

SISTEMAS DE ENGANCHE DE LAS MÁQUINAS AGRÍCOLAS

Mur, M.; Vázquez, J.M.; Palancar, T; Balbuena; R

Las máquinas agrícolas presentan diferentes formas de vinculación al tractor. Tradicionalmente los equipos se han clasificado en función de ello en equipos montados, semi -montados y de arrastre. En la República Argentina se han utilizado tradicionalmente equipos de arrastre, como consecuencia del ancho de las máquinas utilizadas en las explotaciones agrícola-ganaderas de tipo extensivo, para la producción de granos en la región central del país. Las dificultades para este tipo de equipo pueden explicarse por 2 cuestiones elementales. Por un lado, el peso del equipo, vinculado al número de cuerpos, el cual compromete fuertemente la estabilidad del tractor durante el trabajo en las cabeceras y el transporte en carretera

Los equipos montados y semi-montados, de amplia difusión en Europa y EEUU, no han sido incorporados a nivel extensivo y solamente los primeros se insertan fuertemente en las explotaciones intensivas, vinculadas a distintas economías regionales y producción hortícola y florícola en las regiones periurbanas de los principales centros de población.

Tal como resulta ampliamente conocido, el comportamiento dinámico de los conjuntos tractor – apesto difiere mucho en los distintos equipos mencionados. Los equipos montados, trabajando en control de carga y control de posición son capaces de transmitir durante el trabajo del equipo hacia el tractor hasta un 65% del esfuerzo de tracción que realizan durante el trabajo. Los semi -montados pueden según el diseño, la disposición de sus órganos de trabajo y las ruedas de soporte, transferir hasta un 45% del esfuerzo de tracción que realizan. En cambio, los equipos de arrastre, vinculados a la barra de tiro del tractor presentan los menores coeficientes de transferencia, estimados en un 25% del esfuerzo de tracción. Sin embargo, los mismos tienen variaciones de importancia en la transferencia dinámica de peso al tractor, según los tipos de vínculos que disponga la máquina. Por ello, los tractores responden en sus características de diseño al tipo de conjunto que conformarán para que el mismo resulte eficiente. Asimismo, el diseño de los tractores guarda relación con las tareas que el mismo efectúa frecuentemente, debiendo equilibrar la prestación en los diferentes trabajos, según sean las horas que se destinan a cada una de ellas

Las máquinas agrícolas también presentan características en sus sistemas de soporte vinculadas a las particularidades de cada tipo de máquina. Esto implica que cada tipo de vínculo al tractor, montado, semi-montado y de arrastre, presenta diferentes sistemas de apoyo, soporte, que brindan los puntos de acoplamiento y los sistemas de control que asisten a los ajustes necesarios para alcanzar eficiencia en labor.

Equipos montados

Los equipos montados son escasamente utilizados en la agricultura extensiva de la región central del país, pero alcanzan gran difusión en el trabajo de explotaciones intensivas, relacionadas a la horticultura, floricultura y fruticultura. Por otra parte, también son de frecuente uso en diversas producciones regionales, en las cuales la maniobrabilidad y la capacidad de paso se encuentran reducidas por los espacios disponibles entre las filas o hileras de cultivo.

Los equipos montados presentan siempre tres puntos de vinculación a los brazos inferiores y al brazo superior o tercer punto. En los aperos, las características de los elementos de unión al tractor presentan ajustes y variaciones según aspectos de diseño de los sistemas de trabajo del tractor, teniendo también elementos comunes, independientemente del tipo de órgano activo del apero.

Una diferencia importante en los equipos, que condiciona el tipo de enganche de tres puntos es la simetría de los órganos de trabajo, en forma individual o del conjunto de los mismos. Cuando los órganos son simétricos o el conjunto de órganos es simétrico, no existen componentes laterales del esfuerzo de tracción que se requieran compensar con el tiro del tractor. En este caso, el enganche del equipo montado será centrado y el sistema de enganche de tres puntos será de mayor simplicidad, al presentar los puntos inferiores de vinculación en un mismo plano vertical y horizontal. Los equipos presentarán en este caso pernos de enganche dispuestos en el centro de un eje o directamente un clavijero vertical con un o más puntos de enganche, dentro de los cuales se ubicarán las rótulas de los brazos inferiores del enganche tripuntal. El tercer punto de enganche del equipo se encuentra en todos los casos en el extremo de la torreta y se resuelve generalmente por uno o más posibles ubicaciones de un perno con chaveta, que fijará en posición al tercer punto o brazo superior del enganche del tractor. Los pernos de vinculación del equipo suelen ser cambiables para ofrecer la posibilidad de compatibilizar diferentes categorías de enganche, para aquellos equipos que se encuentran cercanos a los límites establecidos por norma para las diferentes categorías que traerá el tractor en acuerdo con su potencia.



Figura 1. Vista del enganche de un descompactador montado, con puntos de acoplamiento inferiores en un mismo plano, con pernos pasantes y chavetas para el vínculo con los brazos inferiores del tractor.

En la figura 1, se visualiza un descompactador montado, simétrico, con el sistema de enganche característico de este tipo de implementos. En este caso, las rótulas de los brazos inferiores de tracción del enganche tripuntal se colocarán en medio de las planchuelas derechas e izquierdas del equipo, permitiendo que el perno pasante atravesase el conjunto para establecer el vínculo entre ambos componentes del conjunto.

En la figura 2, se muestra un equipo de cincel montado donde es posible observar el punto de vinculación del tercer punto del tractor a la torreta del equipo también por un perno pasante y chaveta de seguridad. Por medio del mismo, se establece el plano de vinculación delimitado por los brazos inferiores y el tercer punto de enganche o brazo superior, que en conjunto restringe los grados de libertad del acoplamiento tripuntal. Habitualmente, la rigidez necesaria para soportar los esfuerzos de tracción del implemento sin modificar la profundidad de trabajo del equipo, se consigue por medios de refuerzos de la estructura de soporte del equipo que vinculan la torreta del equipo con algún sector del bastidor del mismo.

En ambos casos, el equipo presenta ruedas de apoyo y regulación de profundidad de tipo discontinuo, por placas verticales perforadas. Este sistema de control, frecuente en equipos montados de labranza vertical, modifica la prestación tractiva al cambiar la transferencia dinámica de peso, en acuerdo con la disposición de las ruedas en el plano longitudinal, antero-posterior del equipo.



Figura 2. Vista lateral del equipo, con detalle de la torreta, punto superior de enganche y refuerzos estructurales.

Por lo contrario a lo especificado en los párrafos precedentes, los equipos asimétricos, con esfuerzos que determinan la aparición de componentes laterales en el plano horizontal, requieren de estructuras de enganche algo más complejas. Los arados de reja y vertedera, así como los arados de casquetes, son ejemplos característicos de

equipos que necesitan de la presencia de un spin o eje acodado, que en sus extremos presenta o permite la ubicación de los pernos de enganche para los brazos inferiores del enganche de tres puntos (figura 3). El aspecto característico de este elemento, o conjunto de elementos, es la ubicación relativa de los pernos de enganche, derecho e izquierdo, a 180° uno con respecto al otro, con posibilidades de girar en forma continua o discontinua con respecto a la estructura de soporte general del equipo (bastidor). En la figura 3 se visualiza el eje acodado de un arado de discos, cuyo eje acodado se encuentra vinculado al bastidor por medio de grampas. Al aflojar las mismas el spin puede girar sin restricciones, permitiendo múltiples posiciones dentro de un giro de 360° . Las mismas, permiten a un mismo tiempo adelantar y bajar un punto de enganche y elevar y retrasar el contrario. Las consecuencias del movimiento del eje acodado es el movimiento principal de la parte trasera del equipo, la cual describirá una elipse, con múltiples posiciones en el plano horizontal y vertical. Por otra parte, el spin permite también, al aflojar las grampas que lo sujetan al bastidor, el desplazamiento de dicho elemento en relación al bastidor y los órganos de trabajo solidarios al mismo. Esto ocasiona una modificación del ancho de trabajo efectivo del primer cuerpo del implemento y, por consecuencia, del ancho de trabajo total del implemento.



Figura 3. Detalle de un sistema de enganche característico de los implementos asimétricos. Eje acodado. Pernos de enganche. Grampas de fijación al bastidor.

Al realizar este tipo de ajuste, cambia la posición relativa del tractor y el implemento, permitiendo ajustes del ancho de trabajo, de modo similar al que se logra modificando la posición relativa del tractor con respecto al implemento, cuando se varía la trocha del tractor.

Este tipo de enganche, por las regulaciones o ajustes que permite, resulta de importancia en la prestación de los arados de vertedera. La modificación de la posición de los pernos en el plano horizontal, incide sobre el ángulo de ataque de la reja y del cuerpo de arado en su conjunto. De igual forma, afecta la posición de la costanera en relación a la pared del surco, permitiendo su separación cuando el equipo no cuenta con una rueda específica que cumpla con dicha función. Por otra parte, también permitiría la separación de las costaneras del fondo del surco, pero dicho ajuste puede ser realizado, de forma más sencilla y precisa a través del tercer punto o brazo superior del tractor. Tal es así, que en algunos diseños se ha optado por reemplazar el eje acodado por un eje que contiene a los 2 pernos de enganche en similar posición. En estos casos, el desplazamiento antero - posterior se realiza solamente en el plano horizontal, sin modificación de la altura de los mismos, ya que dicho eje no posee posibilidades de rotación. El desplazamiento se logra a partir del ajuste de un tornillo, que brinda un posicionamiento de variación continua dentro de los márgenes que el diseño permite. En estos casos, la única posibilidad de cambios en la nivelación del equipo en sentido longitudinal queda restringida al ajuste del tercer punto del tractor, alargando el mismo cuando el equipo se encuentra más alto de atrás que de adelante y viceversa.

Equipos de arrastre

En los equipos de arrastre, también existen claras diferenciaciones entre aquellos implementos que poseen simetría individual y en conjunto de sus órganos activos.

Entre los implementos con simetría individual o colectiva de los elementos y sistemas de trabajo se encuentran los escarificadores, subsoladores, cinceles, cultivadores, vibrocultivadores, entre otros. También presentan simetría en conjunto las rastras de doble acción de paquetes encontrados, como también la de paquetes desencontrados, aunque éstas pueden presentar con un tiro centrado algunos desplazamientos laterales, de relativamente poca magnitud. También presentan simetría conjunta los implementos de labranza vertical denominados de forma genérica Paratill, aunque la misma denominación responde a una marca comercial registrada. Fuera de las máquinas de labranza, la mayoría de los conjuntos de arrastre trabaja de forma centrada, puesto que no existen componentes laterales en el conjunto, producto de fuerzas que se producen como consecuencia de la acción de los sistemas de trabajo de los implementos. Tolvas, todo tipo de acoplados, sembradoras, pulverizadoras, fertilizadoras, rotoenfardadoras, entre otras tantas máquinas se incluyen dentro de este tipo. Una excepción a lo antedicho, lo constituyen muchas máquinas de cosecha de plantas forrajeras, debido a la necesidad de que la máquina trabaje desplazada con respecto al tractor que la arrastra, para evitar la pisada del recurso forrajero por parte del tractor.

La totalidad de los implementos simétricos utiliza un tipo de sistema de enganche denominado lanza o lanza articulada que permite a través de sistemas continuos o discontinuos la vinculación de los equipos al tractor y la nivelación de los mismos, cuando el apero tiene un solo eje.

Los implementos asimétricos, en cambio, requieren mayores posibilidades de alistamiento previo y ajustes durante el trabajo producto de las fuerzas laterales que se generan sobre el equipo y la necesidad de compensación parcial o total de dichas fuerzas a través del sistema de enganche, en conjunto a veces con la o las ruedas del implemento. Los aperos más difundidos con estas características son máquinas de

labranza, primaria o secundaria, entre las cuales se encuentran los arados de vertedera, arados de casquetes o discos, arados rastra y las rastras de tiro excéntrico.

El sistema de enganche requerido y utilizado en este tipo de máquinas presenta por lo general regulaciones o posibilidades de ubicación de sus componentes en distintas posiciones, tanto en el plano horizontal como vertical, recibiendo el sistema la denominación de barra de enganche.

Sistema de enganche lanza y lanza articulada

Este tipo de sistema se caracteriza por la ausencia de regulaciones o posibilidades de posicionamiento en el plano horizontal.

Vistos en planta, todos los sistemas de enganche tractor-implemento tratan de ubicar en una misma recta el centro de potencia del tractor, el centro de resistencia del equipo y el punto de enganche, es decir, la vinculación entre el equipo y el tractor. Cuando estos componentes del conjunto tractor apero arrastran o son arrastrados respectivamente de sus "centros" de potencia y resistencia, se eliminan las posibilidades que alguno de ellos gire, por haberse producido una cupla par o momento. En estos sistemas la recta que vincula el centro de potencia, el centro de resistencia y el punto de enganche es paralela a la dirección de avance. Podría resumirse que en los conjuntos el tractor debe tirar desde el centro de potencia y el equipo debe ser tirado desde el centro de resistencia.

En vista lateral, en cambio, la altura de la barra de tiro del tractor es definida por el usuario, tratando de aumentar la eficiencia tractiva del conjunto tractor apero, favoreciendo mayores cargas dinámicas y un balance del peso que recae sobre los rodados de tracción según el diseño tractiva y las características del rodado y el suelo al momento de realizar la labor.

Resulta conveniente definir a qué se denomina centro de resistencia del equipo (CR) y el centro de potencia del tractor (CP).

El centro de potencia (CP) del tractor es la denominación técnica del centro de gravedad (CG) dinámico del tractor, cuando el mismo está efectuando trabajos de tracción. Por lo habitual, se conoce y calcula cuál es la posición del centro de gravedad del tractor. Sin embargo, cuando el tractor realiza trabajos de tracción, se genera un desplazamiento antero posterior del CG, variable en acuerdo con la posición de la barra de tiro del tractor en (altura y longitud) y del esfuerzo de tracción que le demande el conjunto.

En los tractores se produce según el diseño y la altura relativa de la barra de tiro del tractor y el enganche efectuado en el apero no solamente un desplazamiento del CG sino también un aumento del peso adherente (Q_A) del tractor. El desplazamiento tal como se desprende de lo antedicho es variable, por lo cual habrá tantas ubicaciones del CP como posibilidades de distribución de lastres, regulaciones de la barra de tiro y esfuerzos de tracción se generen en un conjunto tractor apero. No obstante, el desplazamiento antero-posterior de su ubicación no reviste un problema para el desplazamiento rectilíneo del tractor, cuando el enganche se realiza con un equipo simétrico y la fuerza resultante (R) aplicada en el equipo no presenta fuerzas laterales. En estas condiciones R coincide con la dirección de avance y la barra de tiro del tractor se ubicará centrada, garantizando la alineación del punto de enganche (PE) con el CP y el CR

Recibe el nombre de “centro de resistencia” (CR) o “centro de carga” del equipo al lugar donde pasa la resultante de las fuerzas que actúan sobre el equipo. Las mismas pueden reducirse habitualmente al peso del equipo, la fuerza de soporte del suelo a través de las ruedas y los mecanismos de apoyo y las fuerzas que ejerce el suelo sobre los órganos de trabajo del suelo. El peso del equipo, la fuerza de soporte que brindan las ruedas y las componentes en el plano vertical inciden sobre la ubicación en el plano vertical y antero - posterior del equipo.

La simetría de los cuerpos, individual o en su conjunto, determina la ubicación del centro de resistencia en el plano horizontal, así como también la dirección y sentido de la resultante de las fuerzas que actúan en este plano. Por lo general, el esfuerzo de tracción que realiza el tractor debe contrarrestar al conjunto de fuerzas, ejerciendo una fuerza igual y contraria.

En los equipos con órganos simétricos o con simetría lateral, no existen componentes laterales en la resultante de las fuerzas que actúan en el equipo. Por lo tanto, el centro de carga se encontrará en el plano medio del equipo, en diferente posición en sentido antero - posterior, en función del arreglo espacial de sus órganos de trabajo y sistemas de apoyo (bastidor, enganche, rodados). La dirección de la fuerza será coincidente con la dirección de avance durante el desplazamiento rectilíneo del conjunto y de sentido contrario a la del tractor. Un ejemplo de este sistema de enganche se visualiza en la figura 4, donde se ha esquematizado un conjunto tractor sembradora visto en planta.

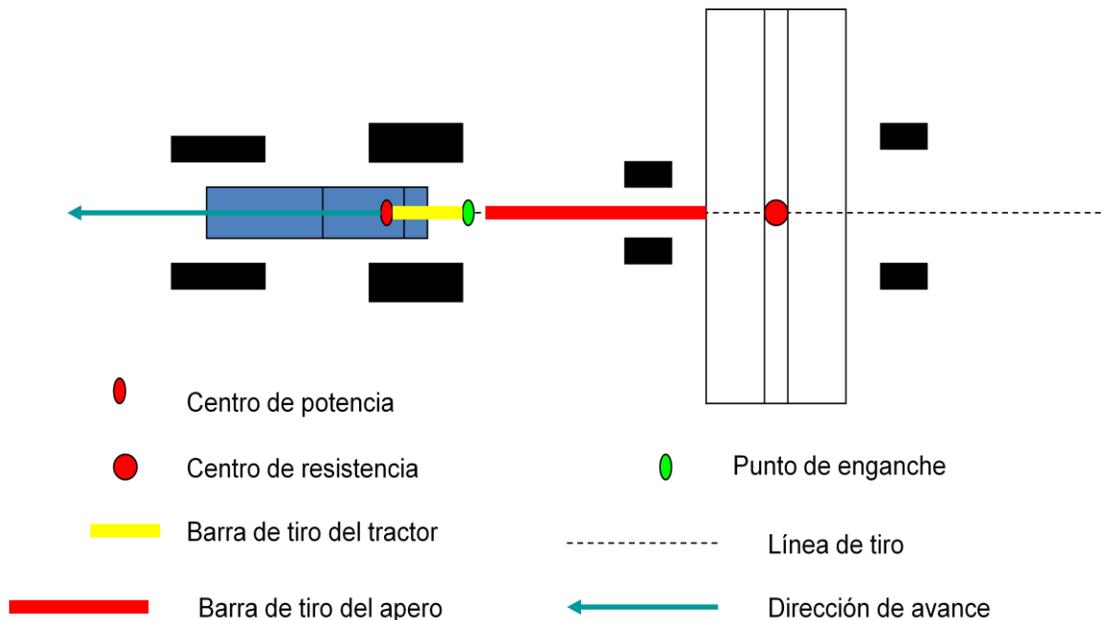


Figura 4. Vista en planta de un enganche centrado en un conjunto tractor sembradora. Centro de potencia (CP); Centro de resistencia (CR); Punto de enganche (PE)

Similares consideraciones pueden realizarse para el caso de un cincel, un subsolador o un Paratill. En la figura 5 se muestra un descompactador del tipo Paratill, en

el cual los órganos de trabajo son asimétricos, pero el conjunto monta sobre el bastidor la mitad de los cuerpos con el montante angulado hacia la derecha y la otra mitad hacia la izquierda, compensando los esfuerzos laterales que se generan sobre cada uno de ellos individualmente. La línea punteada vertical marca la simetría lateral que alcanza el implemento en su conjunto, permitiendo como fue expuesto anteriormente un enganche centrado. En otros casos, los órganos se disponen por pares hacia el centro, quedando las fuerzas laterales compensada por su opuesto lateral, sin que existan diferencias desde el punto de vista de las fuerzas con respecto al enganche, independientemente de los efectos que pueden generarse en las características de roturación del suelo. Los equipos en el caso de ser de arrastre podrán ser de lanza o lanza articulada.

La lanza articulada presenta un único punto de enganche para su vinculación al tractor y una articulación contra el bastidor del equipo que permite rotar al conjunto de manera tal que con la ayuda de un torno unido a la estructura del bastidor por un lado y a la lanza por el otro, brinda la posibilidad de subir y bajar el punto de enganche. Este movimiento por alargamiento o acortamiento del torno permite a su vez nivelar el equipo una vez que se haya clavado el mismo en el suelo y durante el trabajo se observe si la parte superior del bastidor en vista lateral, no se encuentre paralelo al suelo. Lógicamente alargando el torno se clavará el equipo más de atrás y si se lo acorta se favorecerá una mayor profundidad de los cuerpos delanteros.



Figura 5. Vista posterior de un Paratill de arrastre con configuración de órganos en conjunto hacia el centro.

En la figura 6 en cambio, se ve el sistema de enganche de lanza fija, con clavijero vertical para el desplazamiento del punto de enganche al tractor.



Figura 6. Vista frontal de un enganche de lanza fija con el vínculo rígido al bastidor identificado con un círculo

En la misma queda claro que ambos sectores que conforman la lanza se vinculan a la estructura de soporte (bastidor) en forma rígida por medio de tornillos y tuercas. En la figura 7, en vista lateral se ve el clavijero vertical con el punto de enganche al tractor, que permite una regulación discontinua de la nivelación del equipo



Figura 7. Vista lateral de un escarificador con lanza fija y regulación discontinua del enganche. El circulo enmarca la regulación existente en el clavijero vertical

Se entiende que en este tipo de equipos, las posibilidades de desplazamiento del CR del plano medio del implemento quedan reducidas a problemas de nivelación lateral del mismo o a la superposición entre pasadas sucesivas que implican una diferencia en el esfuerzo de tracción entre los órganos de trabajo del suelo externos. En equipos de arrastre es difícil que haya diferencias de profundidad ya que el único origen puede ser como consecuencia de diferentes presiones de trabajo de las ruedas, resultando las mismas poco significativas. En cuanto a lo vinculado a la mayor superposición de trabajo del órgano externo con la pasada anterior, el desplazamiento del CR será mayor en equipos pequeños con grandes esfuerzos de tracción por órgano activo y menor en los de mayor ancho de labor y menor profundidad de labor, que demandarán menores esfuerzos en cada reja y/o montante.

En cuanto a la vinculación del equipo en el plano vertical, resulta interesante analizar las características del enganche para el caso de los equipos de arrastre, con un solo eje de ruedas, para la labranza primaria del suelo. La ubicación de las ruedas en el plano antero – posterior del equipo fija cual es el punto de soporte del suelo al equipo. En la figura 5 se visualiza un esquema de un escarificador, con un solo eje y ruedas simples, con el conjunto de fuerzas que permiten equilibrar el conjunto.

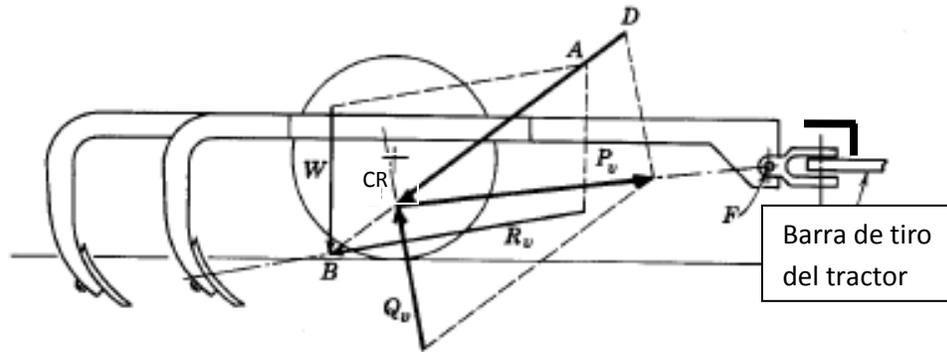


Figura 8. Esquema de las fuerzas actuantes en un escarificador. W: peso del equipo. Rv: Fuerza resultante del trabajo del suelo por los órganos de trabajo. AB resultante de la suma de fuerzas AB y W. Qv: fuerza de soporte del suelo. Pv: fuerza que realiza el tractor. F: Punto de enganche.

Sobre el implemento existen 2 fuerzas básicas. El peso del equipo W y la resultante de las fuerzas del suelo sobre los órganos activos Rv, cuya sumatoria es la fuerza AB. Por otra parte, cuando un implemento con un eje simple recibe soporte únicamente a través de sus ruedas, la localización de la fuerza de soporte del suelo es fija y la línea de acción de Qv debe pasar ligeramente por detrás del centro del eje para proveer la fricción para el giro de la rueda. El CR del equipo queda determinado por la intersección de la fuerza AB y Qv, por lo cual será necesario desplazar AB hasta que encuentre la recta de acción de Qv. La línea de tracción quedará determinada por la posición de (CR) y el punto F, establecido por el punto de enganche de la barra de tiro del tractor. La única posibilidad de modificación del enganche es la variación de la altura de la barra de tiro del tractor. La modificación de la altura de la barra de tiro del tractor causará una modificación de la pendiente de Pv y por lo tanto de la carga vertical a nivel del enganche. Este tipo de enganche, con lanza fija, presenta en el extremo de la misma un clavijero vertical que permite, para una posición de la barra de tiro del tractor, nivelar el conjunto por medio del desplazamiento de la boca de enganche del equipo hacia arriba o hacia abajo, logrando que el conjunto se clave más de adelante o de atrás (enganchando más arriba o más abajo) para que todos los cuerpos delanteros y traseros trabajen a la misma profundidad de labor. En el ejemplo, teniendo Rv una pendiente hacia abajo, como consecuencia de la succión generada por las rejas del equipo, el desplazamiento hacia atrás de las ruedas del equipo con respecto a los órganos de trabajo del suelo puede producir un incremento de la pendiente de Pv y reducir la magnitud de Qv. Debe remarcarse, que la magnitud de Qv queda determinada entonces por la ubicación de las ruedas, la altura del enganche y la longitud de la barra de tiro del implemento. Cuanto menor sea la carga de soporte de las ruedas, mayor será la carga vertical V sobre la barra de tiro y las consecuencias dinámicas sobre el tractor, aumentando su Qa y la transferencia antero - posterior de peso ($V a/L$ y $T Hb/L$), la cual aumenta el Qa del tractor únicamente en los diseños 2WD.

A diferencia de este tipo de equipos, aquellos equipos de labranza que presentan tres ruedas delimitando un plano de apoyo sobre el suelo, tienen diferentes efectos sobre las fuerzas que se originan en el plano vertical.

En los sistemas de tracción libre o de arrastre con tres ruedas, las fuerzas en el plano vertical sobre el equipo son soportadas por las ruedas propias del equipo. La succión que ejercen los órganos de trabajo del suelo no es soportada por el tractor,

independientemente de la forma cómo se realiza el enganche. Por lo contrario, la misma determina (la altura de la barra de tiro del tractor y la altura del enganche en el clavijero vertical) tanto la magnitud de las fuerzas que soportan las ruedas como su distribución entre las ruedas del equipo.

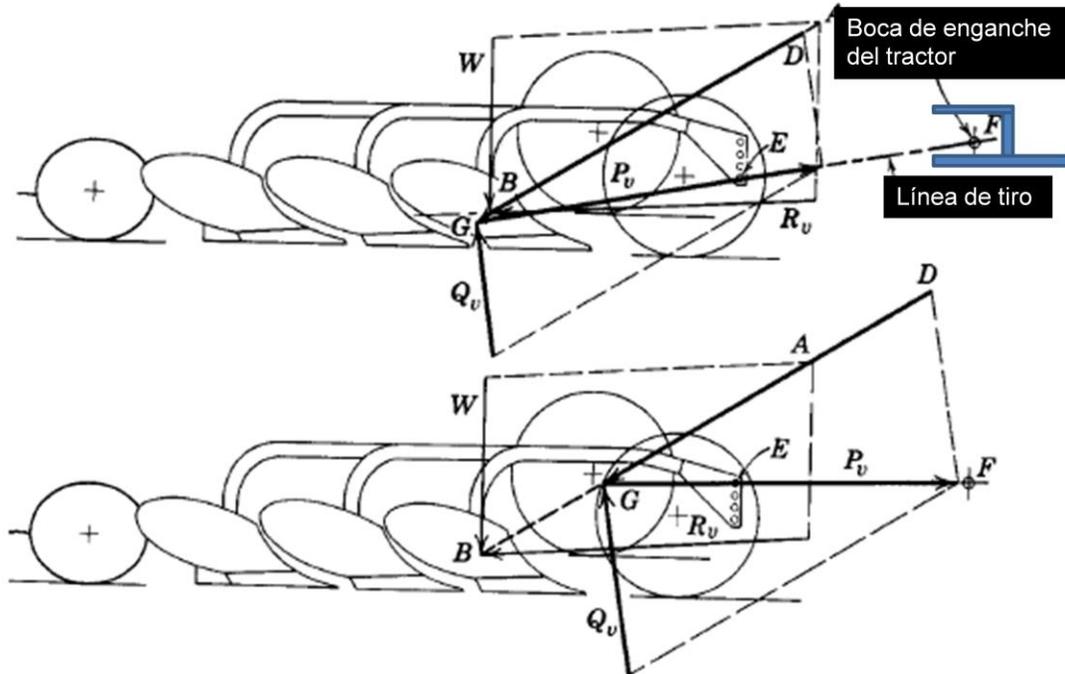


Figura 9. Enganche de un arado de reja y vertedera en vista lateral. W : peso del arado. R_v : resultante de las fuerzas del suelo sobre los órganos de trabajo. AB . Resultante de las fuerzas W y R_v . G : centro de resistencia del equipo. P_v : Esfuerzo que debe realizar el tractor. Q_v : fuerza de soporte del suelo al equipo.

Debe tenerse en cuenta que la barra de enganche que une el equipo al tractor tiene posibilidades de regulación de la misma a diferentes alturas sobre el clavijero vertical, muchas veces ubicado contra la estructura de soporte principal del equipo (bastidor). La colocación de la barra de tiro alta en el tractor (mayor altura de la boca de enganche del tractor) y baja en el equipo favorecerá una pendiente de la barra de tiro del equipo que incide sobre la generación de una fuerza vertical V a nivel de la barra de tiro del tractor que incrementa el peso adherente del tractor y modifica la transferencia anterior posterior de peso. Comúnmente, en los equipos más antiguos, la barra de tiro del arado se vincula a la barra transversal y esta última es la que se desplaza sobre el clavijero vertical para alcanzar un enganche más bajo o más alto de la barra de enganche en su conjunto.

Si se analiza la figura 9, a diferencia de lo que ocurre en equipos con un solo eje de ruedas, inicialmente deben considerarse el peso del equipo y la resultante de las fuerzas que actúan sobre los cuerpos de arado. La fuerza R_v se aplica sobre el centro de resistencia del cuerpo central en un equipo de número impar de cuerpos o entre medio de los cuerpos centrales en un equipo de número par de cuerpos. Dicha fuerza debe componerse con el peso del equipo W , cuya ubicación depende del diseño del arado y no coincide necesariamente con el centro del equipo. Para poder realizar esto, se desplaza la fuerza R_v por su recta de acción hasta encontrar la recta de acción de W , generando el punto B , siendo AB la fuerza que actúa sobre el equipo. La posición de la barra de tiro del

tractor y la altura del enganche en este tipo de equipos determina la línea de tracción. Por lo tanto, la resultante AB debe trasladarse según su recta de acción hasta encontrar la línea de tracción. De allí surge el punto de aplicación y la magnitud de la fuerza de soporte del suelo. En la figura 9, el esquema superior representa un enganche correcto, en el cual al ser más bajo el enganche en el equipo que en el tractor el soporte del suelo es menor y se desplaza hacia atrás, repartiendo uniformemente la responsabilidad entre las ruedas y mejorando la capacidad de dirección de la rueda de cola. Tal como fue dicho anteriormente, al tirar el equipo desde abajo al tractor el mismo se afirma y mejora su capacidad de tracción, por el aumento del peso adherente del tractor, por el aumento de la componente vertical V a nivel de la barra de tiro del tractor.

La figura 10 muestra un equipo, de antiguo diseño, que se corresponde con el esquema y el análisis de las características del sistema de enganche que fuera analizado en el párrafo precedente. En la misma es posible identificar el clavijero vertical (4), que presenta 3 alternativas de ubicación de la barra horizontal (3) (superior, medio e inferior) que son las que permitir enganchar el equipo “más arriba o más abajo” modificando la dinámica del conjunto, tractor-implemento. A la barra horizontal se unen tanto la barra de tiro del arado (1) como la barra diagonal (2), las cuales a su vez se vinculan entre sí. Tanto la barra de tiro del arado como la barra diagonal presentan también regulaciones del tipo discontinuo para su vinculación. Esto permite en cierta medida disminuir las discontinuidades de diseño de la regulación de la barra transversal en el plano horizontal, mejorando las posibilidades de ubicación del punto de enganche para la regulación del conjunto tractor - arado en el plano horizontal.

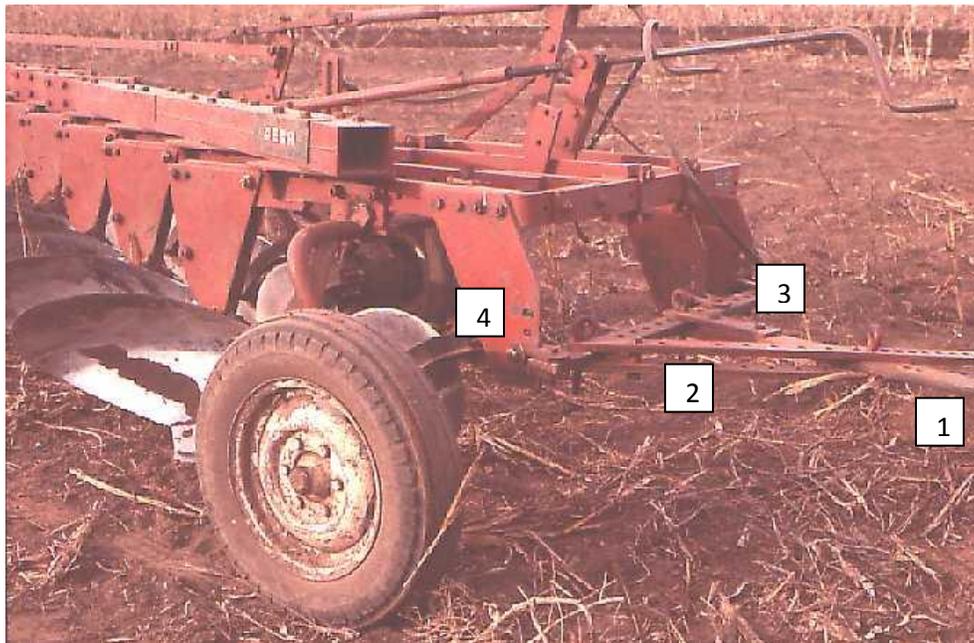


Figura 10. Vista del sistema de enganche de un arado de tracción libre. 1) barra de tiro del arado; 2) barra diagonal; 3) barra transversal; 4) clavijero vertical de regulación.

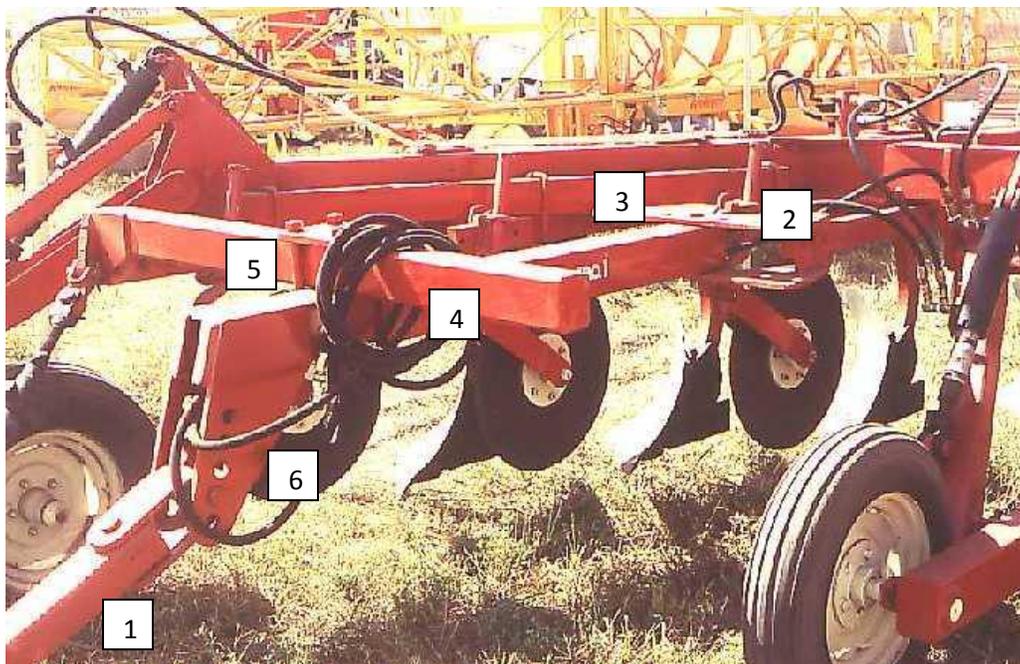


Figura 11. Sistema de enganche con barra horizontal de regulación continua. 1) barra de tiro; 2) punto pivót; 3) alternativas de colocación del pivót; 4) barra horizontal de regulación continua; 5) pernos de sujeción de la barra de tiro a la barra horizontal; 6) clavijero vertical de regulación.

En la figura 11 es posible observar las características de sistemas de enganche para equipos de tracción libre de diseño más moderno. Este tipo de enganche denominado de regulación continua no presenta, a diferencia del anterior, una barra transversal perforada. Tal como se aprecia, la barra de tiro del arado (1) posee 2 tramos y se toma a la estructura de soporte de los cuerpos por medio de un punto pivót (2). Dicho punto debe ubicarse en lo posible, en una vista en planta, sobre el CR del equipo. Las alternativas de regulación del mismo (3) se relacionan con la posibilidad de utilización de la misma estructura básica para equipos de diferente número de cuerpos, lo que implicaría distinta ubicación del CR. En cierta medida, también ayuda contar con más de una ubicación del punto pivót cuando los mismos se encuentran por delante del CR, para una correcta adecuación a diferentes trochas del tractor o para la conformación de un tándem de equipos. La barra de tiro (1) se desplaza sobre la barra transversal (4) a derecha o izquierda aflojando las grampas de sujeción (5) para alcanzar un correcto enganche del conjunto, luego de lo cual deben fijarse nuevamente a la estructura.

En cuanto a la regulación en el plano vertical, el sector anterior de la barra de tiro del arado se toma al resto de la estructura por medio de la placa de regulación vertical (6), permitiendo como fuera dicho anteriormente modificaciones en la carga dinámica sobre el tractor y la distribución de peso sobre el sistema de rodado del equipo.

En relación al enganche en una vista en planta, los arados son implementos con órganos de trabajo asimétricos, que en la República Argentina vuelcan el pan de tierra hacia la derecha, generándose componentes laterales del esfuerzo de tracción que tienden a desplazar el equipo hacia la tierra sin arar.

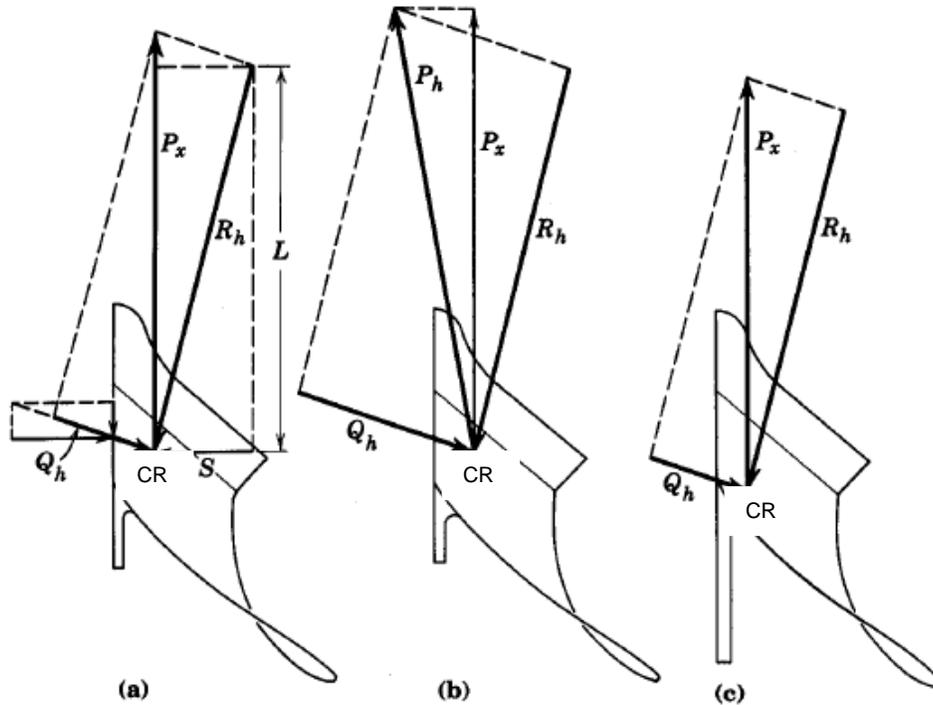


Figura 12. Vista en planta de las fuerzas actuantes sobre un cuerpo de arado.

En la figura 12 se muestra una representación típica de las componentes de las fuerzas útiles para el trabajo del suelo (R_h) y de las componentes parásitas de las mismas fuerzas (P_x), tal como indica Clyde (1944). La fuerza R_h está formada por la componente L en la dirección de avance y la fuerza S , lateral.

Generalmente, la relación S/L adquiere valores de 0,35 a 0,45 para suelos arenosos, 0,25 a 0,45 para franco arenoso y 0,2 a 0,3 para franco arcillosos, cuando trabajan sin cuchillas circulares (Randolph & Reed, 1938; Getzlaff, 1953; Cooper and McCreery, 1961). La componente Q_h de la fuerza parásita consiste en la fuerza de reacción de la costanera, igual a S pero en sentido opuesto y la fuerza friccional que actúa sobre la superficie de la costanera opuesta a la dirección de avance. La fuerza de fricción es determinada por la multiplicación de la fuerza de reacción del suelo por el coeficiente de rozamiento. La fricción suelo metal determina la orientación de Q_h . Habiendo definido la fuerza parásita y los vectores de las fuerzas útiles, la magnitud del esfuerzo de tracción P_x a lo largo de la línea de tiro puede ser determinada por la sumatoria de esos vectores fuerza. El punto de convergencia de los vectores es denominado el CR a la mitad de la longitud de la costanera y a un tercio aproximadamente del ancho de trabajo a partir de la costanera.

A nivel de campo, la ubicación del CR es siempre aproximada y suele que el mismo se encuentra aproximadamente en el primer bulón de cabeza fresada, sobre la línea de unión de la reja con la vertedera, a partir del plano de costanera. Esto quiere decir que el CR no se encuentra en el centro del cuerpo, sino que el mismo se ubica desplazado hacia la izquierda, de forma variable según el diseño del cuerpo en su conjunto, el ángulo de corte, el diseño de la reja y la vertedera, la longitud de la costanera, entre otros. En la figura 12 se esquematizan 3 situaciones diferentes. En el caso de la figura 12 a la línea de tracción se encuentra en la dirección de avance. Por lo tanto, no existen por parte del tractor compensación de los esfuerzos laterales (S) y los mismos deben ser compensados por el rozamiento de las costaneras contra la pared del surco,

incrementando el esfuerzo de tracción que debe realizar el tractor. En la figura 12 b en cambio, la línea de tracción se encuentra desplazada (angulada con respecto a la dirección de avance) hacia la tierra sin arar. Como consecuencia de ello, los esfuerzos laterales se incrementan, la reacción del suelo sobre la costanera también, aumentando la componente que se opone al avance del tractor producto del rozamiento suelo metal. En ambos casos, el esfuerzo de tracción del tractor no colabora en la reducción de los esfuerzos contra la pared del surco y las fuerzas parásitas de rozamiento sobre la costanera producirán compactación de la pared del surco. La única posibilidad de reducción del esfuerzo de rozamiento de la costanera contra la pared del surco es cuando la línea de tracción se encuentra dirigida hacia la tierra sin arar. Esta condición suele generarse cuando el tractor trabaja dentro del surco y el ancho de labor del equipo supera la distancia entre caras internas en más de 0,30 m aproximadamente, producto de una trocha estrecha y/o un equipo ancho. Por último, la figura 12 c muestra el caso de un diseño de cuerpo de arado con una costanera más larga que, a igualdad de R_h con respecto a las figuras anteriores, produce un desplazamiento del CR hacia atrás.

Según se desprende del análisis de las fuerzas realizado, la costanera es la parte del cuerpo del arado que en última instancia tiene por función compensar las fuerzas laterales y estabilizar el cuerpo favoreciendo el desplazamiento del conjunto en la dirección de avance. No obstante, existen alternativas de disminución de los esfuerzos parásitos, cambiando la fuerza de roce por fuerzas de rodadura de la rueda de cola direccionando la misma hacia la tierra arada.

Una vez que se conocen las fuerzas actuantes y la ubicación aproximada del CR del equipo es posible analizar las características de la vinculación del conjunto tractor arado con sistemas de barra de enganche. Conceptualmente, el enganche visto en planta debe vincular en una misma recta el CP del tractor, el CR del equipo y el PE. Para ello se toma como CP el punto sobre el tractor donde se encuentra tomada la barra de tiro del mismo.

En el caso de la figura 12 a, el enganche del conjunto será centrado, encontrándose el CP y el CR en una recta paralela a la dirección de avance del conjunto, lo cual determina que la línea de tracción P_x sea coincidente con la misma. El PE debe ubicarse sobre la recta delimitada por el CR y el CP, para lo cual la barra de tiro del tractor se colocará centrada y la barra de tiro del equipo se desplazará sobre la barra transversal hasta que la boca de enganche del equipo coincida con la boca de enganche de la barra de tiro del tractor. En los equipos De esta forma el equipo no girará ya que es tirado desde su CR y el tractor tampoco girará puesto que tira desde el CP. En los equipos con regulaciones discontinuas de la barra transversal, no siempre se encuentra exactamente el punto para la correcta ubicación de la barra de tiro del equipo. En esas circunstancias, la ubicación adecuada del PE sobre la recta delimitada por el CR y el CP se podrá alcanzar por combinaciones de la posición de la barra de tiro del equipo, la barra diagonal si existe y la barra transversal. Tal como fuera dicho anteriormente, los esfuerzos laterales son absorbidos por la costanera y eventualmente ser reemplazados por esfuerzo de rodadura de la rueda de cola del arado. En los equipos con regulación continua de la barra de tiro sobre la barra transversal no existirán dificultades para la correcta vinculación de CP, PE y CR en la medida que el punto de pivotamiento de la barra de tiro del equipo se encuentre justo por encima del CR.

Otra situación frecuente en este tipo de equipos es cuando visto en planta el CP se encuentra ubicado hacia la derecha del CR. En esta condición, la línea de tracción no se encontrará paralela a la dirección de marcha. Una vez que el equipo se encuentra en posición de trabajo, ajustados el ancho de corte y la profundidad de trabajo, se

recomienda colocar una soga o un hilo desde el CP hasta el CR y sobre esa recta se coloca la barra de tiro del tractor y la barra de tiro del arado. Con esa secuencia de acciones, se colocará el PE en la recta que une el CP y el CR. Nuevamente se logrará que el equipo no gire y que el tractor tampoco si es que realmente ambos puntos (CP y CR) estén donde se presupone que están. No obstante, existen consecuencias sobre ambos componentes del conjunto. En el arado, una parte de los esfuerzos laterales serán compensados por el tiro del tractor por lo que disminuirán los rozamientos y fuerzas parásitas en la costanera, como así también la responsabilidad de la rueda de cola del equipo para su disminución. El tractor, en cambio, empeorará su condición de trabajo, al tener que soportar un esfuerzo de tracción que genera una componente que tiende a desplazarlo hacia la izquierda (hacia la tierra sin arar). En casos extremos, es posible que el punto de anclaje de la barra de tiro del tractor no se encuentre en el CP del mismo, provocando un giro al mismo que obliga a corregir la dirección para desplazarse en el sentido de avance predeterminado. Si el problema suscitado es demasiado grande, será conveniente analizar la posibilidad de mantener un enganche centrado en el tractor y compensar eventualmente las componentes laterales por la propia costanera o tirando el equipo algo por delante del CR, absorbiendo el desplazamiento con la regulación de dirección de la misma, si que dicha regulación existe en el equipo.

Similares consideraciones pueden efectuarse con los equipos de arado de casquetes, arado rastra y rastra de doble acción de tiro excéntrico, en cuanto a que los mismos son equipos asimétricos, generan fuerzas laterales y poseen por lo tanto un sistema de enganche del tipo barra de enganche. En todos estos equipos la regulación en campo resulta siempre más compleja que la de los equipos de arado de reja y vertedera. Por un lado ninguno de estos equipos presenta un elemento de trabajo secundario como la costanera de los arados de reja y vertedera que soporte los esfuerzos laterales. Por lo tanto, solamente la correcta preparación del equipo, tanto a nivel del enganche como en la regulación de los sistemas de ajuste de las ruedas (cuando las mismas existen) es lo que garantiza el correcto desplazamiento del equipo. En consecuencia, en este tipo de equipos, las regulaciones deben ser más amplias, con menores distancias entre las distintas alternativas en el caso de las discontinuas, con mayores regulaciones sobre los sistemas de apoyo y ajuste de las ruedas.

Si se toma en consideración el sistema de barra de enganche de las rastras de doble acción de tiro excéntrico, debe considerarse que a diferencia del resto de los equipos mencionados este tipo de aperos no posee ruedas con posibilidades de direccionamiento. La ubicación del CR presenta para los usuarios también dificultades ya que la misma en el plano horizontal depende de la dirección y magnitud de la resultante de los esfuerzos en cada uno de los paquetes de discos, traseros y delanteros. Como variables en cada uno de los paquetes se encuentra la profundidad de trabajo, el ángulo frontal del conjunto (cruce de los discos), la situación de suelo que se presenta a cada uno de ellos, tanto en resistencia al laboreo como en presencia de vegetación. Por lo tanto, en acuerdo con la dirección y sentido de las fuerzas resultantes en cada paquete, es posible prever un área donde es posible encontrar el CR, pero ubicar correctamente al mismo es frecuentemente consecuencia de establecer una hipótesis y corroborar experimentalmente la misma. A partir del análisis de los resultados (la rastra se gira o no se gira, la magnitud del cruce o giro) se procede a efectuar un nuevo enganche, desplazar los elementos que lo conforman hasta visualizar que la rastra se desplaza en la dirección de avance del conjunto.



Figura 13 Vista de una rastra de tiro excéntrico con detalle de su sistema de enganche. 1) barra de enganche 2) barra transversal con alternativas de regulación en el plano horizontal; 3) barra diagonal de fijación y regulación de posición del enganche; 4) sistema de distribución y compensación del peso

Por otro, la penetración de todos los equipos de discos es por peso y no por succión, El equilibrio entre las fuerzas que asisten a la penetración y la resistencia del suelo debe garantizar la estabilidad en la profundidad de trabajo ya que al girar los órganos de trabajo del suelo movidos por la propia tierra que se encuentran trabajando tienden a disminuir rápidamente la profundidad de trabajo con el aumento de la resistencia del suelo y a desplazarse lateralmente. La figura 14 muestra un esquema de las fuerzas actuantes sobre los distintos paquetes de discos, como así también la ubicación de la resultante de las fuerzas que determina la condición de enganche en el plano vertical

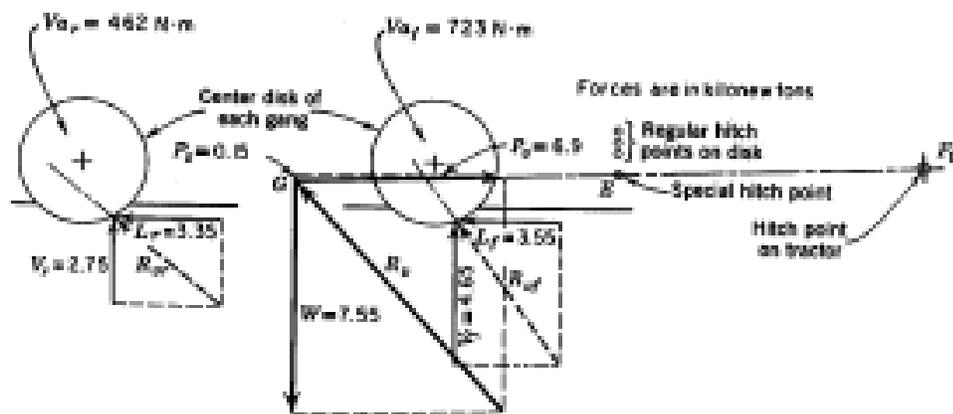


Figura 14. Esquema de una rastra de discos de doble acción con las fuerzas actuantes sobre la misma. G: centro de resistencia; Ft Punto de tiro del tractor; Lf y Lr: fuerza de tracción sobre el paquete delantero y sobre el paquete trasero; Vf y Vr: fuerza del suelo que se opone a la penetración; Rvf y Rvr: resultante de las fuerzas de los

paquetes delanteros y traseros; W: peso de la rastra; Pv: fuerza que realiza el tractor equilibrando a la resultante de las fuerzas en el equipo.

En este caso, ya sea una rastra de discos de doble acción de paquetes centrados, descentrados o de tiro excéntrico, el único soporte desde el suelo es a través de los discos de las rastras. La posición del punto G es establecida por la intersección de W con la línea de tiro. Las fuerzas del suelo Rvf y Rvr automáticamente se autoajustan, por medio de cambios en la profundidad de labor, de forma tal que su resultante pase a través del punto GG y en equilibrio con Pv y W. La elevación del enganche en el implemento eleva el punto G y mueve Rv más cerca del paquete de discos delantero y por lo tanto incrementando la penetración en profundidad para el paquete delantero y disminuyendo la profundidad del paquete trasero. En el ejemplo gráfico, Rvf es más grande que Rvr, debido a que el paquete delantero está trabajando en suelo firme y el paquete trasero lo hace sobre suelo parcialmente roturado por el paquete delantero.

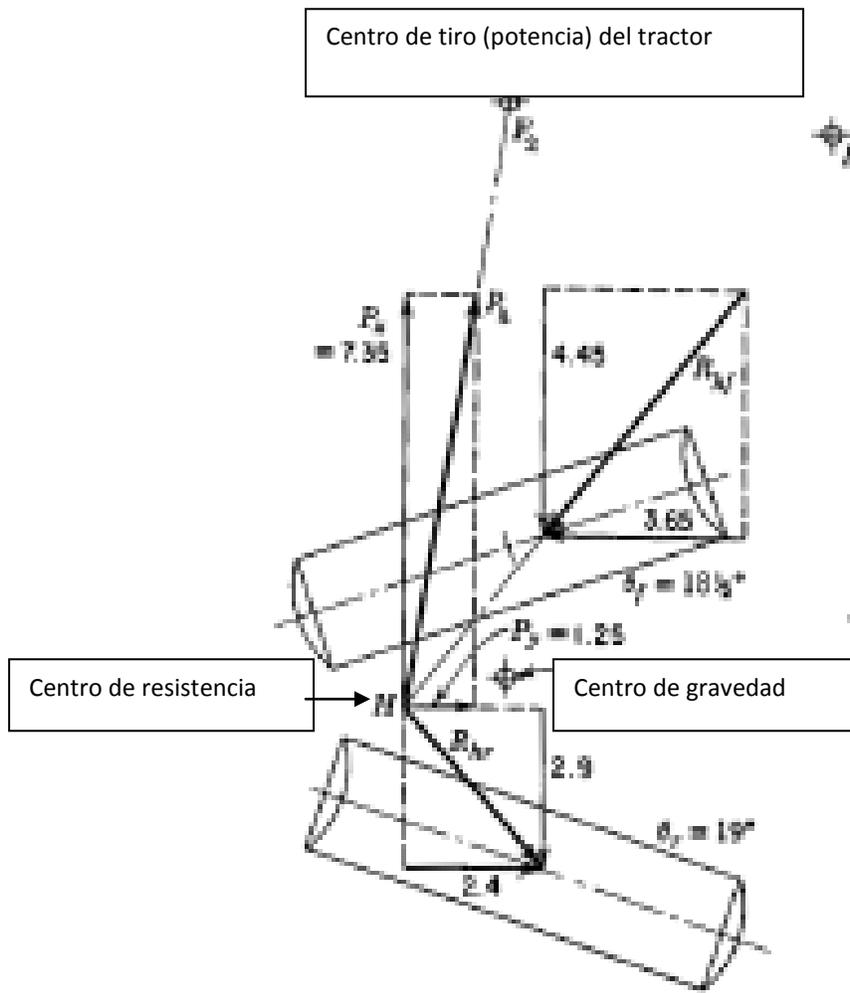


Figura 15. Vista en planta de un esquema correspondiente a una rastra de tiro excéntrico y las fuerzas actuantes sobre cada paquete de discos. H: Centro de resistencia del equipo

En la figura 15, se representa un esquema de fuerzas sobre un enganche frecuente de encontrar en situaciones de campo, en el cual la rastra se encuentra prácticamente centrada con el tractor, con el centro del tractor enfrentando al centro de gravedad de la rastra. Esto ocurre como consecuencia de acciones diferentes que explican según cuál sea la situación desencadenante las fuerzas o la rotación de la rastra durante su desplazamiento.

Los paquetes de discos tiene por lo general la posibilidad de modificar su posición con respecto al avance de forma individual. Por ello, las fuerzas sobre cada paquete variarán según el ángulo frontal de cada uno de ellos y como consecuencia variará también la ubicación del centro de resistencia. En la figura surge con claridad que no existe coincidencia entre la ubicación de del centro de resistencia de la rastra y su centro de gravedad, encontrándose habitualmente el mismo desplazado hacia el lugar donde se acercan los paquetes de casquetes.