/2}$$

La teoría describe como un material dúctil empieza a ceder cuando la tensión de Von Mises supera el Límite de tensión (en la mayoría de los casos se emplea el Límite elástico como límite de tensión). El Límite elástico es una propiedad que depende de la temperatura por lo que es importante que considere la temperatura a la que se encontrara el modelo a ensayar.

$$S_{vonMises} \geq S_{limit}$$

El **Factor de seguridad** se calcula según:

$$\text{Factor de seguridad } (C_s) = S_{limit} / S_{vonMises}$$

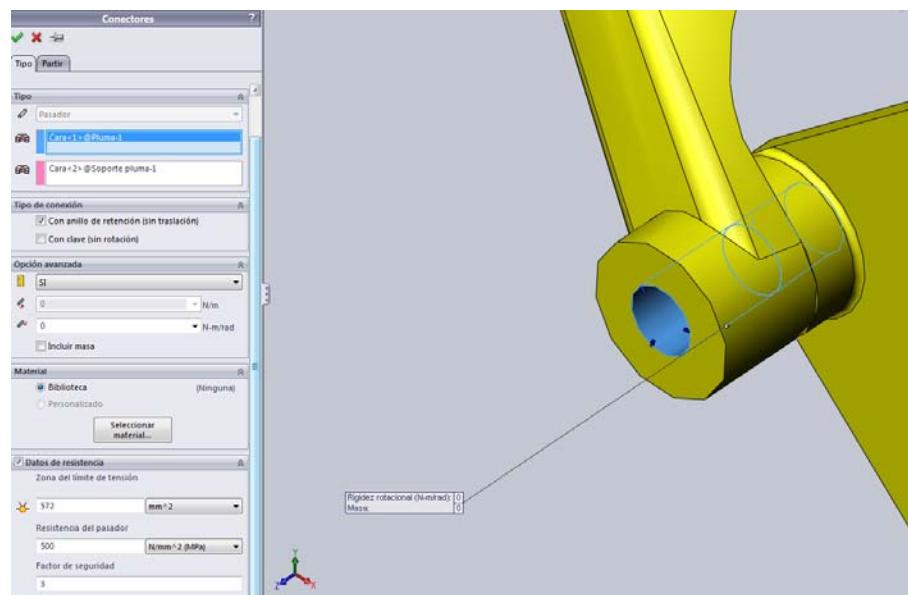
1.4.3. Proceso del análisis mecánico estático

Tras realizar el cálculo de los elementos de la excavadora, debemos comprobarlos, para ello nos servirá de gran ayuda la aplicación COSMOSWORKS de SolidWorks antes presentada. Es una herramienta que como se ha explicado anteriormente utiliza el Método de los Elementos Finitos, con el fin de calcular tensiones, deformaciones, desplazamientos y distribuciones del coeficiente de seguridad de la maquina.

Para ello la aplicación nos muestra unos pasos a seguir para realizar el análisis mecánico estático de una forma correcta.

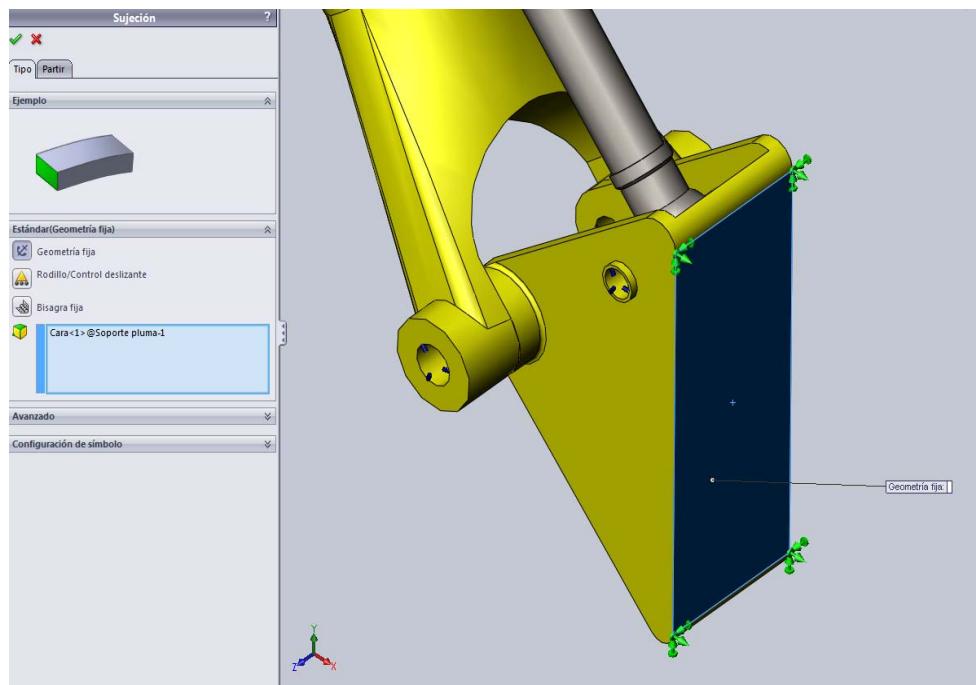
- 1) **Material:** se debe definir el material de cada uno de los elementos que forman el ensamblaje. SolidWorks posee una amplia biblioteca de materiales de la cual se elegirá el material definido, aunque también existe la posibilidad de definir nuestro propio material con las propiedades que se deseen.
- 2) **Conectores:** la aplicación necesita que definamos la manera en la que se conectan o unen las diferentes piezas entre sí. En el caso de la excavadora todas las piezas van unidas mediante pasadores.
- 3) **Restricciones:** se tiene que restringir el movimiento, en este caso tenemos un empotramiento en la cara posterior del soporte pluma puesto que es la pieza que une el órgano de trabajo con la propia estructura de la excavadora.
- 4) **Cargas externas:** este análisis se realizara en la posición más desfavorable, conocida anteriormente. En dicha posición se definirán las fuerzas que debe soportar la excavadora. Se necesita la dirección y la magnitud de la fuerza para definirla.
- 5) **Mallar:** una vez completados los pasos anteriores, se realizara el mallado del ensamblaje.
- 6) **Resultados:** Por último se ejecuta el motor de cálculo que nos dará los resultados de las tensiones, deformaciones, desplazamientos y CFS de la excavadora.

Conejadores: Pasadores



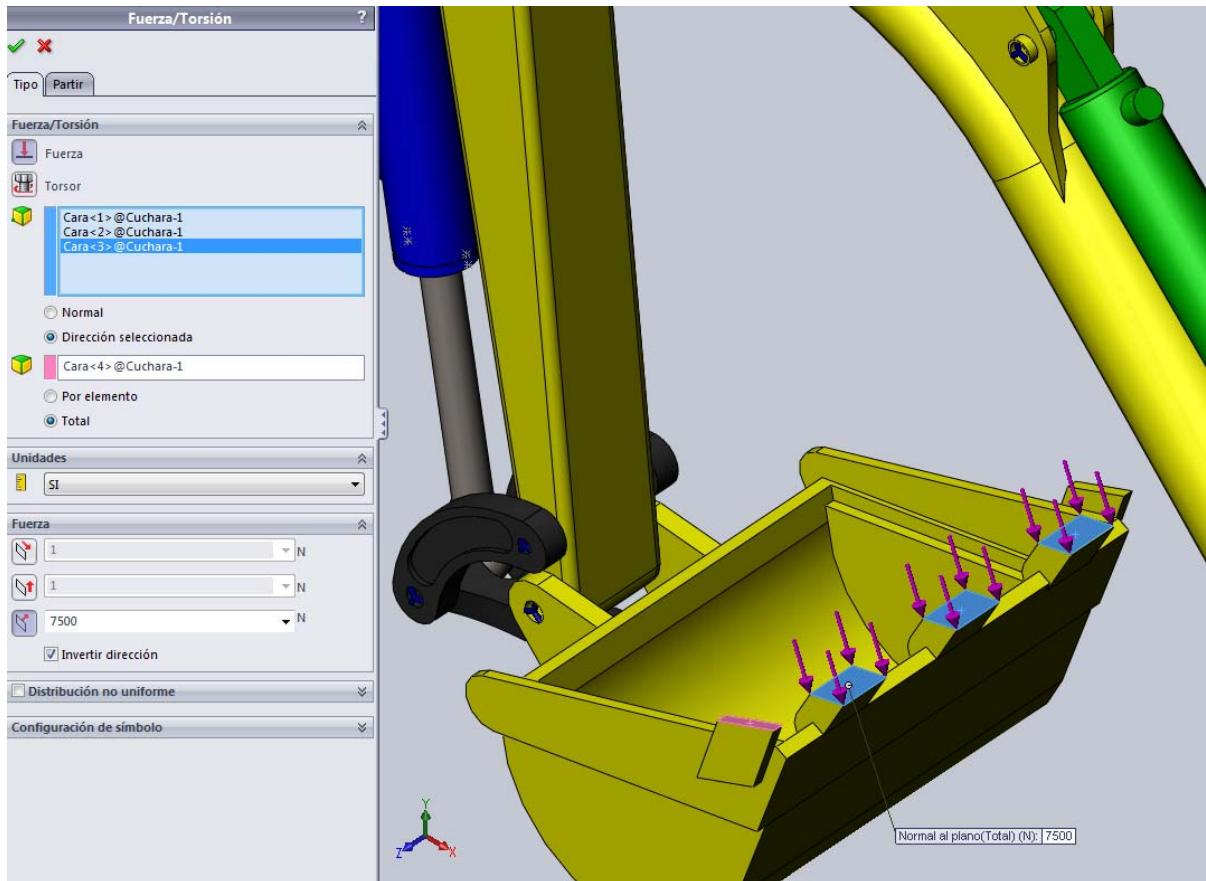
Para definir los pasadores es necesario seleccionar las caras cilíndricas, que estarán en contacto con el pasador, de ambas piezas. También es necesario indicar la sección y el límite elástico de dicho pasador, para una posterior comprobación de los pasadores.

Restricciones: Empotramiento



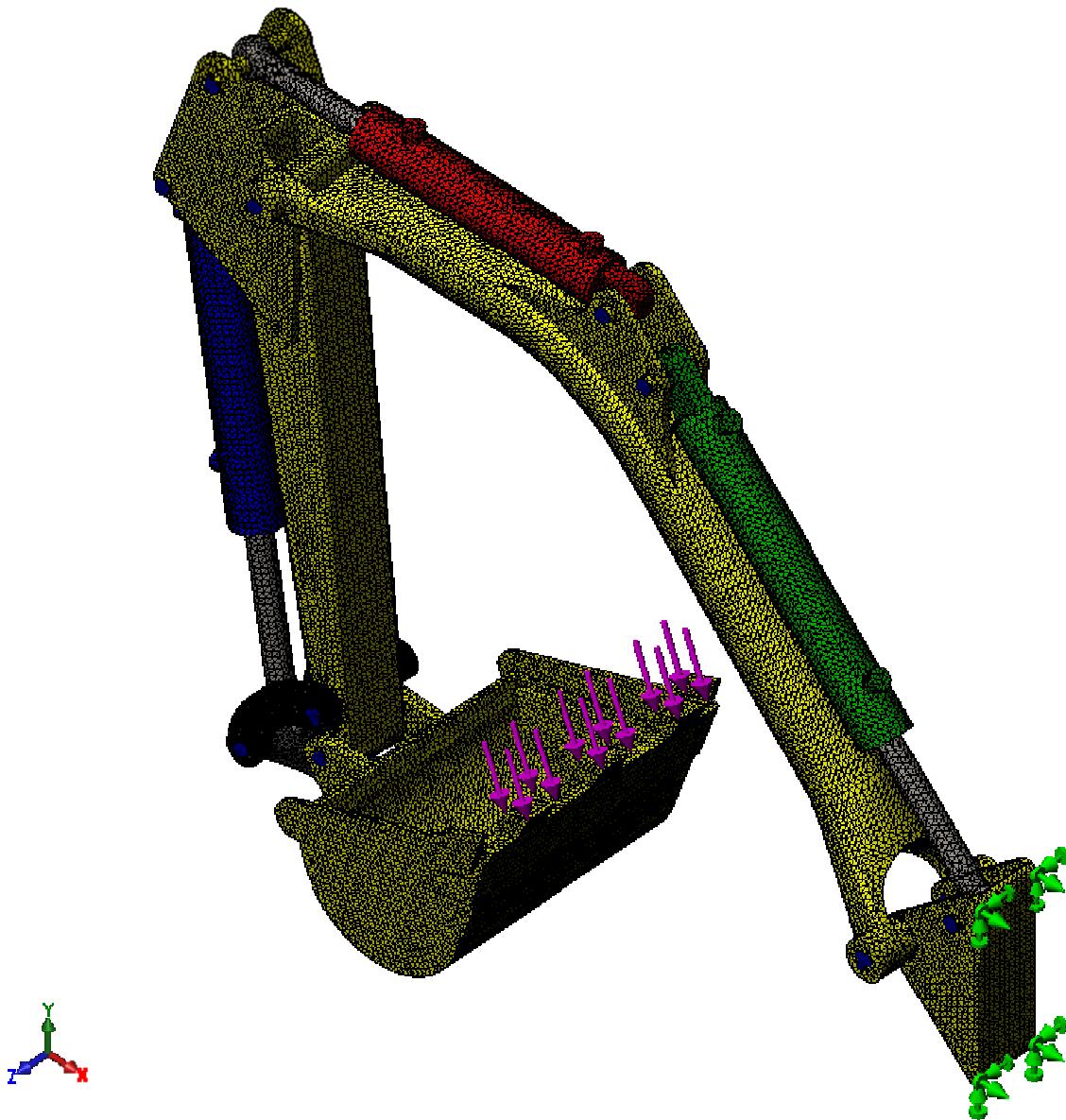
Se considera empotrada la cara del soporte pluma, la cual está unida con la superestructura giratoria de la excavadora.

Cargas externas:



Para una posición determinada, se colocan las fuerzas aplicadas a la excavadora. Para ello la aplicación necesita que se le indique la superficie donde va a ser aplicada, una cara o arista perpendicular a la dirección de la fuerza y el valor de dicha fuerza.

Malla:



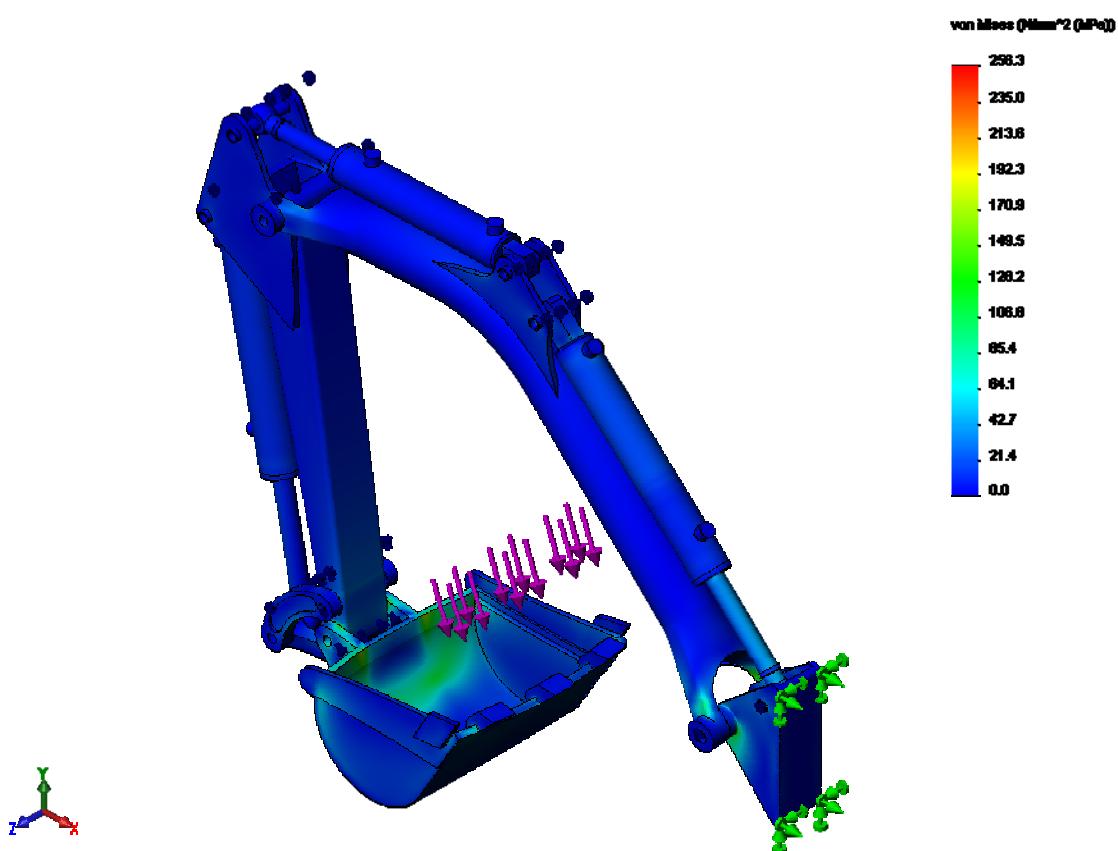
En este caso se utiliza un mallado fino, con el tamaño de elemento y tolerancia más pequeño que nos permite el equipo donde se ha realizado el análisis. Esto nos permite obtener resultados más exactos y fiables.

Resultados:

El análisis mecánico, ha sido realizado en la posición que muestran las siguientes imágenes. Esta posición ha sido considerada la mas desfavorable por ser la posición en la que las fuerzas aplicadas sobre la maquina son máximas y por tanto en la que la excavadora soportara más esfuerzos. Se llego a esta conclusión tras el análisis de la simulación del movimiento de la maquina, realizada con CosmosMotion, herramienta que como se ha explicado anteriormente nos muestra las fuerzas y reacciones producidas en cada instante de tiempo.

a) Tensiones.

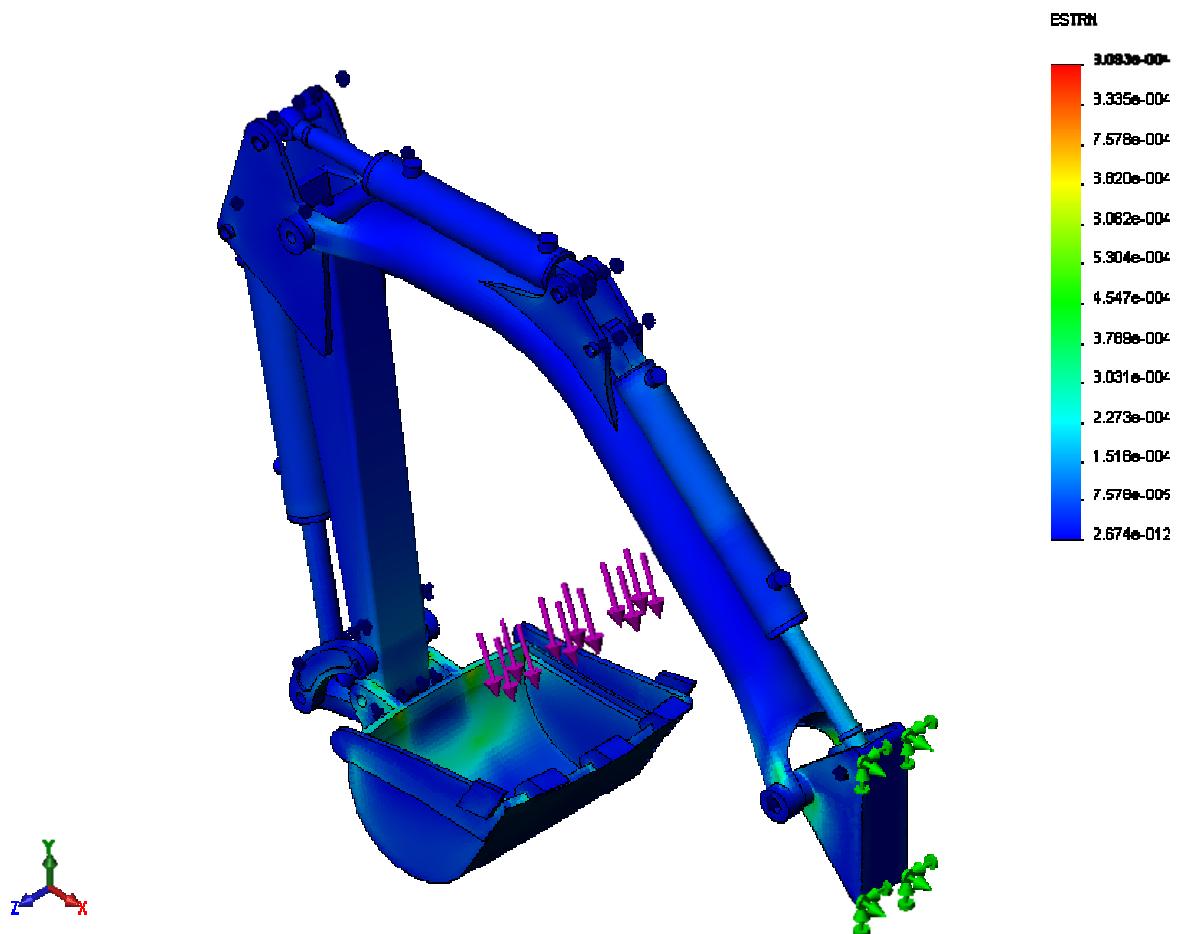
Nombre de modelo: Ensamblaje excavadora análisis mecánico
 Nombre de estudio: Análisis mecánico
 Tipo de resultado: Static tension nodal Tensiones/
 Escala de deformación: 42.1862



Como se puede comprobar en la imagen los resultados de las tensiones en el ensamblaje son satisfactorios ya que no se produce ningún pico de tensión o concentrador de tensiones.

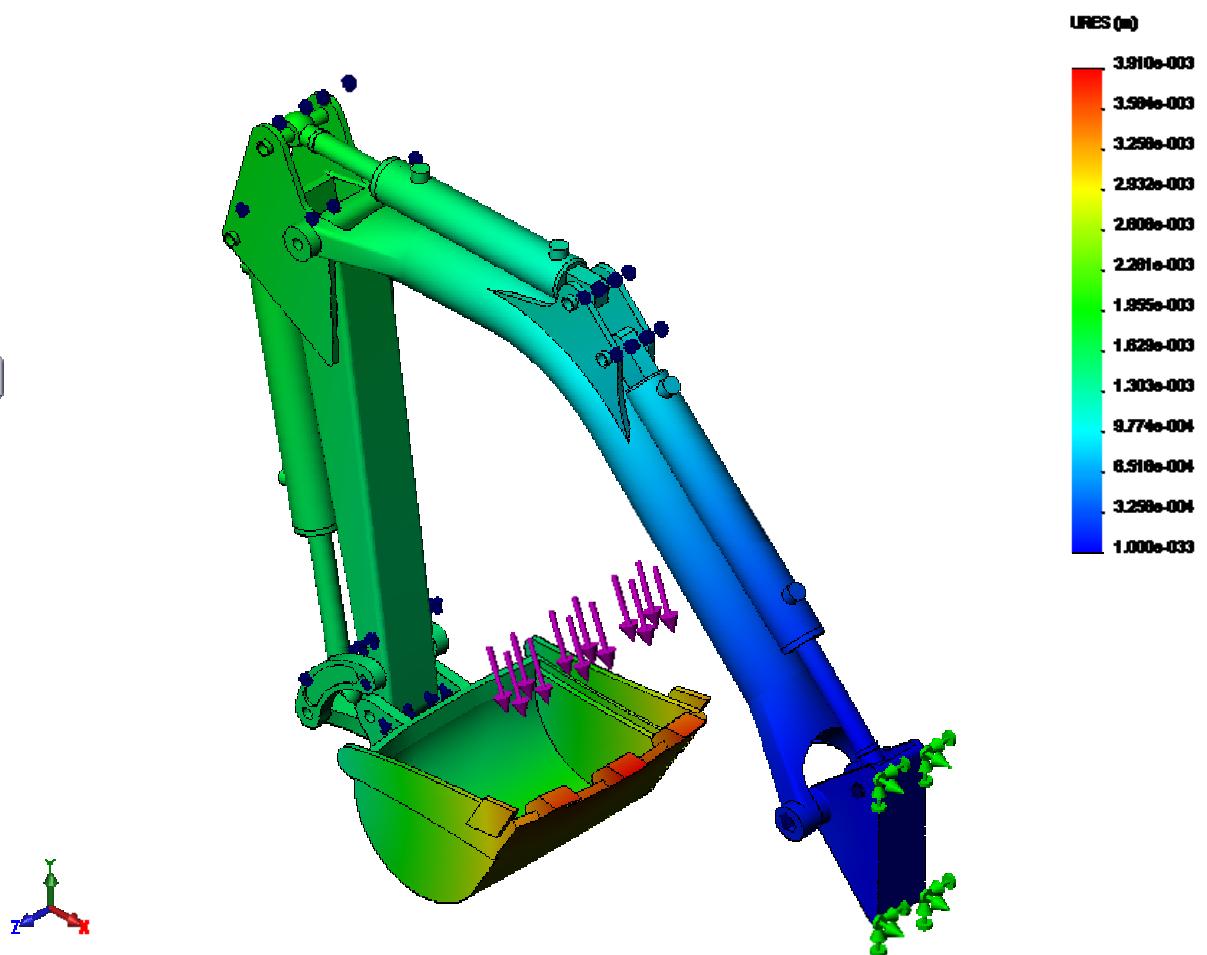
b) Deformaciones.

Nombre de modelo: Ensemble excavadora analisis mecanico
Nombre de estudio: Analisis tecnico
Tipo de resultado: Deformación unilaterial estatica Deformaciones unilaterales
Escala de deformación: 42.1362



c) Desplazamientos.

Nombre de modelo: Ensamblaje excavadora análisis mecánico
Nombre de estudio: Análisis mecánico
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos
Escala de deformación: 42.1862



Como se puede observar el máximo desplazamiento es igual a 3 mm, se produce en la punta de la cuchara, algo totalmente normal y dentro de lo razonable. Por tanto desde el punto de vista del desplazamiento del ensamblaje, el diseño se considera válido.

d) Distribución del coeficiente de seguridad

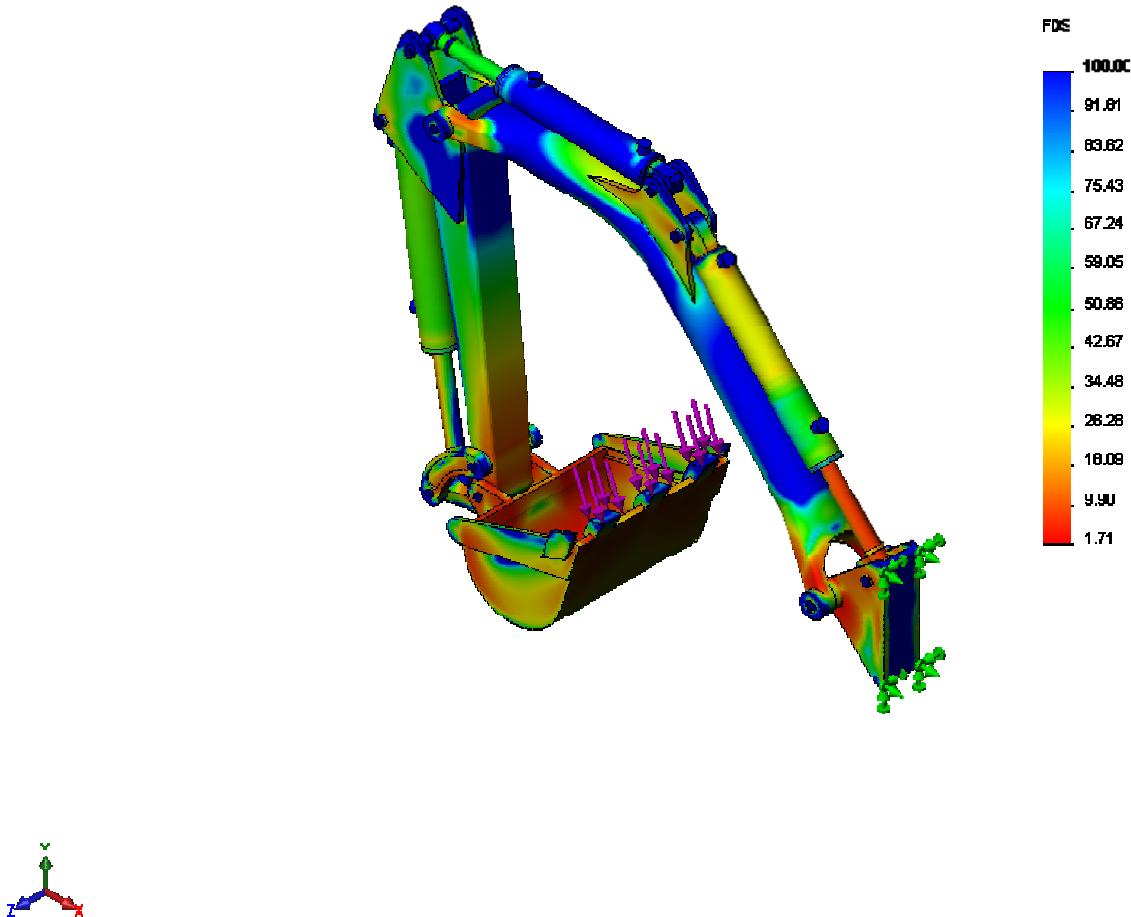
Nombre de modelo: Ensamblaje excavadora análisis mecánico

Nombre de ensayo: Análisis mecánico

Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad

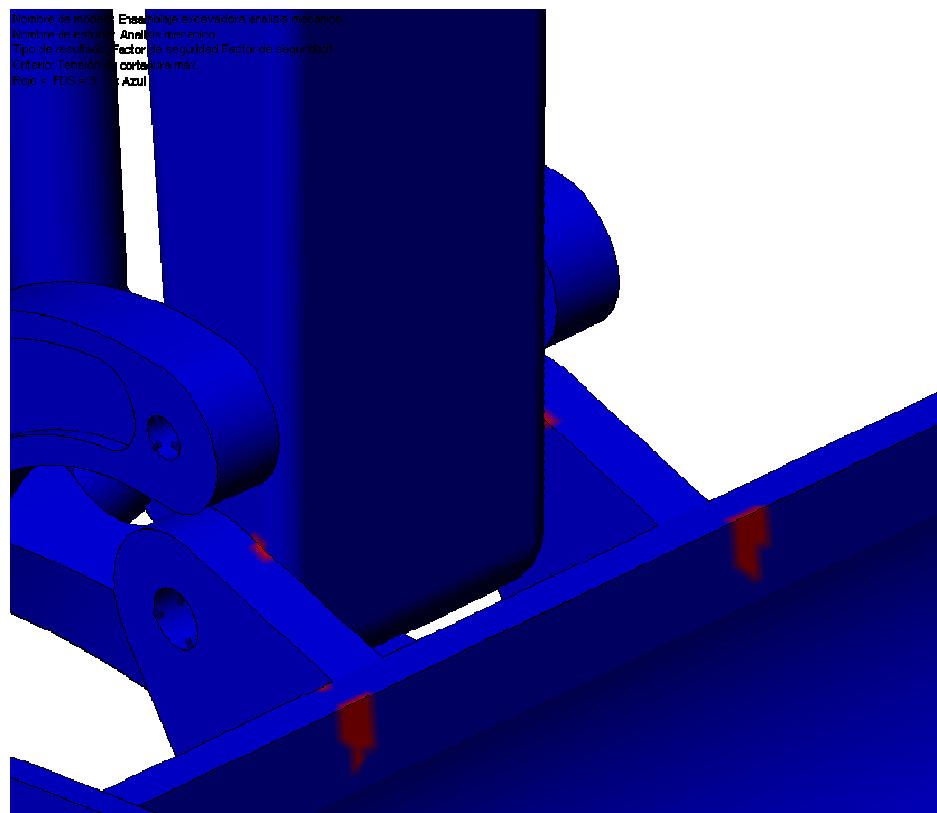
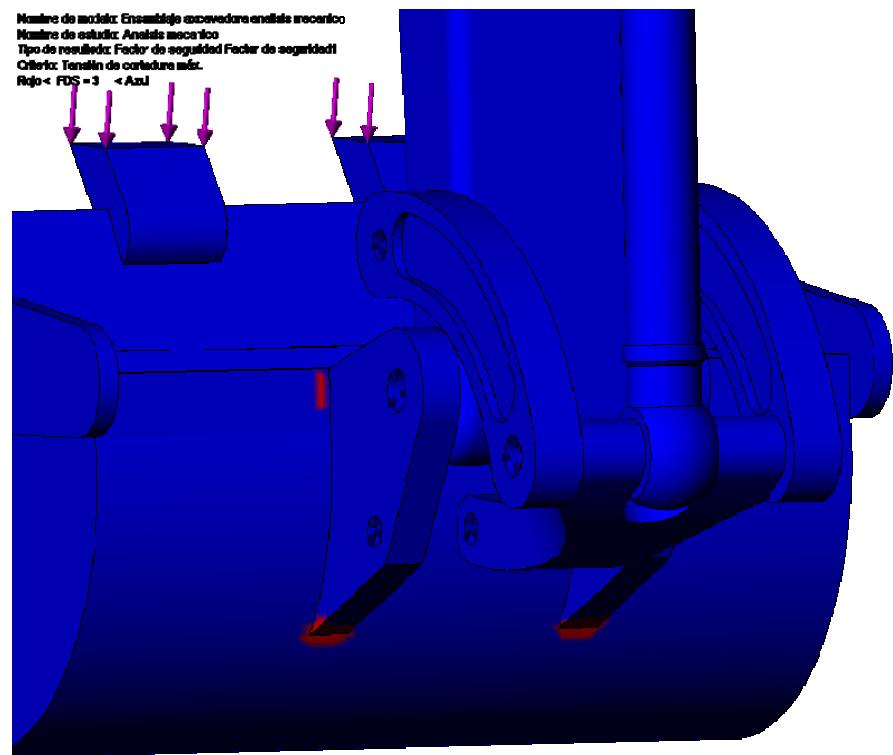
Critica: Tensión de cortadura máx.

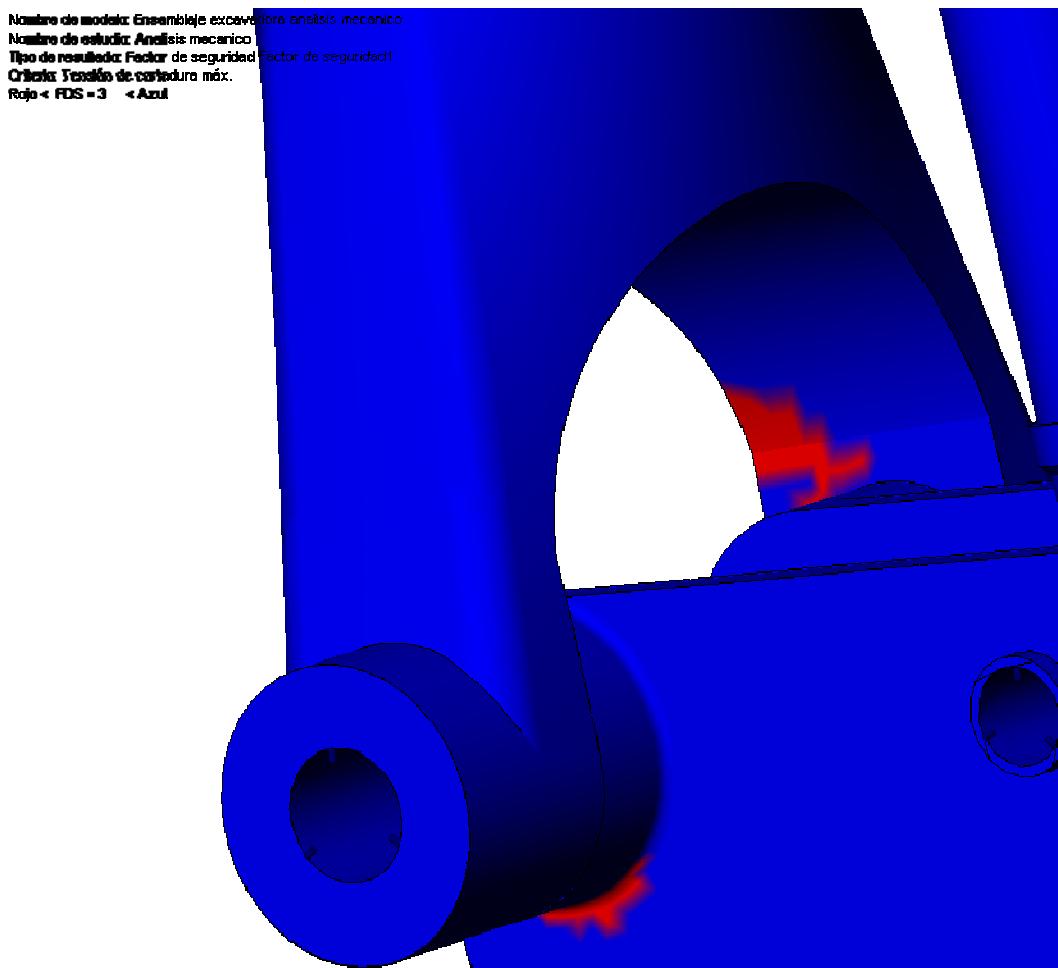
Distribución de factor de seguridad: FDSmín. = 1.7



Esta imagen nos muestra la distribución del coeficiente de seguridad a lo largo del ensamblaje. Debido a la escala de la distribución esta imagen no es de mucha utilidad pues es muy difícil conocer los puntos más críticos donde el coeficiente de seguridad está por debajo de lo deseado. Por ello a continuación se muestran unas imágenes que nos pueden ser de mucha más ayuda.

e) Puntos críticos del coeficiente de seguridad



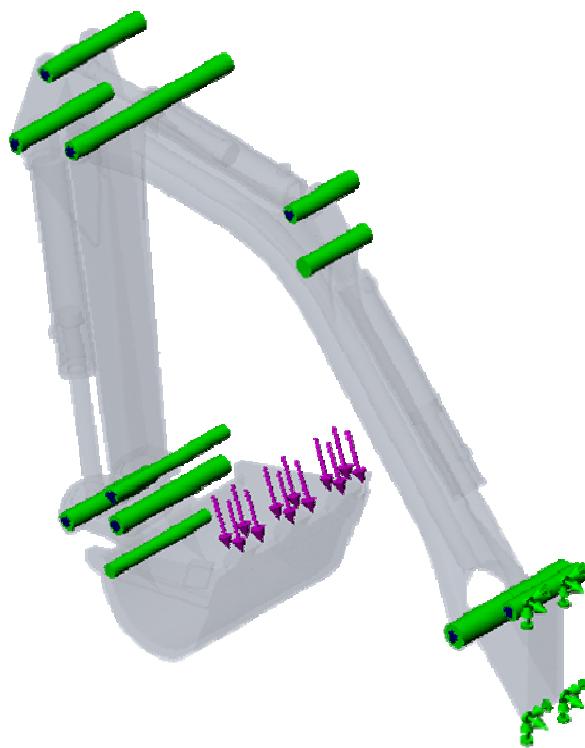


Estas imágenes nos muestran las zonas donde el coeficiente de seguridad está por debajo del deseado, en este caso 3. Las zonas coloreadas en rojo son aquellas en las que el coeficiente de seguridad está por debajo del especificado y el resto de color azul son las zonas que tienen un coeficiente por encima del especificado y por tanto zonas que no tienen riesgo de fallo.

Las zonas en rojo que muestran las imágenes, se consideran zonas de fallo locales y que no tienen gran importancia puesto que están muy localizadas. Se podrían resolver aumentando mínimamente el ancho de alguna de las piezas afectadas, así como el radio de redondeo de otras.

f) Comprobación de los pasadores

Nombre de modelo: Ensamblaje excavadora análisis mecánico
Nombre de estudio: Análisis mecánico
Tipo de resultado: Resultados de perno y pasador estáticos



SolidWorks y su aplicación de análisis mecánico COSMOSWORKS, nos permiten comprobar si los pasadores calculados, aguantan los esfuerzos a los que están sometidos. En este caso todos los pasadores salen en color verde, lo que indica que están dimensionados correctamente. Si por el contrario alguno de ellos estuviera en color rojo, debería ser recalculado.

Nombre de archivo: Memoria PFC
Directorio: C:\Users\Jose\Desktop\Proyecto-Miniexcavadora\Memoria y calculos
Plantilla: C:\Users\Jose\AppData\Roaming\Microsoft\Plantillas\Normal.
dotm
Título:
Asunto:
Autor: Jose Antonio Acevedo Gomez
Palabras clave:
Comentarios:
Fecha de creación: 12/03/2010 13:00:00
Cambio número: 55
Guardado el: 04/05/2010 20:37:00
Guardado por: Jose Antonio Acevedo Gomez
Tiempo de edición: 1.123 minutos
Impreso el: 09/05/2010 12:04:00
Última impresión completa
Número de páginas: 86
Número de palabras: 15.075 (aprox.)
Número de caracteres: 82.916 (aprox.)