

NORMA DEF VEH 1065-A

RES. MD N° 1249/00

ACTUALIZADA 17/11/2011

COA N° 1740

MINISTERIO DE DEFENSA



COMITÉ SUPERIOR DE NORMALIZACIÓN

VEHÍCULOS

Tractor de Remolque para Aeronaves

SISTEMA DE NORMALIZACIÓN DE MEDIOS PARA LA DEFENSA

El Comité Superior de Normalización que aceptó la presente norma está integrado por:

- Director General de Normalización y Certificación Técnica
Lic. Alberto Vicente BORSATO
- Director General del Servicio Logístico de la Defensa
Dr. Carlos LUGONES
- Jefe IV – Logística del Estado Mayor Conjunto de las Fuerzas Armadas
Grl Br Gustavo Adolfo LANDA
- Director General de Material del Ejército Argentino
Grl Br Federico PERETTI
- Director General de Material de la Armada Argentina
VL José Luis PÉREZ VARELA
- Director General de Material de la Fuerza Aérea
Brig My Jorge DÍSCOLI

El estudio de los contenidos volcados ha sido realizado por el siguiente personal:

Lic. Andrés KOLESNIK	(DGNyCT – Ministerio de Defensa)
Cnl (R) Rodolfo ACCARDI	(DGNyCT – Ministerio de Defensa)
SM (R) Juan RODIO	(DGNyCT – Ministerio de Defensa)
Sr. Tomás COLL ARECO	(DGNyCT – Ministerio de Defensa)
Tcnl Juan SIMONCELLI	(DGSLD – Ministerio de Defensa)
Tcnl Héctor LARRETA	(Estado Mayor Conjunto)
Cap Jorge MOLINA	(Ejército Argentino)
CF Oscar A. VILLAGRÁN	(Armada Argentina)
My Gustavo PONS	(Fuerza Aérea Argentina)

ÍNDICE

PREFACIO	2
INTRODUCCIÓN	3
1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	4
2. NORMAS PARA CONSULTA O DOCUMENTOS RELACIONADOS	4
3. DEFINICIONES	5
4. PRINCIPIOS GENERALES	6
4.1. Condiciones comunes	6
4.2. Garantías	6
4.3. Cláusula para la provisión de manuales	6
5. REQUISITOS PARTICULARES	7
5.1. Medidas	7
5.2. Transmisión.....	7
5.3. Frenos	7
5.4. Instrumental	7
5.5. Accesorios.....	8
5.6. Seguridad, iluminación y balizamiento.....	8
5.7. Sistema de Enganche	8
6. INSPECCIÓN DE RECEPCIÓN	8
7. REQUISITOS MECÁNICOS	9
7.1. Cálculo de variables.....	9
7.2. Cálculo de requisitos mecánicos	12

PREFACIO

El Ministerio de Defensa ha establecido el Sistema de Normalización de Medios para la Defensa, cuyo objetivo es normalizar los productos y procesos de uso común en la jurisdicción en la búsqueda de homogeneidad y el logro de economías de escala.

El Sistema es dirigido por la Dirección General de Normalización y Certificación Técnica con la asistencia técnica del Comité Superior de Normalización. Está conformado por el Ministerio de Defensa, el Estado Mayor Conjunto de las Fuerzas Armadas y las Fuerzas Armadas.

La elaboración de las normas la realizan Comisiones de Especialistas de las Fuerzas Armadas, las que pueden complementarse con especialistas de otros ámbitos interesados. Las comisiones son presididas y coordinadas por funcionarios de la Dirección General de Normalización y Certificación Técnica del Ministerio de Defensa.

Toda norma nueva elaborada por la Comisión responsable, es elevada al Comité Superior de Normalización para su "aceptación", quien a su vez la tramita ante el Ministerio de Defensa para su "aprobación".

Toda revisión de una norma vigente es realizada por la Comisión responsable y elevada al Comité Superior de Normalización para su "actualización".

La presente Norma DEF fue aceptada por el Comité Superior de Normalización en su reunión del día 17 de noviembre de 2011 y asentada en el Acta N° 01/11.

El Ministerio de Defensa aprobó la introducción de este documento normativo por Resolución MD N° 1249/00.

INTRODUCCIÓN

La diversidad de ofertas de vehículos de todo tipo, tanto de fabricación nacional como extranjera, sumada a los diferentes requerimientos que efectúan las Fuerzas Armadas, hace necesario que se establezcan los requisitos mínimos que aquéllos deben cumplir para satisfacer las necesidades operativas, sin entrar en detalles tecnológicos que podrían privilegiar algunos en detrimento de otros.

Las especificaciones técnicas que se establecen en la presente Norma DEF corresponden, dentro de la clasificación de Vehículos Técnicos, a TRACTOR DE REMOLQUE PARA AERONAVES.

Los requisitos que se establecen, en general, no difieren de lo propuesto por el mercado, con el objeto de evitar incrementos innecesarios de costos.

La presente norma actualiza a la Norma DEF T 1065.

De las modificaciones introducidas que se presentan respecto de la versión anterior, merece destacarse que:

- Se establecen los requisitos de manera general, sin profundizar en detalles tecnológicos de fabricación.
- Se actualizan algunos valores y parámetros.
- Se aplica el formato indicado en la Norma DEF GEN 1-G.

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

La presente Norma DEF establece las características generales que deben cumplir los tractores de remolque para aeronaves, para ser utilizados en hangares o plataformas de maniobra por parte de las Fuerzas Armadas, considerando, entre otras cosas, las características del suelo sobre el cual se desplaza.

Las prescripciones contenidas en la presente Norma DEF son de carácter obligatorio dentro de la jurisdicción del Ministerio de Defensa.

2. NORMAS PARA CONSULTA O DOCUMENTOS RELACIONADOS

Los documentos normativos siguientes contienen disposiciones que, mediante su cita en el texto, se transforman en válidas y obligatorias para la presente norma. Las ediciones indicadas son las vigentes en el momento de esta publicación. Todo documento es susceptible de ser revisado y las partes que realicen acuerdos basados en esta norma deben buscar las ediciones más recientes.

SAE AIR 1363 - *Four Wheel Drive Aircraft Tow Tractors*
SAE AIR 1854 - *Battery powered aircraft tow tractors*

Las Normas DEF pueden ser consultadas en línea en la página web http://www.mindef.gov.ar/normasdef/detalle_web.asp; en la Dirección General de Normalización y Certificación Técnica del Ministerio de Defensa, Azopardo 250, Ciudad Autónoma de Buenos Aires (C1107ADB), o solicitadas por correo electrónico a la casilla normalizacion@mindef.gov.ar.

NOTA Para la adquisición de normas nacionales e internacionales las Fuerzas Armadas deben consultar sobre descuentos especiales contemplados en el Convenio específico celebrado entre el IRAM y el Ministerio de Defensa, en la casilla de correo normalización@mindef.gov.ar.

3. DEFINICIONES

Para los fines de la presente Norma DEF se aplican las siguientes definiciones:

3.1. altura de despeje frontal del suelo: Distancia medida en el centro del paragolpes delantero, desde su parte inferior, al suelo.

3.2. altura de despeje trasero del suelo: Distancia medida en el centro del paragolpes trasero, desde su parte inferior, al suelo.

3.3. altura del gancho de acople (para la barra de arrastre): Distancia medida desde el centro del gancho de acople, al suelo.

3.4. altura máxima: Distancia medida desde el piso hasta el punto más alto de la carrocería.

3.5. ancho delantero: Distancia medida entre los extremos del paragolpes delantero o guardabarros, según sean los más sobresalientes.

3.6. ancho trasero: Distancia medida entre los extremos del paragolpes trasero o guardabarros, según sean los más sobresalientes.

3.7. longitud entre ejes:. Distancia medida entre los centros de las ruedas traseras y delanteras.

3.8. longitud total: Distancia medida sobre el eje longitudinal del vehículo entre las partes exteriores de ambos paragolpes, sin contar el soporte del gancho de acople.

3.9. trocha delantera: Distancia medida entre el centro de la banda de rodamiento de ambas ruedas delanteras.

3.10. trocha trasera: Distancia medida entre el centro de la banda de rodamiento de ambas ruedas traseras.

4. PRINCIPIOS GENERALES

4.1. Condiciones comunes

El origen del vehículo o de sus partes componentes puede ser nacional o extranjero, siempre que se cumpla con los requisitos mínimos establecidos.

Los vehículos serán 0km, sin uso, con el año de fabricación coincidente con el de la oferta.

No se establecen detalles de materia prima ni de diseño, los que deben estar regidos por las reglas del arte y las calidades normales de las buenas prácticas comerciales, como así también contar con la Licencia de Configuración de Modelo (LCM) del fabricante (cuando corresponda) y cumplir con la legislación vigente.

A tal efecto, deben cumplir con los parámetros mínimos de emisión, ruido y contaminación.

En particular se deben tener en cuenta los siguientes artículos de la Ley de Tránsito:

- ARTÍCULO 28.- RESPONSABILIDAD SOBRE SU SEGURIDAD.
- ARTÍCULO 29.- CONDICIONES DE SEGURIDAD Incisos a) y b).
- ARTÍCULO 31.- SISTEMA DE ILUMINACIÓN.

Además, debe ser un vehículo seguro, que cumpla con las Normas internacionales AIR 1363 y 1854 (*Aerospace information reports*).

4.2. Garantías

El responsable de la comercialización de los vehículos debe garantizarlos por las condiciones de confiabilidad y por todo defecto de fabricación (material o mano de obra) por el término mínimo de 12 meses, asumiendo los gastos que ello demande.

A tal efecto, debe garantizar el servicio técnico en cualquier lugar del país del comprador o en su defecto, asumir los gastos ocasionados por su traslado.

Debe, además, garantizar la existencia de repuestos por el tiempo mínimo de 10 años. De existir modificaciones durante este período, que se hicieran para superar defectos de diseño, tanto para el funcionamiento como para la seguridad, éstos deben realizarse sin cargo.

Una vez vencida la garantía, se debe comunicar al responsable de la comercialización cualquier falla de diseño o de material que se detecte y que afecte al funcionamiento normal de los vehículos y a la seguridad, para que adopte las previsiones de modificaciones que correspondan, las que pueden hacerse con cargo o sin él, según el caso. Las modificaciones que se hicieren para superar los defectos que afecten a la seguridad, deben hacerse de manera espontánea y sin cargo, dentro de los 10 años de adquisición de los vehículos.

4.3. Cláusula para la provisión de manuales

En toda contratación se exigirá la entrega de los Manuales de Operación y Mantenimiento en idioma español y de un listado de redes de concesionarias de repuestos.

5. REQUISITOS PARTICULARES

5.1. Medidas

Las medidas del tractor de remolque se deben establecer teniendo en cuenta especialmente el lugar de operación y las limitaciones que éste puede presentar. Se debe determinar cuando estas medidas deben ser consideradas como máximas o mínimas, en virtud de tales limitaciones.

NOTA La indicación de las medidas, como máximas o mínimas, según las circunstancias, se debe a la posibilidad de adecuar los requerimientos a los productos ofrecidos por el mercado, siempre que éstos satisfagan las necesidades operativas.

Las medidas verticales se deben considerar con las cubiertas infladas con la presión normal.

Se deben establecer las medidas tomadas sobre una vista lateral y sobre una vista en planta.

5.2. Transmisión

La transmisión de potencia desde el motor hacia las ruedas motrices debe ser progresiva a los fines de evitar que la transferencia se produzca con oscilaciones que provoquen una tracción no uniforme.

Tanto para los desplazamientos hacia delante, como hacia atrás, debe contar con los dispositivos adecuados para que no provoquen alteraciones bruscas de velocidad.

La velocidad máxima de traslado, sin carga, debe ser superior a los 20km/h.

5.3. Frenos

El conjunto de frenos debe tener las siguientes características:

- El accionamiento debe ser hidráulico y del tipo cinta sobre tambor, independiente en las 4 ruedas y con sistemas de autoajuste.
- Debe contar con un sistema de freno de estacionamiento.

5.4. Instrumental

El instrumental fijado sobre el tablero o consola lateral, debe estar compuesto, como mínimo, de los siguientes indicadores:

- Cuenta horas de funcionamiento del motor.
- Medidor de temperatura del refrigerante del motor.
- Amperímetro de carga de batería.
- Medidor de combustible.
- Medidor de presión de aceite.

NOTA Para tractores con accionamiento eléctrico los instrumentos deben ser los adecuados a este sistema.

5.5. Accesorios

Debe contar como mínimo con los siguientes accesorios:

- Alarma audible.
- Espejos retrovisores en ambos laterales.
- Si dispusiera de cabina cerrada para el operador, debe contar con limpiaparabrisas y desempañador, tanto para el parabrisas, como para la luneta trasera.

5.6. Seguridad, iluminación y balizamiento

Teniendo en cuenta la utilización prevista para el vehículo, éste debe contar con accesorios que hagan a la seguridad, para operación diurna o nocturna, ya sea que se encuentre detenido, como en desplazamiento, tales como:

- Faros delanteros con luz alta y baja y señales.
- Faros de posición delanteros y traseros y faros de indicación de frenado en la parte trasera.
- Balizas intermitentes, delanteras y traseras.
- En caso de contar con cabina cerrada para el operador, es conveniente la instalación en su parte superior de una baliza giratoria.
- Faro que ilumine el sistema de enganche.
- Para que el vehículo resalte en su vista externa se deben pintar, tanto en el frente como en la parte de atrás, sobre los paragolpes, franjas alternadas de color negro y amarillo, con las siguientes características:
 - a) Ancho de las franjas 100mm.
 - b) Altura de las franjas 500mm.
- Las franjas se deben inclinar a 45°, con pendiente positiva hacia la izquierda.
- Dispositivo que evite el desplazamiento del tractor con la butaca del conductor vacía.

5.7. Sistema de Enganche

El sistema de enganche del tractor se debe adecuar al tipo de lanza disponible para arrastrar las aeronaves previstas. Su estructura y vinculación al vehículo, debe poseer una resistencia superior a 1,5 veces el valor calculado de la fuerza en la barra de arrastre (FBA o DBP) (Ver **7.2.1.**.)

Es conveniente que posea, para casos de emergencia, un dispositivo de desenganche efectivo de la lanza operado desde el puesto del conductor.

6. INSPECCIÓN DE RECEPCIÓN

Para la recepción de los vehículos se debe efectuar inspección visual sobre todas las unidades con el objeto de controlar el cumplimiento de los requisitos, independientes del funcionamiento.

La inspección técnica se debe verificar con el uso durante el tiempo que dure la garantía y proceder a su ejecución cuando se detecten fallas de diseño o de material.

7. REQUISITOS MECÁNICOS

Los requisitos mecánicos mínimos que se deben requerir a los tractores de remolque de aeronaves, son los siguientes:

- Fuerza en la barra de arrastre (FBA o DBP) en N.
- Masa del tractor (MT) en Kg.
- Fuerza de tracción (FT) en N.
- Potencia del motor (PM) en Kw.
- Velocidad de arrastre en m/s.

Para definir los requisitos mecánicos que deben cumplir los tractores de remolque para aeronaves se deben considerar un conjunto de variables encadenadas que dependen, entre otras cosas, del uso que se le dará, de la influencia del avión a remolcar y de la superficie por donde circulará.

7.1. Cálculo de variables

Las variables que inciden o se deben tener en cuenta para el cálculo de los requisitos mecánicos, se deben definir y calcular de la siguiente manera:

7.1.1. Resistencia de aceleración (RA)

Consiste en la resistencia a los cambios (inercia) que debe superar el tractor al remolcar una aeronave sobre una superficie horizontal, ya sea tanto para sacarla de una posición de reposo o para modificar una velocidad constante hacia otra.

Para este cálculo se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$RA = (MA + MT) * a$$

donde :

RA: es la resistencia de aceleración en N.

MA: es la masa del avión en Kg.

MT: es la masa del tractor en Kg.

a: es la aceleración máxima en m/s^2 ; cuyo valor normal aceptado es de 1,6% de g.

g: es la aceleración de la gravedad en m/s^2 .

por lo tanto:

$$RA = 0,016 * g * (MA + MT) \quad (\text{valor máximo})$$

7.1.2. Resistencia de rodamiento (RR)

Consiste en la resistencia dinámica compuesta por la fricción de las ruedas sobre la superficie en la cual se mueven, más la fricción de los mecanismos de rodamiento.

Una parte de la fuerza que debe proporcionar el tractor para mantener un avión remolcado a una velocidad constante sobre una superficie dada, debe ser igual a la resistencia de rodamiento (RR).

Este valor puede ser expresado en un porcentaje de la suma de los pesos del tractor y del avión remolcado.

NOTA El coeficiente a tener en cuenta se ha determinado de manera empírica el que varía entre 0,014 y 0,041, según la superficie sobre la cual se deslizan (asfalto duro, camino de concreto), la posible acumulación de nieve de distintas consistencias (dura, blanda o normal) y si la superficie está seca o húmeda. No obstante, para los cálculos a realizar bajo condiciones de trabajo normales, se puede tomar este coeficiente con el valor de 0,02.

La resistencia de rodamiento normal se puede calcular de la siguiente manera:

$$RR = CR * (MA + MT) * g$$

$$RR = 0,02 * (MA + MT) * g$$

$$RR = 2\% * (MA + MT) * g$$

donde:

RR: es la resistencia de rodamiento en N.

CR: es el coeficiente de rodamiento.

MA: es la masa del avión en Kg.

MT: es la masa del tractor en Kg.

g: aceleración de la gravedad en m/s².

7.1.3. Resistencia en pendiente (RP)

Consiste en el componente del peso del tractor y del vehículo remolcado o empujado, que actúa en contra, cuando se opera en pendiente.

El coeficiente de pendiente (CP) que se debe adoptar en forma práctica para la mayoría de las aplicaciones en aeródromos, es del 2%, el que influye sobre la suma del peso del tractor, más el del avión.

Por lo tanto, la resistencia en pendiente se debe calcular con la siguiente ecuación.

$$RP = CP * (MA + MT) * g$$

$$RP = 2\% * (MA + MT) * g$$

$$RP = 0,02 * (MA + MT) * g$$

donde:

RP: es la resistencia en pendiente, en N.

CP: es el coeficiente de pendiente.

MA: es la masa del avión en Kg.

MT: es la masa del tractor, en Kg.

g: es la aceleración de gravedad en m/s².

7.1.4. Empuje del motor (EM)

Consiste en el esfuerzo extra que debe realizar el tractor de remolque para contrarrestar el efecto producido por los motores del avión, el que depende de la potencia de tales motores y de la cantidad de éstos en funcionamiento.

A los fines prácticos del cálculo se debe considerar que este empuje corresponde al 1% del peso del avión, por lo tanto, será:

$$EM = 1\% * MA * g$$

$$EM = 0,01 * MA * g$$

donde:

EM: es el empuje del motor en N.

MA: es la masa del avión en Kg.

g: es la aceleración de la gravedad en m/s².

7.1.5. Resistencia inercial (RI)

Consiste en la consideración simultánea de las resistencias de aceleración (RA) y de rodamiento (RR), las que tiene que vencer el tractor para iniciar su propio movimiento y el del avión que remolca.

Para el cálculo se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$RI = Fb * (MA + MT) * g$$

donde:

RI: es la resistencia inercial (en N), cuyo valor debe ser superior a la suma de la resistencia de aceleración (RA) más la resistencia de rodamiento (RR).

MA: es la masa del avión en Kg.

MT: la masa del tractor en Kg.

g: es la aceleración de la gravedad en m/s².

Fb: es el coeficiente de resistencia inercial, que consiste en un valor empírico debiéndose tomar los siguientes valores para dos situaciones límites.

Fb: 0,04 cuando se arrastra en línea recta.

Fb: 0,08 cuando se arrastra en curva.

7.1.6. Resistencia total (RT)

Consiste en la sumatoria de todas las resistencias que el tractor debe vencer para autopropulsarse y arrastrar con él una aeronave, ya sea para iniciar el movimiento, circular a una velocidad constante o provocar una aceleración.

Se consideran tres casos:

Caso A: Para iniciar el movimiento: En este caso la Resistencia Total (RT) debe ser igual a la resistencia inercial (RI) (ver **7.1.5.**), (considerada con avance en línea recta) más la resistencia en pendiente (RP) (ver **7.1.3.**), más el empuje del motor (EM) (ver **7.1.4.**), según la siguiente ecuación:

$$RT = RI + RP + EM$$

$$RT = 0,04 * (MA + MT) * g + 0,02 * (MA + MT) * g + 0,01 * MA * g$$

$$RT = [(0,04 + 0,02) * (MA + MT) + 0,01MA] * g$$

$$RT = [0,06 * (MA + MT) + 0,01MA] * g$$

Caso B: Para desplazamiento a velocidad constante: En este caso la Resistencia Total (RT) debe ser igual a la resistencia de rodamiento (RR) (ver **7.1.2.**) más la resistencia en pendiente (RP) (ver **7.1.3.**), más el empuje del motor (EM) (ver **7.1.4.**), según la siguiente ecuación:

$$RT = RR + RP + EM$$

$$RT = 0,02 * (MA + MT) * g + 0,02 * (MA + MT) * g + 0,01 * MA * g$$

$$RT = [0,04 * (MA + MT) + 0,01MA] * g$$

Caso C: Para provocar una aceleración: En este caso la Resistencia Total (RT), debe ser igual a la resistencia de aceleración (RA) (ver **7.1.1.**), más la resistencia de rodamiento (RR) (ver **7.1.2.**) más la resistencia en pendiente (RP) (ver **7.1.3.**), más el empuje del motor (EM) (ver **7.1.4.**), según la siguiente ecuación:

$$RT = RA + RR + RP + EM$$

$$RT = 0,016 * (MA + MT) * g + 0,02 * (MA + MT) * g + 0,02 * (MA + MT) + 0,01 * MA * g$$

$$RT = [(0,016 + 0,02 + 0,02) * (MA + MT) + 0,01MA] * g$$

$$RT = [0,056 * (MA + MT) + 0,01MA] * g$$

7.2. Cálculo de requisitos mecánicos

Los requisitos mecánicos que debe cumplir el tractor de remolque de aviones, se deben definir y calcular de la siguiente manera:

7.2.1. Fuerza en la barra de arrastre (FBA o DBP)

También conocida con su nombre y sigla en inglés, *DRAW BAR PULL* (DBP); consiste en la fuerza requerida al tractor en la barra de arrastre en el momento de iniciar el desplazamiento, mediante la cual se deben vencer la resistencia inercial del avión, de la pendiente y el empuje del motor. Se calcula con la siguiente ecuación:

$$FBA = (Fb + CP) * MA * g + EM$$

$$FBA = (Fb + CP) * MA * g + 0,01 * MA * g$$

$$FBA = (0,04 + 0,02 + 0,01) * MA * g$$

$$FBA = 0,07 * MA * g$$

donde:

FBA: es la fuerza en la barra de arrastre en **N**.

Fb: es el coeficiente de resistencia inercial considerado con avance en línea recta (Ver **7.1.5.**).

CP: es el coeficiente de pendiente (Ver **7.1.3.**).
 MA: es la masa del avión en Kg.
 EM: es el empuje del motor en N (Ver **7.1.4.**).
 g: es la aceleración de la gravedad en m/s².

Este dato posibilita el cálculo de la masa que necesitará el tractor para el remolque de un avión dado, considerando las características particulares de la superficie a utilizar.

7.2.2. Masa del tractor (MT)

Para el cálculo de la masa del tractor (MT), se debe tener en cuenta la masa del avión a remolcar, (MA), reflejada en la fuerza en la barra de arrastre (FBA o DBP) y la superficie por la cual se deslizarán.

A tal efecto se debe aplicar la siguiente ecuación:

$$MT = \frac{FBA}{g * (U - Fb - CP)} \quad (1)$$

donde:

MT: es la masa del tractor en Kg.
 FBA: es la fuerza en la barra de arrastre en N (ver **7.2.1.**).
 g: es la aceleración de la gravedad en m/s².
 u: es el coeficiente de condición del suelo.
 Fb: es el coeficiente de resistencia inercial (ver **7.1.5.**).
 CP: es el coeficiente de pendiente, estimado en 0,02 (ver **7.1.3.**).

El coeficiente de condición del suelo (u) depende de la superficie de deslizamiento y su valor varía de acuerdo con la siguiente tabla.

Condiciones del suelo	u (ATA)	u (SAE)
Término medio	0.45	-----
Superficie lisa helada	0.10	-----
Asfalto húmedo	0.40 - 0.60	0.40
Asfalto seco		0.80
Concreto húmedo		0.50
Concreto seco	0.80	0.80
Nieve dura		0.20
Concreto aceitoso		0.40

Para un avión dado y considerando el movimiento en línea recta, sobre asfalto o concreto seco, se deduce para la masa del tractor (MT), el siguiente valor:

$$MT = \frac{0,07 * MA * g}{g * (0,80 - 0,04 - 0,02)}$$

$$MT = \frac{0,07 * MA}{0,74}$$

$$MT = 0,095 * MA$$

Si bien el tractor por diseño tiene una masa real establecida (MT), calculada para una

fuerza en la barra de arrastre (FBA) y una superficie dadas, se puede calcular el valor necesario de la masa que demandará cuando cambian las condiciones de uso.

La masa necesaria del tractor (MNT) para remolcar con un tractor existente a un avión dado, con una condición de suelo real, se calcula con la misma ecuación (1), cuyo valor, para que el tractor produzca el arrastre, debe ser igual o menor que la MT.

En caso que la MNT calculada fuera superior a la MT, se deberá modificar esta última agregando contrapesos al tractor para igualar ambos valores.

Dado que para condiciones de suelo constantes, la MT es una función de la MA, si la masa de éste aumentara en forma significativa respecto de la utilizada para el cálculo de la MT, el tractor quedaría subdimensionado, de manera tal que no habría forma de compensación alguna posible para que provea la FBA necesaria. En el caso inverso, si la MA disminuyera en forma significativa respecto de la utilizada para el cálculo, el tractor estaría sobredimensionado, con el consecuente aumento de costos.

Por lo tanto, el cálculo de la MT debe hacerse para un avión determinado o para un conjunto de ellos cuyas masas sean similares, de manera tal que si la MNT fuera mayor que la MT se pueda compensar con lastre y si fuera menor, no lo sea tan significativamente como para que el tractor quede sobredimensionado.

7.2.3. Fuerza de tracción (FT)

Consiste en la fuerza que debe contrarrestar el tractor para vencer la inercia de la carga, la cual debe ser igual a la Resistencia total (RT) para iniciar el movimiento en la situación más desfavorable (Ver **7.1.6. Caso A**).

$$FT = RI + RP + EM$$

$$FT = Fb * (MA + MT) * g + CP * (MA + MT) * g + EM$$

$$FT = (Fb + CP) * (MA + MT) * g + EM$$

Asimismo, la fuerza de tracción (FT) es la fuerza máxima disponible en el tractor para producir el movimiento sin deslizar las ruedas; es, por consiguiente, una función del peso del tractor (PT) sobre las ruedas accionadas y del coeficiente de condición del suelo, según la siguiente ecuación:

$$FT = u * PT$$

$$FT = u * MT * g$$

donde:

FT: es la fuerza de tracción en N.

u: es el coeficiente de condición del suelo (ver **7.2.2.**).

PT: es el peso del tractor en N.

MT: es la masa del tractor en Kg.

g: es la aceleración de la gravedad en m/s².

En consecuencia, la fuerza de tracción (FT) disponible se puede modificar aumentando el peso del tractor con el agregado de contrapeso o lastre o modificar el coeficiente de condición del suelo (u) cuando éste ha disminuido por causas externas al pavimento en sí

(grasa, aceite, nieve, escarcha, agua, etc.).

El método más común es agregar peso al tractor de manera tal que éste asegure el adecuado rendimiento de la potencia del motor provocando el arrastre de la carga sin deslizamiento de las ruedas, como así también modificar las condiciones del suelo con el agregado de arena para aceites o grasas o extrayendo la nieve, escarcha o agua que pudiera haber.

Los contrapesos que se deban agregar, deben colocarse en las zonas del tractor que más influyan sobre las ruedas tractoras, en consecuencia, el fabricante debe marcar de manera efectiva tales zonas para producir el máximo rendimiento.

7.2.4. Potencia del motor (PM)

La potencia del motor (PM) para realizar el arrastre depende de la resistencia total (RT) para el caso más desfavorable (ver **7.6, Caso A**) o la fuerza de tracción (FT); como así también de la velocidad de arrastre requerida y de la eficiencia de transmisión (e).

La ecuación para el cálculo de la potencia mínima del motor del tractor de arrastre, es la siguiente:

$$PM = \frac{FT * V}{e} * 10^{-3}$$

donde:

PM: es la potencia del motor en Kw.

FT: es la fuerza de tracción en N (ver **7.2.3.**).

V: es la velocidad de arrastre en m/s (ver **7.2.5.**).

e: es el coeficiente de eficiencia de la transmisión, que a los efectos prácticos se toma como valor 0,8.

7.2.5. Velocidad de arrastre

La velocidad de arrastre se debe definir para el cálculo de la potencia del motor. Para tal definición se deben tener en cuenta la amplitud de las zonas de maniobra, el volumen y la masa del avión a remolcar y fundamentalmente las condiciones de seguridad de las maniobras.