

UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO SILVICULTURA



COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS TANQUE VENTRAL
Y HELIBALDE PARA EL ATAQUE INICIAL DE INCENDIOS
FORESTALES CON HELICÓPTERO

POR

CRISTINA DEL PILAR VILLAGRÁN MUÑOZ

MEMORIA PARA OPTAR AL
TITULO DE INGENIERO
FORESTAL

CONCEPCIÓN - CHILE

2001

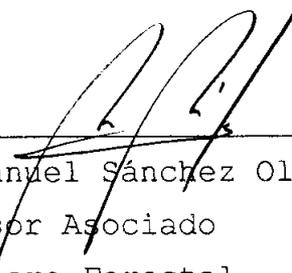
COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS TANQUE VENTRAL
Y HELIBALDE PARA EL ATAQUE INICIAL DE INCENDIOS
FORESTALES CON HELICÓPTERO

PROFESOR ASESOR



Sr. Eduardo Peña Fernández
Profesor Asistente
Ingeniero Forestal M. Sc.

DIRECTOR
DEPARTAMENTO SILVICULTURA



Dr. Manuel Sánchez Olate
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal

DECANO FACULTAD DE
CIENCIAS FORESTALES



Sr. Fernando Drake Aranda
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal

Calificación de la Memoria de Título : 94 puntos (noventa y cuatro puntos)

Dedicatoria

A José Rubén, mi padre, que estás en alguna parte del
cielo guiando mis pasos,

A Gladis, mi madre, por todo su apoyo su gran sabiduría y
amor sin límites,

A mis hermanos Rubén Esteban, Tere y Patty,

A mis compañeros y amigos Toño Avaria y Roberto Cabrera
por todos los momentos inolvidables que compartimos.....



ÍNDICE DE MATERIA

Capítulo	Páginas
I INTRODUCCIÓN	
II REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	
2.1 Empleo del helicóptero como herramienta de combate de incendios forestales.....	4
2.2 Arriendo del servicio helicóptero en Chile..	7
2.2.1 Modalidad de los contratos.....	8
2.2.2 Empresas que ofrecen el servicio en Chile.....	9
2.3 Límites de Operación del helicóptero.....	9
2.4 Helicóptero Bell 205 modelo A-1.....	10
2.5 Antecedentes generales del tanque ventral...	12
2.6 Antecedentes generales del Helibalde.....	13
2.7 Estrategia de combate.....	14
2.8 Concepto de combustible y modelo de combustible.....	15

		II
2.9	Requerimiento de agua de acuerdo al tipo de combustible afectado.....	16
2.10	Parámetros a considerar en una evaluación de productividad con tanques aéreos.....	18
 III MATERIALES Y MÉTODO		
3.1	Materiales.....	19
3.1.1	Material Cartográfico.....	19
3.1.2	Información disponible.....	19
3.2	Método.....	20
3.2.1	Análisis general.....	20
3.2.1.1	Definición de las áreas generales de estudio.....	23
3.2.1.2	Identificación y análisis de los incendios forestales en la VIII y IX Región (Temporadas 92/93 - 93/94).....	24
3.2.1.3	Selección de fuentes de carguío de agua..	26
3.2.1.4	Determinación de frecuencias o intervalos de lanzamientos (min).....	27

3.2.1.5	Determinación del tamaño de los incendios de acuerdo a las unidades de tiempo transcurrido (m ²).....	28
3.2.1.6	Requerimientos mínimos de solución de espuma, de acuerdo al tipo de combustible por unidad de superficie afectada (lt/m ²)	29
3.2.1.7	Determinación del número de lanzamientos y cantidad de solución de espuma lanzada por misión (n°/misión) y (lt/ misión)...	30
3.2.1.8	Modelo de lanzamiento.....	30
3.2.1.9	Estimación de los tiempos de operación (min).....	31
3.2.1.10	Estimación de los costos de operación (U.F).....	31
3.2.1.11	Proporción y número de lanzamientos por misión, en un tiempo fijo de operación (lt/misión/hr), (n°/misión/hr).....	32
3.2.1.12	Cobertura total aérea, a través de la Octava Región.....	33
3.2.1.13	Planilla de registro de la información...	33
3.2.2	Análisis estadístico.....	33
3.2.3	Análisis a través de encuesta.....	34

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Análisis general.....	36
4.1.1	Resumen de simulación operativa por Región.	36
4.1.2	Frecuencia o intervalos de lanzamientos(min)	42
4.1.3	Número de lanzamientos por misión (n°/misión).....	45
4.1.4	Tiempos de operación (min/misión).....	48
4.1.5	Costos de operación (U.F./misión).....	50
4.1.6	Proporción de lanzamientos y número de lanzamientos por misión (lt/misión/hr), (n°/misión/hr).....	53
4.2	Antecedentes operativos (encuesta).....	57
4.2.1	Experiencia en el empleo de los sistemas de combate con helicóptero.....	57
4.2.2	Limitaciones operativas.....	58
4.2.3	Estrategia en los lanzamientos.....	62

4.2.4	Algunas técnicas de aproximación al área de trabajo.....	64
4.2.5	Sistema de descarga.....	64
4.2.6	Recomendación de número y frecuencias de los lanzamientos por tipo de combustible.....	64
4.2.7	Algunas consideraciones para el carguío con un helibalde.....	69
4.2.8	Algunas estrategias en el lanzamiento y en la aproximación.....	70
4.2.9	Equipos recomendados.....	71
V	CONCLUSIONES.....	73
VI	RECOMENDACIONES.....	77
VII	RESUMEN.....	79
VIII	SUMMARY.....	81
IX	BIBLIOGRAFIA.....	83
X	APENDICES	
XI	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N°		Página
<u>En el texto</u>		
1 :	Tiempos promedios históricos, empleados en las distintas fases de desarrollo de los incendios forestales de Forestal Bío Bío, durante 4 temporadas.....	5
2 :	Recurso helicóptero contratado por la Corporación Nacional Forestal, temporada 94/95..	7
3 :	Tiempos promedios para la determinación de los intervalos de lanzamientos (min).....	28
4 :	Contrato de arriendo de helicóptero para la Octava región, con 110 días y 110 horas de operación contratadas por temporada (94/95).....	32
5 :	Resumen comparativo entre los sistemas Helitanque y Helibalde, para la Octava Región...	39
6 :	Resumen comparativo entre los sistemas Helitanque y Helibalde, para la Novena Región...	41

7 :	Variables promedios consideradas en operación de combate aéreo con lanzamientos de agua o solución de espuma.....	63
8 :	Frecuencia y número de lanzamientos óptimos, para tipos de combustibles afectados.....	65
9 :	Equipos recomendados por modelos de combustibles	72

En el Apéndice

1b :	Antecedentes del personal encuestado
------	--------------------------------------



INDICE DE FIGURAS

Figura N°	Páginas
<u>En el Texto</u>	
1 :	Frecuencia o intervalos de lanzamientos por misión, registrado en la Octava Región..... 42
2 :	Frecuencia o intervalos de lanzamientos por misión, registrado en la Novena Región..... 45
3 :	Número de lanzamientos por misión en la Octava Región..... 46
4 :	Número de lanzamientos por misión en la Novena Región..... 47
5 :	Tiempo de operación por misión en la Octava Región..... 49
6 :	Tiempo de Operación por misión en la Novena Región..... 50
7 :	Costos de operación por misión en la Octava Región..... 51

8 :	Costos de operación por misión, en la Novena Región.....	52
9 :	Cantidad de solución de espuma lanzada para un tiempo fijo de operación por misión, en la Octava Región.....	54
10 :	Número de lanzamientos para un tiempo fijo de operación por misión, en la Octava Región.....	55
11 :	Cantidad de solución de espuma lanzada para un tiempo fijo de operación por misión, en la Novena Región.....	56
12 :	Número de lanzamientos por misión para un tiempo fijo de operación, en la Novena Región.....	56

I INTRODUCCIÓN

"El mejor incendio combatido es el que nunca se ha producido", sin embargo una vez que se ha detectado, se debe actuar del modo más eficiente posible. En Chile se producen entre 5 a 6 mil incendios anualmente, siendo el 100% de éstos ocasionados por el hombre. Sólo en la temporada 93-94 se llegó a registrar una de las cifras más altas de ocurrencia de los últimos años con 6210 incendios forestales, cifra sólo superada por lo acontecido en la temporada 83/84 cuando se registraron 6252 incendios forestales (Corporación Nacional Forestal, 1995).

La discontinuidad de la ubicación de los predios o bosques que requieren ser protegidos, implica desarrollar esquemas altamente eficientes para atender de forma adecuada y oportuna las diversas situaciones que puedan originarse al interior del patrimonio a proteger. Lo anterior ha significado que tanto organizaciones privadas como del estado, establezcan convenios de protección, creación de comités técnicos mixtos y otros mecanismos de complementación, optimizando con ello recursos económicos, racionalizando las actividades de prevención y combate.

Se ha comprobado que el éxito en el combate de los incendios forestales, depende en gran medida de una oportuna detección y de un mínimo tiempo de arribo de las unidades. Considerando este esquema, el helicóptero juega sin duda un rol importante, permitiendo llegar de manera

oportuna a lugares de difícil acceso para otros medios de lucha, pudiendo participar y apoyar eficientemente el combate ya sea en el traslado de personal de primer ataque como en lanzamientos de agua.

Es por ello que en la última década la utilización del helicóptero ha tenido un incremento importante ya que los logros alcanzados por los programas de protección forestal de las diferentes organizaciones, ha sido fundamental el apoyo con este medio aéreo. Los sistemas más empleados en el combate de incendios forestales con helicóptero han resultado ser los Helitanques y Helibaldes, éstos últimos conocidos comercialmente como "Bambi Bucket".

Es así, que a partir de 1991 en la VIII Región se comenzó a utilizar el tanque ventral (Helitanque) por contar con un equipo que posee una mayor capacidad y en parte por el desconocimiento al interior de la región, de fuentes de carguío de agua adaptables a las exigencias operativas al emplear un balde.

Sin embargo, se está ante un servicio aéreo de un alto costo, con fuertes incidencia sobre los costos totales con que cuentan los programas de protección contra incendios, no existiendo en la actualidad estudios decidores al momento de la elección de cada equipo. En base a lo anterior, este trabajo pretende ser una aproximación inicial que contribuya a proporcionar algunos antecedentes que permitan decidir entre un sistema Helitanque y una Helibalde, para el combate de incendios forestales en dos

áreas de estudio ubicadas en la VIII y IX Región. Para tal efecto, se realizó una simulación de las operaciones de combate de incendios forestales, empleando un helicóptero Bell 205 modelo A-1 con un tanque ventral "Conair", fabricado por Frontier Helicopters de Canadá, de 1360 lt de capacidad, y un Balde o "Bambi Bucket" modelo 3542 fabricado por Sei Industries de 1590 lt de capacidad.

El análisis se complementó con los resultados de una encuesta dirigida a los pilotos de helicóptero y jefes de brigadas terrestres.



II REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Empleo del helicóptero como herramienta de combate de incendios forestales.

En Chile, el helicóptero se utilizó por primera vez en 1967 como elemento de observación y operación de aerotransporte. A partir de la temporada 1969/1970 la División Forestal del Servicio Agrícola y Ganadero (SAG), contrata los servicios de 2 helicópteros para utilizarlos en el Programa de Manejo del Fuego (P.M.F.) (Medel, 1975, citado por Manriquez, 1993).

A partir de la temporada 89/90, se incorporan al P.M.F. de la Corporación Nacional Forestal (CONAF) y de las empresas forestales, los helicópteros de mediana capacidad lo que ha significado un aumento en la eficiencia en las operaciones de combate. Esto se puede comprobar en la información de la tabla 1, en donde se registran los tiempos históricos empleados en las distintas fases de desarrollo de los incendios forestales registrados en 4 temporadas al interior de los predios de Forestal Bío Bío. Al respecto se puede apreciar un descenso de los tiempos de arribo a partir de esa fecha y en la temporada 91/92 una disminución en el tiempo de control del incendio, parte de esto explicado por el apoyo del Helitanque en el combate inicial y además por contar con un mayor contingente de personal en los programas de incendios (Amigo, 1992).

Tabla 1 : Tiempos promedios históricos empleados en las distintas fase de desarrollo de los incendios forestales de Forestal Bío Bío durante 4 temporadas (hr.)

TIEMPO	TEMPORADA			
	88/89	89/90	90/91	91/92
Arribo (detección- inicio)	0,55	0,36	0,33	0,38
Control (inicio- control)	0,70	1,00	0,80	0,43
TOTAL	1,25	1,36	1,13	0,82

Fuente : Amigo, M. 1992.

En la actualidad, estas aeronaves constituyen una de las herramientas de mayor versatilidad y utilidad entre las empleadas en la actividad forestal y otros rubros productivos. En el manejo del fuego, pueden prestar un considerable apoyo en la prevención, detección, reconocimiento, mapeo, transporte de personal y equipos, quemas controladas y diversas operaciones de combate.. En forma específica, pueden realizar las operaciones siguientes : lanzamientos de agua, tendido de mangueras, dirección del combate y salvataje (Julio, 1986).

En el caso de lanzamientos de agua, la descarga desde el helicóptero puede hacerse empleando equipos adicionales como son los estanques que van incorporados en el fuselaje de la aeronave o los Helibaldes que van suspendidos desde

el helicóptero, siendo la operación en uno y otro caso, diferentes (Amigo, 1981).

Una gran variedad de modelos de helicóptero diferentes pueden emplearse en el combate aéreo : Bell, Hiller, Hughes, Sikorsky, MN-6, Alouette, Puma y Bolkow.

En Chile, los modelos de helicópteros más utilizados han sido : El Alouette III S. A. 319-B ; Bell 206 L-3 Long Ranger III ; Bell 205 A-1 ; Hiller modelo FH.1100 ; Hughes 500D ; y El MBB - BO - 105 CBS (Manríquez, 1993).

En la temporada 94/95, La Corporación Nacional Forestal contrató los servicios de 7 aeronaves de diferentes modelos y capacidades, los cuales fueron distribuidos desde la V a la X Región (Tabla 2), sin considerar dentro de esta lista, aquellas aeronaves que fueron contratadas por empresas privadas del sector forestal, para la protección de su patrimonio.

Tabla 2 : Recurso helicóptero contratado por la Corporación Nacional Forestal, temporada 94/95.

REGIÓN	NÚMERO	MODELO DE HELICÓPTERO
V	1	Alouette III Aerospatiale S.A. 316 B
A.M.	1	Alouette III Aerospatiale S.A. 316 B
VI	1	Bell 204
VII	1	Bell 204
VIII	1	Bell 205 A - 1 Helitanker
IX	1	Bell 205 A - 1 Long Ranger
X	1	Alouette III Aerospatiale S.A. 316 B

Fuente : Sanhueza, P.1995. Jefe Supresión CONAF. Comunicación personal.

2.2 Arriendo del servicio helicóptero en Chile.

El valor total del arriendo es dependiente en gran medida del tipo o modelo de helicóptero requerido, del número de temporadas contratadas, horas a volar por temporadas, días de utilización, región del país en donde se solicita el servicio, etc. Sin embargo, el costo de operación del helicóptero está afectado por el costo de la hora de vuelo, el que está compuesto por un valor fijo diario ("stand by"), es decir, el valor diario por la exclusividad de uso de la aeronave y uno variable que corresponde a la cantidad de horas voladas diariamente.

2.2.1 Modalidad de los contratos. Se entiende por temporada de contrato al lapso de tiempo comprendido entre el 1° de noviembre de un año y el 30 de abril del año siguiente. Los períodos de contratación o períodos operativos, pueden variar de 1 a 3 o más temporadas, dependiendo de los objetivos que establezcan las diferentes organizaciones que contratan el servicio aéreo.

Para el P.M.F. de la Corporación Nacional Forestal, por ejemplo, la temporada 94/95 significó desembolsos, por concepto de arriendo de helicópteros, del orden de 10 a 14 U.F¹ . por día y de 30 a 65 U.F. por hora, de acuerdo a los días y horas que fueron contratados.

Algunas empresas ofertantes del servicio aéreo, estipulan en el contrato una serie de compromisos para otorgar un óptimo desempeño, tales como :

- 1) Mantenimiento : El cual contempla un alto nivel de mantención y existencia, asegurando una alta eficiencia sin problemas de operación. Al igual que se asegura óptimas condiciones de la aeronave que se contrata.
- 2) Chequeo y entrenamiento de los pilotos: Consiste en mejorar constantemente los estándares de operación de vuelo.
- 3) Seguros : referido a proporcionar la documentación necesaria que demuestre la existencia de póliza de seguros como parte integrante del contrato, suma que en algunos casos puede ascender a los 10 millones de dólares.

¹Unidad de Fomento

2.2.2 Empresas que ofrecen el servicio en Chile. Son conocidas a nivel nacional e internacional las empresas Northern Mountain Helicopters Inc., y Frontier Helicopters, con representación en Chile de Heli - Works Ltda., y Aeromet Ltda., respectivamente. Entre las nacionales se conocen - entre otras - Línea de Aeroservicio S.A. y Alfa Helicópteros.

2.3 Límites de operación del helicóptero.

Los límites funcionales del helicóptero están determinados, principalmente por el peso bruto y la potencia disponible. La relación peso a potencia indicará la capacidad de operación de un helicóptero. Como la mayoría de los helicópteros no pueden operar con seguridad llevando la máxima carga útil o toda la carga de combustible, es que a menudo se debe sacrificar la carga útil para favorecer la autonomía o viceversa. (Manríquez, 1993).

No obstante, las condiciones atmosféricas son determinantes en los límites de operación de un helicóptero, donde la característica de la atmósfera que más los afecta es la densidad del aire, la cual está determinada por la altitud, la presión barométrica, la temperatura y la humedad (U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration, 1978 ; Arancibia, 1981b).

Debido a lo anterior, una disminución de la densidad atmosférica creada por un aumento de la temperatura o un aumento de la humedad, pueden imposibilitar el vuelo estacionario de un helicóptero y no permitir despegues o aterrizajes verticales (Arancibia, 1981b).

La pendiente del lugar es también un factor importante con respecto a la complejidad que implica las condiciones del relieve del terreno para el aterrizaje, ya sea para el arribo o traslado del personal de primer ataque. Para ello el piloto deberá buscar lugares de aterrizaje, con una pendiente máxima permitida de 20° (Arancibia, 1981a).

2.4 Helicóptero Bell 205 modelo A - 1.

Los helicópteros se clasifican según el número de personas y la capacidad de carga interna que transportan. Al respecto, el helicóptero Bell 205 es una aeronave de capacidad media. Lo anterior cobra importancia debido a que la potencia está en estrecha relación con la capacidad de carga que puede transportar el helicóptero. Ésta última pudiendo distribuirse entre el personal a transportar, su equipo y el combustible para la aeronave, del que a su vez, va a depender la autonomía de vuelo (Manríquez, 1993 ; Ministry of Forests (s/año), Canadá ; U.S.A. The National Wildfire Coordinating Group, 1991).

Tapia (1992), realizando un estudio preliminar para medir la eficiencia con este modelo de helicóptero, determinó que desde la base de operación de la aeronave se generó un radio de acción con una cobertura aérea igual a los 25 minutos, área dentro de la cual y de acuerdo a su autonomía de vuelo, el helicóptero puede desempeñar distintas misiones con una alta eficiencia.

El mismo autor al evaluar los tiempos de operación con esta aeronave y utilizando un tanque ventral, señala que de un total de 57 misiones que fueron analizadas, 27 fueron en la modalidad de primer ataque, arrojando un número de lanzamientos por misión igual a 3 y una frecuencia de lanzamiento igual a 4,5 minutos.

Sin embargo, hace varias décadas que se conoce que el empleo de helicópteros medianos en combate de incendios es altamente eficiente, tal es el caso de las conclusiones obtenida por Simard y Forster (1972), citado por Amigo (1981), en donde demuestran que el rango óptimo para una mayor eficiencia en el control de los incendios, está en helicópteros con capacidad de 950 a 1300 litros (3600 - 4300 kg de peso bruto).

Descripción general : El Helicóptero Bell A - 1 es una aeronave propulsado por turbina, puede estar equipado con un tanque ventral, un Helibalde o con equipos auxiliares tales como un sistema de autodescenso de combatientes (rappel), con un quemador ("Drip Torch"), para iniciar la quema de roce y otras ("slash burning"), o paredes de contrafuego ("backfire") durante ciertas operaciones y, gancho de carga para el transporte de equipos.

Desde el punto de vista del transporte de personal puede llevar hasta catorce pasajeros, incluyendo al piloto.

Los helicópteros que prestan los servicios durante la temporada de incendios en el país, poseen además de los equipos auxiliares mencionados anteriormente, equipos de

comunicación; equipos de navegación satelital G.P.S. proporcionando una navegación lo más precisa a puntos programados dentro de la unidad y ; equipos de seguridad (Pilotos de helicópteros, 1995).

En el anexo 1 se entregan las especificaciones técnicas del helicóptero empleado en la operación.

2.5 Antecedentes generales del tanque ventral.

Es un mecanismo para el combate de incendios forestales con agua o combinado con productos químicos retardantes, el cual se encuentra adosado todo el tiempo al fuselaje de la aeronave, pudiendo ser removido cuando se estime necesario.

Existen tanques que dependiendo de la potencia de la aeronave, puede tener en algunos casos, una capacidad de hasta 10.000 litros. Para esta modalidad, la operación de combate es similar a la de un bombardeo de tierra. La única diferencia es que el helicóptero puede también hacer los lanzamientos en posición estacionaria (Julio, 1986).

El tanque de marca Conair tiene una capacidad de 1360 litros, con un tiempo mínimo de carguío de un minuto, desde cualquier fuente de agua que tenga una profundidad no inferior a los 40 cm (Amigo, 1992 ; Tapia, 1992). El sistema cuenta con un flujo que registra el tiempo actual y volumen de agua que está siendo cargado, como así mismo, un sistema de registro de aperturas de las puertas durante la evacuación del agua. Además, existe un estanque de espuma

retardante que se encuentra incorporado al interior del estanque de agua.

En el anexo 2 se entregan las especificaciones del tanque ventral, información proporcionada por Frontier Helicopters Limited, Canadá, 1989.

2.6 Antecedentes del Helibalde ("Bambi Bucket").

Es un mecanismo que cuelga del gancho de carga del helicóptero, construido de fibra, metálico o de lona impermeable. Estos últimos son los denominados Bambi Bucket (balde) de bajo peso y plegables llevados fácilmente al interior de la aeronave y armados en pocos minutos en el mismo lugar del incendio (Wilson, 1973 ; Amigo 1981).

El Helibalde va suspendido desde el helicóptero y, mediante un dispositivo que es accionado por el piloto, se abre una compuerta situada en la parte inferior, permitiendo la caída del agua. Siendo la descarga del golpe o gradual, según sea la forma de apoyo que se quiera dar a las operaciones terrestre (Julio, 1986).

El carguío con un Helibalde puede hacerse sumergiéndolo en una fuente de agua, o bien, con el apoyo de una motobomba cuando se encuentre estacionado en tierra.

Este es un equipo que le otorga gran versatilidad al helicóptero, puesto que su rápida instalación le permite operar sin incluirlo en el transporte de combatientes, liberando al helicóptero del peso del balde, y también

aumentando el cupo de pasajeros. Además está la posibilidad de utilizar el concepto de "long line" (línea larga) que básicamente significa utilizar una línea de 30 metros para colgar el Bambi Bucket, otorgando algunos beneficios operativos (Armstrong, 1994).

Un balde de 1590 lt de capacidad no requiere, necesariamente, de fuentes de agua demasiado profundas (sobre los 0,8 m de profundidad), esto obedece a su diseño que no se sustenta en la superficie del agua. Al momento de tomar contacto con el agua, el contenedor se inclina y se hunde demorando en ello solo segundos, dependiendo del tamaño. Este es muy estable, y vacío se ha transportado a velocidades de 100 millas por hora, aproximadamente 87 nudos (Wilson, 1973), (Pilotos de helicópteros, 1995).

Las especificaciones del modelo de Bambi Bucket utilizado en el estudio, se presentan en el Anexo 3 (Sei Industries, Canadá, 1994).

2.7 Estrategia de combate (Concepto de "primer ataque" con helicóptero).

El concepto de primer ataque se refiere al primer recurso de combate que llega al lugar afectado. Por lo que el primer ataque con helicóptero con referencia al Helitanque, se inicia con la llegada de la unidad helitransportada de 12 combatientes al incendio, quienes desde el arribo comienzan a ser apoyados con lanzamientos de 1360 litros de solución de espuma, con frecuencia que en promedio, no superen los cinco minutos. Debido a que este procedimiento permite controlar la mayoría de los siniestros

en un mínimo de tiempo, y con un menor uso de horas de vuelo que anteriormente se requerían para ir a buscar al resto de las brigadas (Amigo, 1992).

No obstante, la prescripción técnica para el uso en combate del helicóptero en Chile, ha sido el de destinarlo a misiones donde se constituya como unidad de primer ataque mientras las unidades terrestres se hacen presente en el lugar, de tal forma que cuando esto ocurre, se libera la brigada helitransportada que retorna a su base, quedando disponible para otras misiones (Sociedad de Protección del Bío Bío, 1995).

Respecto a lo anterior, Tapia (1992) señala que en ocasiones el helicóptero no sólo se constituye en una herramienta de ataque inicial, sino que también es capaz, en la mayoría de los casos, de dejar controlado el incendio antes que se hagan presente las brigadas terrestres.

2.8 Concepto de combustible y modelos de combustibles.

Al respecto, Hornby (1936), citado por Rocuant (1963), los define como todos aquellos materiales vegetales dispuestos en terrenos rurales, susceptibles a la ignición y a la inflamabilidad. Es decir, a través de los cuales, es posible la iniciación y propagación de incendios forestales.

Todas las formaciones que permiten la iniciación y propagación de incendios forestales se pueden clasificar como modelos de combustibles, definido como aquel que

representa a todas aquellas situaciones vegetacionales en que el fuego tendrá un comportamiento similar, siempre que se mantengan homólogas las condiciones meteorológicas y topográficas que las puedan estar afectando (Julio, 1992).

2.9 Requerimientos de agua de acuerdo al combustible. Según Stechshen y Little (1971), citado por Amigo (1981), concluyeron que los requerimientos de agua para la extinción de incendios en combustibles forestales, no pueden ser determinados considerando solamente la intensidad del fuego. Es así que las variables : densidad y tamaño de partículas finas y la compactación y humedad del combustible están interactuando y modificando las características del combustible suficiente como para requerir diferentes concentraciones, con una misma intensidad del fuego.

No obstante, Amigo en 1981 para determinar niveles de concentración, conjugó los resultados de estos autores con los entregados por el National Fire Danger Rating System (N.F.D.R.S.) de los Estados Unidos (Anexo 4), con respecto a la cantidad mínima de retardantes para diferentes modelos de combustibles, definiéndose posteriormente, los niveles mínimos de concentración de agua para la extinción de incendios sobre combustibles forestales.

De acuerdo a ciertas similitudes encontradas por el autor, para un tipo de combustible analizado, se plantea el supuesto de que para el resto de los combustibles, los requerimientos de agua serían similares.

Sin embargo, en la práctica existen otras variables que no son imputables al combustible, pero pueden modificar los requerimientos de agua tales como la topografía del terreno y las condiciones ambientales, como la humedad relativa, temperatura, velocidad y dirección del viento, y la frecuencia de los lanzamientos cuando el incendio es atacado desde el aire (Medel, 1977 ; Julio, 1986).

Al respecto, el Ministerio de Tierras y Bosques de la Columbia Británica de Canadá, considera a la temperatura del aire, humedad relativa, presión atmosférica, viento, nubosidad, precipitación y tormentas eléctricas, como los factores meteorológicos que influyen en la iniciación y en el comportamiento del fuego. Sin embargo, el viento es uno de los factores que más influye sobre el comportamiento, debido a lo cual, es incluido en el Índice Meteorológico de Peligro (F.W.I.) del sistema forestal canadiense para la determinación del grado del peligro de incendios,

planteándose que justamente el modelo de propagación inicial de un incendio forestal, está determinado por el factor viento (velocidad y dirección), conjuntamente con la topografía y el tipo de combustible afectado.

2.10 Parámetros que se consideran en una evaluación de productividad con tanques aéreos.

Simard en 1978, realizando una evaluación de la eficiencia de un tanque aéreo considera, entre otros, a los siguientes parámetros como efectivos para la medición de la productividad del S2D Snow Commandes en N. Brunswick de Canadá, a través de un modelo de simulación de operaciones de combate aéreo :

- a) número de lanzamientos / hora
- b) Cantidad de agua lanzada / hora
- c) Cantidad de agua lanzada / incendio
(Por tipo de combustible)
- d) Número de lanzamientos / incendio
- e) Apoyo de línea / hora (pie)
- f) Apoyo de línea / incendio (pie)
- g) Dólar ahorrado / incendio (US\$)
- h) Menor área afectada / incendio (acres)
- i) Menor tiempo en operación / incendio (hr)

El mismo autor señala que la distancia de vuelo es la mejor variable para la determinación del número de lanzamientos por hora y la cantidad de retardante lanzado, en igual período.

De las variables mencionadas anteriormente, algunas de ellas coinciden con las variables de eficiencia, consideradas por Del Pedregal (1992), al plantear la necesidad de realizar un análisis comparativo entre dos helicópteros de igual capacidad, mediante una simulación de combate aéreo.

III MATERIALES Y METODO

3.1 Materiales

3.1.1 Material Cartográfico. Las mediciones y delimitaciones se realizaron sobre el siguiente material cartográfico.

- Cartas I.G.M. Escalas 1 :50 :000, 1 :25.000
- Cartografía Georeferencial, Escalas 1 :100.000
- Fotografías aéreas, Escalas 1 :10.000,1:20.000,1:30.000
(SAF -78, SAGAL : 84-89, Prediales)
- Guías prediales (Georef.)

3.1.2 Información disponible.

1. Recurso Hídrico : Tipo y nombre del recurso; ubicación (coordenadas geográficas y convencional); propiedad; descripción del sector: vegetación circundante, pendiente del sector, accesos, período de uso, calidad del agua, caudal, etc.
2. Registro de Incendios Forestales (Temporada 92/93 y 93/94). Para el estudio se seleccionaron 228 fichas de incendios forestales, correspondientes a incendios que fueron combatidos con helicóptero en dos temporadas, a través de ambas regiones.

3) Encuesta : Se elabora una encuesta que se adjunta al estudio (Apéndice A), dirigida a profesionales que laboran directamente en P.M.F., con experiencia en al combate de incendios forestales con helicóptero. Fue necesaria la experiencia en el empleo de ambos sistemas, como una manera de contar con personal capaz de comparar entre ambos equipos, considerando la realidad geográfica de las zonas donde se desarrolla el estudio y a la tipología del combustible que potencialmente podría estar siendo afectado.

3.2 Método

Para evaluar la eficiencia de cada sistema se desarrolló un procedimiento que contempló el siguiente análisis general.

3.2.1 Análisis general. ★ Los pasos a seguir fueron :

1. Definición de dos áreas generales de estudio.
2. Al interior de cada área, identificación y análisis de los incendios forestales registrados en al Octava Región en dos temporadas de incendios (92/93 y 93/94).
3. Selección e identificación de fuentes naturales de agua para el carguío con cada equipo.
4. Determinación de las frecuencias o intervalos de los lanzamientos con cada sistema (min.).
5. Estimación del tamaño de los incendios de acuerdo a las unidades de tiempo transcurridos (m²).

6. Determinación de los requerimientos mínimos de solución de espuma supresante por tipo de combustible inicial afectado (ajustado del N.F.D.R.S. de los Estados Unidos).

7. Cálculo del número promedio de lanzamientos y cantidad de solución de espuma lanzada por misión.

8. Cálculo de tiempo promedio de operación por misión (min.).

9. Cálculo del costo promedio de operación por misión, hasta la etapa de control (U.F).

10. Proporción de lanzamientos y del número de lanzamientos promedios por misión (Lt/hr) y (n° /hr)

11. Para la VIII Región, estimación de la cobertura total aérea considerando áreas con un radio equivalente a una frecuencia de lanzamientos de 5 min (ha.)

Consideraciones para el análisis :

1. Para la delimitación de las áreas de estudio se consideró un radio de cobertura aérea de 20 minutos (50 km.)

2. Se consideró un 100% de efectividad en los lanzamientos.

3. El tamaño de la superficie afectada a la llegada de la unidad, fue estimada a través de la Fórmula de Giróz (1984).

4.El incendio no avanza entre cada intervalo de lanzamiento.

5.Para la determinación de la cobertura total se estableció que desde cada fuente de agua se generan áreas circulares, cuyo radio es el correspondiente al tiempo que se incurre en el desplazamiento, desde el foco a la fuente de carguío más cercana, para un intervalo de lanzamiento no superior a los 5 minutos.

6.Todo análisis se realizó considerando la velocidad promedio de la aeronave en combate de incendio ,igual a los 60 nudos con una velocidad en el desplazamiento desde la base de operación a cada incendio, igual a los 80 nudos.

7.Para una pendiente del terreno superior al 20%, se asumió un aumento de un 2 a un 5% los tiempos totales de operación. De igual modo, el tiempo de acomodo de la aeronave al momento del carguío fue en promedio igual al 30 segundos.

8.Si al interior del área de estudio se encontraban más de dos incendios, éstos fueron analizados en forma independiente y no se consideraron como incendios simultáneos.

3.2.1.1 Definición de las áreas generales. La delimitación de estas áreas estuvieron dadas por la ubicación geográfica de dos bases de operación de unidades helitransportadas, localizadas en el fundo Coyanco y Casablanca en la VIII y IX regiones, respectivamente.

Base Coyanco : Ubicado en Fundo Coyanco de propiedad de Forestal Chile S. A., base de operación de la unidad helitransportada que presta servicio, durante la temporada de incendios forestales, a la Sociedad de Protección de la Región del Bío Bío, localizado a 64 km al noreste de la Ciudad de Concepción, y a 3 km aproximadamente de la localidad de Quillón, en la Octava Región.

Ubicación : Coordenadas U.T.M. : ★ N 5930.5 - E 715.5 (km)
 Coordenadas GEOREF : ★ EU 3116

Base Casablanca : Ubicado en Fundo de igual nombre de propiedad de Forestal Mininco S. A., localizado a 65,9 km al sur de la ciudad de los Angeles y muy próximo a la ciudad de Angol.

Ubicación : Coordenadas U.T.M. : N 5818.2 - E 700.9 (km)
 Coordenadas GEOREF HR 1900 B

Estas áreas fueron delimitadas a través de Cartografía GEOREF, escala 1 :100.000 medido en línea recta desde cada base de operación, considerando una zona de respuesta de 20 minutos (50 km), lo que de acuerdo a la performance del

helicóptero, genera un área de estudio de aproximadamente 785.400 ha, en cada región.

3.2.1.2 Identificación y análisis de los incendios en la VIII Y IX Región (Temporadas :92/93-93/94)

Para el estudio se revisaron más de 1500 misiones, seleccionándose sólo 228 fichas de incendios forestales que habían sido combatidos con helicóptero.

De las seleccionadas, 99 misiones fueron aportadas por el sistema estadístico del P.M.F. de la Corporación Nacional Forestal IX Región, y las restantes 129 misiones, obtenidas a través de la central de operaciones de la Sociedad de Protección de la Región del Bío Bío, en la VIII Región del país.

La finalidad fue el de trabajar con situaciones reales de tiempo, de combustible inicial afectado y de pendiente del lugar. Con ello se estimó la superficie afectada, que está dada por el tiempo transcurrido desde la detección del foco hasta la llegada de la unidad aérea al lugar (Giroz, 1984). Así mismo, para determinar los requerimientos de solución de espuma supresante, se requiere conocer el tipo de vegetación combustible afectado. Finalmente se debe registrar la pendiente del lugar, para poder conocer la incidencia de éste factor en los tiempos de operación.

Estos incendios tenían la particularidad de haber sido combatidos con helicóptero bajo la modalidad de primer ataque. Sin embargo para la IX Región, debido a las

diferencias en los objetivos en el despacho del recurso aéreo entre la empresa privada y la Corporación Nacional Forestal, se encontró un limitado número de misiones en la cual el helicóptero participaba como unidad de primer ataque (menos del 1% en la temporada 92/93 en la IX Región), por lo que el criterio de selección para la región, fue el de considerar todas aquellas misiones donde el helicóptero se constituyera como una unidad de apoyo y de ataque inicial. En el caso de unidad de apoyo, se calcularon los tiempos de arribo desde el despacho hasta la llegada de la unidad al incendio, considerando la performance del helicóptero y la distancia en línea rectas desde la Base Casablanca, a cada uno de los focos detectados.

El análisis contempló el registro de los siguientes antecedentes :

- 
- a) Ubicación del incendio (Coordenadas convencionales geográficas)
 - b) Cronología del incendio (min) :
 - Tiempo de inicio del incendio
 - Tiempo de detección
 - Tiempo de aviso
 - Tiempo de despacho
 - Tiempo de salida
 - Tiempo de arribo de la unidad
 - c) Tipo de combustible inicial afectado
 - d) Pendiente promedio del lugar afectado (%)

3.2.1.3 Selección de fuentes de carguío de agua. Al interior de cada una de las áreas de estudio se seleccionaron fuentes naturales de agua, las cuales debían ser aptas para el carguío con un sistema helitanque o con uno de helibalde.

El lugar de carguío contemplaba ciertas exigencias, tales como: tener una amplia visibilidad horizontal, de aproximadamente un radio de 15 metros; el agua para el carguío debió estar limpia de vegetación acuática para así evitar posibles obstrucciones en el sistema de carguío, que en ciertas situaciones ocasionan pérdidas considerables de tiempo. La pendiente del terreno no debió ser superior al 15%, el drenaje moderado y caudal permanente, con una profundidad no inferior a los 40 cm en el caso de estar operando con un tanque ventral, y sobre los 80 cm para un balde o "bambi bucket".

Para el estudio se seleccionaron aquellos lugares que estaban lo más próximo al incendio, para lo cual se complementó con la información obtenida por Villagrán (1993) en un estudio de localización de fuentes de agua para el helicóptero Bell 205 y recurso terrestre.

3.2.1.4 Determinación de frecuencias o intervalos de lanzamientos (min). Se procede al cálculo de la distancia en línea recta desde el foco a la fuente de agua más cercana. En el caso de los helicópteros se puede asumir un desplazamiento rectilíneo desde un punto a otro, utilizando las coordenadas "UTM"³ de cada punto y aplicando fórmula de Pitágoras (Manríquez, 1993).

De acuerdo a la distancia de vuelo obtenida y considerando una velocidad promedio del móvil en operación de combate igual a los 60 nudos, se calcula el tiempo en desplazamiento. Finalmente, para determinar los intervalos de lanzamientos (min), se consideró los tiempos promedios de carga, descarga, acomodo del móvil y de lanzamiento con cada sistema (Tabla 3).



³ U.T.M.: Universal Transfer Mercator

Tabla 3 : Tiempos promedios para la determinación de los intervalos de lanzamientos (min).

Tiempos transcurridos (min)					
SISTEMA	T.C	T.D	T.A	TOTAL	Intervalos lanzamientos
Helitanques	1,0	0,08	0,5	1,58	1,58 + T. de
Helibalde	0,25	0,08	0,5	0,83	0,83 + T de

Fuente : Pilotos de helicópteros, 1995. Comunicación personal.

Donde :

T.C = Tiempo de carga ;

T.D = Tiempo de descarga ;

T.A = Tiempo de acomodo del móvil ;

T. de = Tiempo de desplazamiento.

3.2.1.5 Determinación del tamaño de los incendios de acuerdo a las unidades de tiempo transcurridas (m²).

Con los tiempos transcurridos desde el inicio del foco hasta la llegada de la unidad aérea al lugar, se realizó una estimación a través de Fórmula de Giróz, del tamaño de la superficie afectada al momento de la llegada del recurso aéreo en la modalidad de primer ataque.

La función es la siguiente :

$$S = 0.000186 + 0.0002627 * T^2 + 0.003361 * T$$

Donde:

S =Superficie afectada desde el inicio del incendio (ha).

T =Tiempo Transcurrido desde el inicio del incendio (min).

Para los cálculos posteriores, se consideró esta superficie como única, bajo el supuesto de que el incendio no avanza entre cada intervalo de lanzamiento (dado en las consideraciones generales).

3.2.1.6 Requerimientos mínimos de solución de espuma de acuerdo al tipo de combustible por unidad de superficie afectada (lt /m²). Los tipos vegetaciones encontrados en cada misión, se ajustaron a los entregados por el N.F.D.R.S. de los Estados Unidos (Anexo 4), para estimar los niveles mínimos de concentración de espuma supresante de acuerdo al tamaño del incendio al momento del arribo de la unidad.

Estos valores se asumen como de solución de espuma de corta duración, debido a que en Chile no se utilizan retardantes del fuego de larga duración en lanzamientos con agua, por el elevado costo del producto (Naranjo, 1989; Mella, 1991).

Para el análisis, el requerimiento total dependió del tamaño del incendio al momento de la llegada de la unidad aérea y del combustible afectado, manteniéndose constante los demás factores del comportamiento.

3.2.1.7 Determinación del número de lanzamientos y cantidad de solución de espuma lanzada por misión, (n°/misión) y (lt/misión) respectivamente. Para determinar la cantidad total de solución de espuma a lanzar se consideró : tamaño del foco al inicio del combate, requerimientos totales por tipo de combustible afectado, volumen capaz de lanzar cada uno de los equipos por evento a la distancia de vuelo desde el foco a la fuente de agua más cercana. Así mismo, todo lo anterior generó el número total de lanzamientos requeridos para el control del incendio.

Los modelos de combustibles considerados son los que se presentan en el Anexo 5, los cuales se ajustaron a los entregados por el servicio forestal norteamericano.

3.2.1.8 Modelo de lanzamiento. En el combate aéreo de incendios forestales, un modelo de lanzamientos corresponde a la silueta o forma del área mojada por el impacto y distribución de la concentración del agua o producto químico en la superficie del suelo (Julio, 1986).

Debido a que no existe información sobre modelos de lanzamientos con un balde de la capacidad evaluada, se contactó con sus fabricantes Empresa Sei Industries del Canadá, comprobándose que actualmente se está en etapa experimental, la cual estará disponible a fines del año 1995 (Emiry, 1994).

Debido a ello, para el estudio se consideró un solo modelo de lanzamiento donde la carga es lanzada de manera única y compacta, suponiendo un 100% de efectividad en cada lanzamiento.

3.2.1.9 Estimación de los tiempos de operación (min). El tiempo total de operación correspondió al tiempo que permanece el helicóptero en vuelo, desde la llegada al lugar hasta el control del incendio, y depende del tamaño del área, de los requerimientos totales de solución de espuma supresante para los distintos modelos de combustible que estaban siendo afectados, así como de la frecuencia o intervalo de los lanzamientos (min) y del número de lanzamientos por misión.

Para los cálculos, se supone que el helicóptero actuaba como unidad de primer ataque, participando como único recurso hasta el control del incendio. Sin embargo, en la práctica el helicóptero suele ser más efectivo constituyéndose como unidad de apoyo al recurso terrestre, controlando el incendio en menor tiempo y con una mayor eficiencia (Pilotos de helicópteros, 1995)

3.2.1.10 Estimación de los costos de operación (U.F.) Sobre la base de dos temporadas de incendios por región y al número de incendios combatidos con helicóptero, se determinó el mínimo costo promedio por área general, al estar empleando cada sistema. Este costo se limita solamente a las horas de vuelo del helicóptero, o tiempo que permanece en operación hasta el control. De acuerdo al tiempo total, se puede imputar el costo de la operación, cuya máxima superficie es la correspondiente al área afectada al momento de la llegada de la unidad aérea.

Para la estimación de los costos con cada alternativa, se requirió contar con la valoración del arriendo del recurso aéreo (Tabla 4).

Se asume para la IX Región, igual período de operación y valor del contrato aéreo, que para la VIII Región.

Tabla 4 : Arriendo del servicio helicóptero para la VIII Región con 110 días y 110 horas de operación, contratados por temporada (94/95).

SISTEMA	VALOR (U.F.)	
BELL 205 A-1 + TANQUE	44 / día	45 / hora
BELL 205 A-1 + BALDE	30 / día	41 / hora

Fuente : Sanhueza, P. 1995. Comunicación personal.

3.2.1.11 Proporción y número de lanzamientos por misión, en un tiempo fijo de operación (lt/hr) y (n°/hr). Se determinó la cantidad total de solución de espuma a lanzar y el número de lanzamientos efectivos que cada sistema es capaz de realizar en una hora de operación. Para el análisis, se consideró que la proporción de lanzamientos es directamente proporcional al número de lanzamiento y al volumen que transporta la aeronave por evento. Así mismo, el número de lanzamientos está relacionado con el tiempo que se incurre entre cada intervalo o frecuencia de lanzamientos.

3.2.1.12 Cobertura total aérea a través de la VIII Región.

Debido a la aparente carencia de fuentes de agua para el carguío de agua a través de la región, fundamentalmente para las operaciones con un balde superior a los 1000 litros de capacidad, se procedió a mapear cartográficamente el área de estudio con apoyo de fotografías aéreas y de visitas en terreno, identificando los lugares aptos para la operación de carguío y considerando las limitaciones inherentes de operación del helicóptero y de cada equipo en particular, al momento de cargar.

A través de Cartografía Georeferenciada se delimitaron áreas circulares a partir de cada fuente de agua, considerando una frecuencia de lanzamientos de 5 minutos (área cuyo radio corresponde al tiempo que demora en desplazarse desde foco a la fuente de agua más cercana). Las cobertura total aérea con cada uno de los sistemas fue la sumatoria de las áreas específicas.

No se justificó hacerlo extensivo a la IX Región, debido a que no existen limitaciones operativas importantes.

3.2.1.13 Planilla de registro de la información.

Se ajusta al estudio la planilla donde se registró la información obtenida de la simulación de acuerdo al procedimiento metodológico.

3.2.2 Análisis estadístico.

Los resultados de los análisis fueron abordados de manera estadística aplicando a la información obtenida, un test de normalidad. Al comprobarse

la no normalidad de los datos se optó por emplear, para el análisis de d'écima de diferencias de medias, la Prueba de Rangos de Signos de Wilcoxon con un nivel de significancia del 95%, por considerarse a esta prueba, como el mejor método no paramétrico para ser utilizado en observaciones en parejas (Canover, 1971 ; Canavos, 1988). Además se compararon las distribuciones de los datos mediante un test de bondad de ajuste de distribución del chi-cuadrado (con un 95 y 99% de confianza).

3.2.3 Análisis a partir de encuesta. Se formuló una serie de preguntas dirigidas principalmente a los pilotos de helicópteros, con experiencia en combare de incendios forestales con lanzamientos de agua. Sin embargo, se hizo extensivo a jefes de operaciones y jefes de brigadas de incendios. El objetivo fue el de homogeneizar criterios en lo relativo a las características operacionales del helicóptero y de cada equipo, en su conjunto.

La lista del personal encuestado y el cuestionario son presentados en los apéndices A y B (Tabla 1b).

Las consideraciones para responder al cuestionario fueron : Superficie promedio al inicio del combate de 0,1 ha; una sola modalidad de lanzamientos ; pendiente del terreno media ; presencia de viento en forma irregular y con intensidad media ; para el caso de plantación se consideró una densidad media (800 - 1200 árboles/ha); y frecuencia promedio de lanzamientos de 6 min.

En base al desarrollo de cada uno de estos puntos, se pudo determinar el (los) sistema (s) más eficiente (s), desde el punto de vista operativo, al interior de cada una de las áreas de estudio.



IV RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis general.

La presentación y discusión de los resultados se basó en el análisis de las siguientes variables promedios :

- a) Frecuencias o intervalos de lanzamientos (min).
- b) Número de lanzamientos por misión (n° / misión).
- c) Tiempo en la operación de control (min / misión).
- d) Costo en la operación de control de incendio (U.Fi/misión)
- e) Proporción de lanzamientos y del número de lanzamientos por misión (lt/hr) y $/n^\circ/hr$.
- f) Determinación del área cubierta, con cada uno de los sistemas, en la VIII Región (ha).
- g) Análisis de las características técnicas operativas, considerando a ambos equipos en operaciones de combate.

(En base a encuesta, en apéndice).

4.1.1 Resumen de la simulación operativa por región.

Octava Región. El Tiempo promedio de arribo al foco de la unidad aérea, para este tipo de misiones (primer ataque) fue de 0,46 horas (27,5 min.), independiente del equipo a utilizar para realizar los lanzamientos.

Con el sistema Helitanque, el tiempo promedio efectivo de la aeronave en combate aéreo hasta el control fue de 0,31 horas (18,6 min) con una frecuencia de lanzamiento promedio de 4,7 min. Y con 5 lanzamientos promedio por misión.

El tiempo promedio de arribo al lugar afectado, así como la frecuencia y número de lanzamientos promedio por misión, coinciden con apreciaciones hechas para el Helitanque (Tapia, 1992; Pilotos helicóptero en Chile, 1995).

Como se puede observar en la tabla 5, para una superficie inicial promedio de 0,45 ha, el Helitanque a través de la región, demuestra ser más eficiente debido a la cercanía a las fuentes de agua desde cada uno de los focos reportados, con intervalos de lanzamientos promedios de 4,7 minutos, el cual es óptimo para cualquier tipo de cobertura vegetal existente.

No obstante, la proporción y el número de lanzamientos por misión en el lapso de una hora fue deficiente en comparación con el sistema Helibalde, éste último es capaz de lanzar un mayor volumen por misión en una hora de operación.

Con respecto a la cobertura total - considerando una frecuencia de lanzamiento de 5 minutos desde cada fuente de agua - el Helitanque puede cubrir un área superior, debido a las escasas limitantes que presenta al momento de cargar.

Sin embargo, en el supuesto de estar utilizando un sistema Helibalde, el tiempo promedio efectivo del helicóptero en combate hasta el control fue de 0,28 hr (17 min), con una frecuencia de lanzamientos de 5,2 minutos, con 4 lanzamientos por misión. Lo anterior explicado en parte, por el menor tiempo en el carguío y una cantidad adicional de agua a lanzar por evento (230 litros aproximadamente).

Al interior de la región existen áreas de secano, imposibilitando el buen abastecimiento de agua desde fuentes naturales, tornándose difícil la operación con un balde de mayor capacidad que los habitualmente utilizados.



Tabla 5. Resumen comparativo entre los sistemas Helitanque y Helibalde para la Octava Región.

VARIABLES PROMEDIOS	Helitanque	Helibalde
Distancia foco-fuente de agua más cercana (km)	2,8	4,1
Tiempo en desplazamiento de la aeronave (min) (*)	3,0	4,4
Frecuencia de lanzamientos (min)	4,7	5,2
Número de lanzamientos por misión (n°/misión)	5,0	4,0
Tiempo en operación de control (min/misión)	18,5	17,0
Costo en operación de control (U.F./ misión)	14,0	11,0
Proporción de lanzamientos (lt/misión/hr)	20.558,13	26.931,4
Número de lanzamientos (n°/misión/hr)	15,0	17,0
Superficie inicial afectada (ha)	0,45	0,45
Cobertura aérea aproximada (ha) (**)	350.000,0	284.000,0 (***)
Porcentaje del total del área de estudio (%)	45,0	36,0

(*) : Distancia desde el foco a la fuente de agua más cercana (km).

(**) : Para el análisis se consideró una frecuencia de lanzamiento promedio de 5 minutos.

(***) : En algunos casos existen fuentes de agua que deberán ser habilitadas para ser utilizadas en el carguío con un balde, recomendación dada por Villagrán (1993).

4.1.1.2 Novena Región En la región el tiempo de arribo promedio estimado fue de 0,36 hr (22,0 min), independiente del equipo a utilizar para realizar los lanzamientos (considerando sólo a la aeronave en desplazamiento desde la base de operación a cada uno de los focos).

Con un helitanque, el tiempo promedio efectivo de la aeronave en combate aéreo hasta el control fue de 0,18 hr (11,0 min), con frecuencias o intervalos promedios de lanzamientos de 3,8 min con 3 lanzamientos por misión.

De manera similar, el tiempo en combate aéreo hasta el control empleando un Helibalde fue de 0,14 hr (8,3 min) con frecuencias de lanzamientos promedio de 3,2 min, con igual número de lanzamientos por misión que para el Helitanque, como se observa en la tabla 6. Así mismo, debido a la oportuna llegada del helicóptero al incendio, el tamaño promedio de la superficie al primer ataque fue de aproximadamente 0,2 ha, registrándose en promedio 3 lanzamientos por misión.

Estos últimos resultados muestran la importancia de utilizar un Helibalde en el combate de incendios forestales en la región, debido a la eficiencia del equipo en incendios sobre bosques naturales, con una mayor concentración de éstos al interior del área de estudio, que en la Octava Región (Cerdeira, et al. 1992).

Tabla 6 : Resumen comparativo entre los sistemas Helitanques y Helibalde para la Novena Región.

Variables promedios	Helitanque	Helibalde
Distancia foco-fuente de agua más cerca (km)	2,0	2,1
Tiempo en desplazamiento de la aeronave (min) (*)	2,2	2,3
Frecuencia de los lanzamientos (min/misión/) (**)	3,8	3,2
Número de lanzamientos por misión (n°/misión)	3,0	3,0
Tiempo en operación de control (min/misión)	11,0	8,3
Costo en operación de control (U.F./misión)	8,3	5,5
Proporción de lanzamientos (lt/misión/hr)	26.101,0	40.136,0
Número de lanzamientos por misión (n°/misión/hr)	20,0	26,0
Superficie promedio al arribo (ha)	0,2	0,2

(*) : Desde el foco a la fuente de agua más cercana.

(**) : Intervalos de lanzamientos (min).

Al analizar estadísticamente la información generada por la simulación, se comprueba una falta de normalidad entre los datos arrojados por ésta, procediendo a realizar las respectivas pruebas estadísticas por método no paramétrico para datos pareados, utilizando la prueba de rangos de signos de Wilcoxon con un nivel de significancia del 95%.

4.1.2 Frecuencia o intervalos de lanzamientos (min) .

Octava Región. La Figura 1 muestra que de las 129 misiones efectivas analizadas al interior del área, el sistema Helitanque resultó ser más eficiente al concentrar el mayor porcentaje de misiones en intervalos de lanzamientos no superior a los 6 minutos (81%). En cambio en los mismos intervalos, el Helibalde concentra el 67% del total.

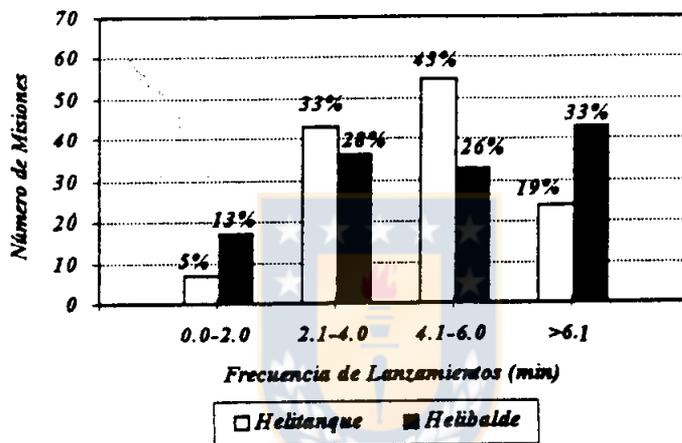


Figura 1 : Frecuencias o intervalos de lanzamientos por misión, registrado en la Octava Región.

Al respecto, sobre los 6 minutos el Helibalde supera al Helitanque concentrando el 33% del total de misiones, en comparación con el 19% del total combatidos con un Helitanque. Se comprobó estadísticamente que el tiempo entre intervalos de lanzamientos con un sistema Helibalde fue significativamente superior que al estar operando un Helitanque, con frecuencias promedios de 4,7 y 5,2 para Helitanque y Helibalde, respectivamente. Esto se explica por la lejanía a las fuentes de carguío, diferencia que en

entre intervalos de lanzamientos con un sistema Helibalde fue significativamente superior que al estar ocupado con un Helitanque, con frecuencias promedios de 4,7 y 5,2 para Helitanque y Helibalde, respectivamente. Esto se explica por la lejanía a las fuentes de carguío, diferencia que en distancia promedio desde el foco a la fuente natural de agua, superaba el kilómetro.

Al comprar la distribución, se observa que existen diferencias altamente significativas en el primer y tercer intervalo así como en el intervalo mayor a los 6,1 min. Como se puede observar en la figura 1.

Frecuencias o intervalos de lanzamientos por tipo de combustible inicial afectado (VIII Región). Las fichas de incendios registradas en la Octava Región fueron agrupadas por tipo de combustible afectado obteniéndose los siguientes resultados.

1. Plantaciones forestales (Pino - Eucalipto) : Se obtuvo un área promedio al inicio del combate de 0,53 ha con intervalos de lanzamientos de 4 y 7,6 minutos para un sistema Helitanque y Helibalde, respectivamente.
2. Desechos de cosecha forestal - roce : Se obtuvo un área promedio al inicio del combate de 0,4 ha, con intervalos de lanzamientos promedios de 6 y 10,3 minutos para un Helitanque y un Helibalde, respectivamente.
3. Pastizal : Se obtuvo una superficie promedio al arribo de la unidad aérea de 0,4 ha, con frecuencias de lanzamientos de 5,1 a 10 minutos para un Helitanque y un Helibalde, respectivamente.

Novena Región. La figura 2 muestra la distribución de las 99 misiones efectivas analizadas con cada equipo, en donde el más alto porcentaje se concentra en los dos primeros intervalos, con frecuencias de lanzamientos menores a los 4 min, con el 69% y 79% del total para el sistema Helitanque y Helibalde respectivamente, siendo el Helibalde más eficiente, en términos del menor tiempo que debe incurrir entre cada lanzamiento. Al respecto, se comprobó la existencia de diferencias significativas al 5%, entre las respectivas frecuencias promedio de lanzamientos obteniéndose frecuencias de 3,8 y 3,2 minutos para el Helitanque y el Helibalde, respectivamente.

De igual forma, el análisis de distribución indicó la existencia de diferencias altamente significativas en el primer intervalo y en el intervalo que fluctúa entre los 4,1 a 6 minutos, respectivamente.

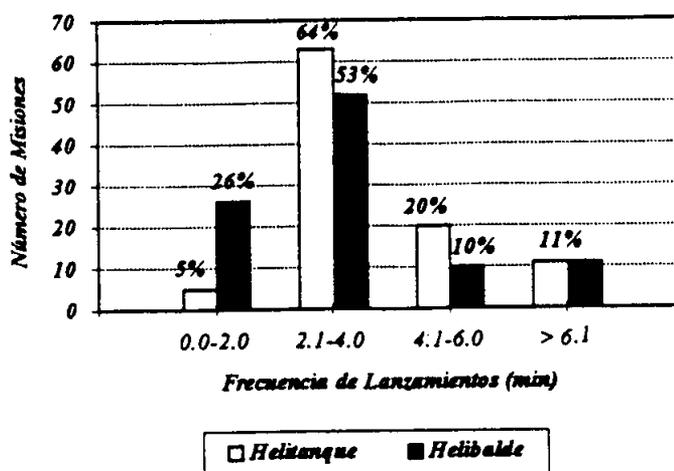


Figura 2 : Frecuencias o intervalos de lanzamientos por misión, registrado en la Novena Región.

De acuerdo al gráfico anterior, se debería considerar la factibilidad de emplear un Helibalde de la capacidad evaluada en la región. Esto por el menor tiempo entre intervalos de lanzamientos por misión, logrando un rápido control del incendio y disminuyendo con ello la permanencia de la aeronave en vuelo, aumentando la disponibilidad de ser empleado en otras misiones.

En esta región no existen limitantes importantes al momento de la búsqueda y del carguío desde la aeronave, como sucede en la Octava Región.

4.1.3 Número de lanzamientos por misión (n°/ misión).

Octava Región. De acuerdo a la Figura 3, más del 70% del total de misiones -considerando ambos sistemas- requirió de 3 lanzamientos para el control del incendio, condicionado

lo anterior, por el tipo de combustible afectado y sobre todo por el tamaño del foco al arribo de la unidad.

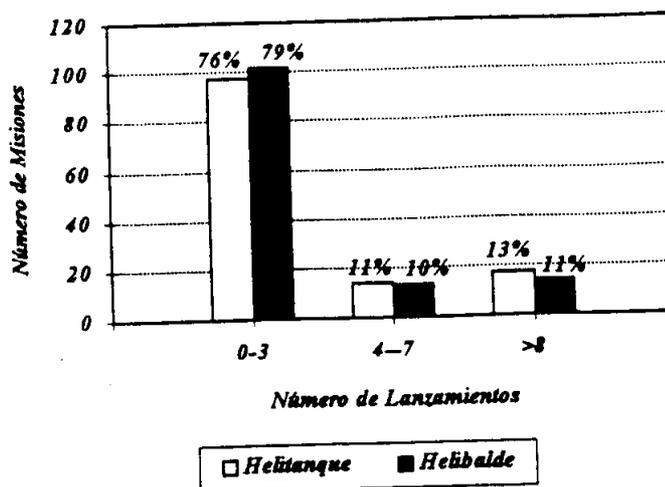


Figura 3 : Número de lanzamientos por misión en la Octava Región.

No se encontraron diferencias significativas entre los valores promedios del número de lanzamientos al interior de la región. Así mismo se comprueba igualdad de distribución al no existir diferencias entre intervalos.

Al respecto se debe destacar que la rapidez en el carguío, es una de las mayores ventajas al estar empleando un Helibalde en combate de incendios, siempre y cuando existan fuentes de agua profundas (sobre los 0,8 m). De no ser así, una alternativa es el contar con estanques de agua portátiles, homogéneamente distribuidos a través del área a proteger. El Helibalde, por su mayor capacidad, su bajo peso y la facilidad de montaje, es un equipo preferido por la mayoría de los pilotos extranjeros, debido a que los pilotos nacionales poseen poca experiencia en el empleo de

un Helibalde de capacidad superior a los 1000 litros (Pilotos de helicópteros, 1995).

En el Anexo 7 se especifican algunos estanques portátiles utilizados en operación de combate aéreo con helicóptero.

Novena Región. El mayor número de misiones se concentran en los primeros intervalos de número de lanzamiento (Figura 4). En consecuencia se observa que sobre el 80% del total de las misiones, registraron en promedio, 3 lanzamientos por misión. Lo anterior originó que no se encontraran diferencias significativas al 5% entre los valores promedios con cada uno de los sistemas.

Se debe considerar que a través del área de estudio, se localizó un mayor número de fuentes naturales de agua para el carguío con helicóptero obteniendo distancia promedio similares desde el foco a la fuente de agua (Tabla 7).

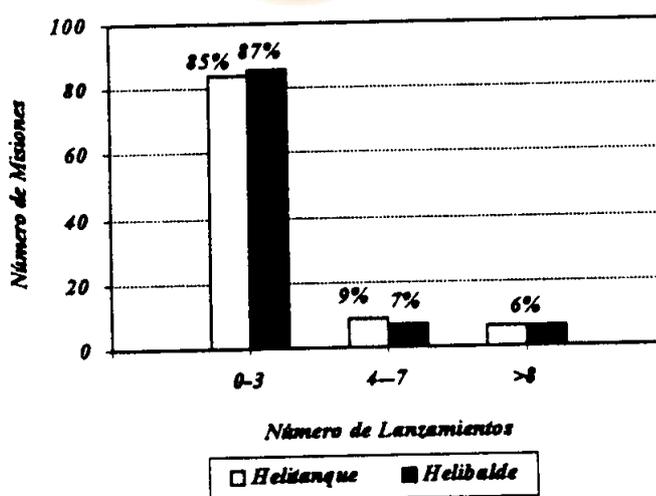


Figura 4 : Número de lanzamientos por misión en la Novena Región.

Al analizar la distribución, no se observan diferencias significativas entre cada uno de los intervalos considerados en la figura 4.

4.1.4 Tiempo de Operación (min/misión)

Octava Región. La figura 5 muestra la distribución de los tiempos de operación por misión, desde la llegada del recurso aéreo al lugar, hasta el control del incendio.

Estadísticamente se comprobó diferencias significativas al 5% entre los respectivos tiempos promedios de operación, siendo el Helitanque ostensiblemente superior al Helibalde con 18,5 y 17 minutos respectivamente, sobre el mismo número de misiones.

Del análisis de la distribución de los datos, se comprueba que no existen diferencias significativas entre intervalos.

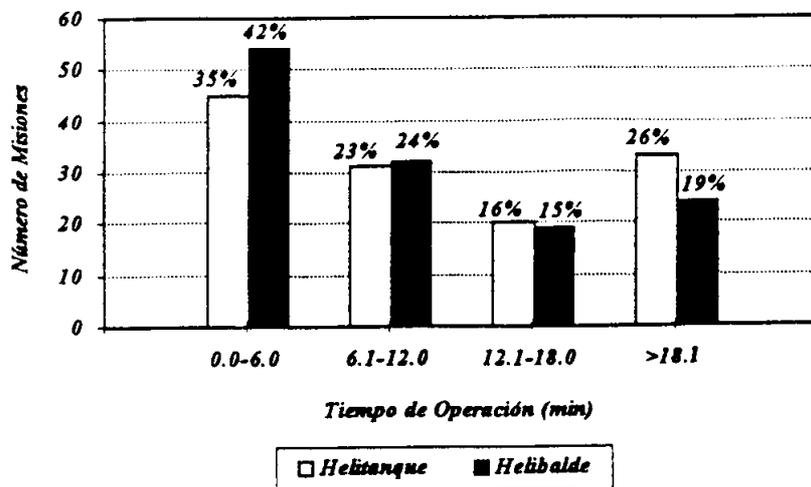


Figura 5 : Tiempos de operación por misión, en la Octava Región.

Novena Región. La Figura 6 muestra la distribución por intervalo de tiempo de las 99 misiones consideradas a través de la región. El análisis contempla los tiempos operativos desde la llegada de la unidad aérea al lugar afectado hasta el control del incendio.

Al respecto se observó que el mayor número de misiones se concentró en el primer intervalo de tiempo, en donde el Helibalde concentró el 59% del total de misiones, en comparación con el Helitanque el cual registra, en ese mismo intervalo de tiempo, el 47% del total. Sin embargo, no se detectaron diferencias significativas entre intervalos, como se observa en la Figura 6.

De igual manera, se comprueba la existencia de diferencias significativas al 5% entre los tiempos promedios de operación, obteniéndose tiempos de 11 y 8,3 minutos

respectivamente hasta la fase de control, siendo el Helitanque significativamente superior que el Helibalde.

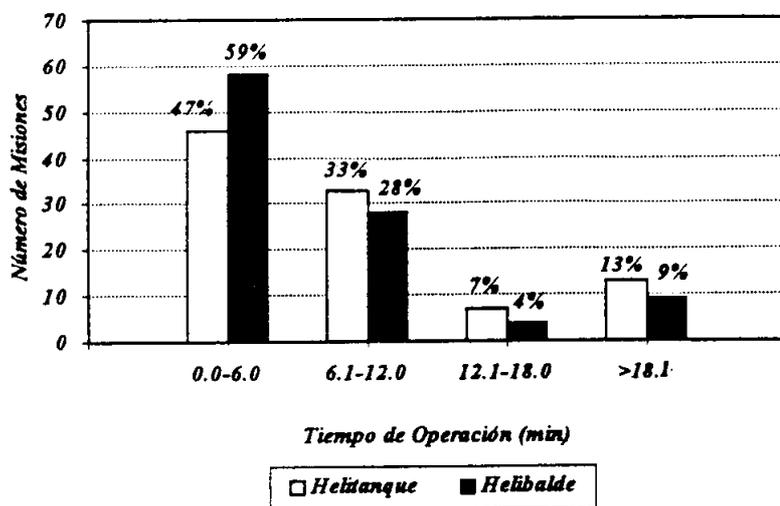


Figura 6 : Tiempo de operación por misión en la Novena Región.

Con respecto a lo anterior, se comprobó que el tiempo total de operación con helicóptero es afectado, fundamentalmente por la topografía del lugar y por la velocidad del viento. Considerándose que para un terreno con pendiente superior al 20% los tiempos totales de operación se ven incrementados entre un 2% a un 5%. Por lo que en todas aquellas misiones que fueron combatidas sobre un terreno con pendiente mayor al 20%, se asumió que los tiempos totales se ven incrementados en un 3,5%.

4.1.5 Costo de Operación (U.F./ misión)

Octava Región. El costo promedio en las operaciones de control, fueron de 14 y 11 U.F. para Helitanque y Helibalde respectivamente.

De acuerdo al análisis de igualdad de distribución no se detectaron diferencias significativas entre intervalos de costo (Figura 7).

No obstante, el análisis estadístico detectó diferencias significativas al 5% entre los respectivos costos promedios de operación para la región, siendo el sistema de Helitanque ostensiblemente superior que el sistema de Helibalde.

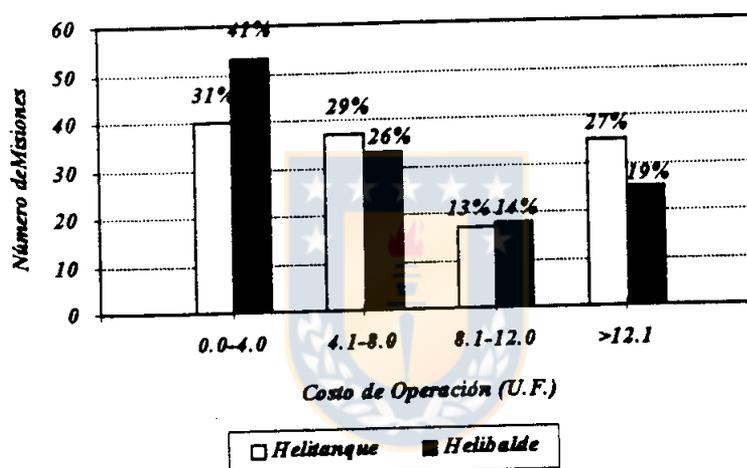


Figura 7 : Costos de operación por misión, en la Octava Región.

Novena Región. Para la región se determinó que el costo promedio en las operaciones de control del incendio fue de 8,3 y 5,5 U.F. para Helitanque y Helibalde respectivamente. De acuerdo a la figura 8, se puede observar que más del 50% del total de misiones analizadas con un Helibalde, arrojan los menores costos de operación en comparación con el 35% del total analizados con un Helitanque.

De acuerdo al análisis de igualdad de distribución, no se detectaron diferencias entre intervalos. No obstante, el análisis estadístico detectó diferencias significativas al 5% entre los valores promedios, en donde el sistema Helitanque tuvo un costo de operación significativamente superior al Helibalde.

En virtud del ahorro en U.F. por misión, se puede indicar que el Helibalde es más eficiente para ser empleado en combate con lanzamientos de agua o de solución de espuma. Este bajo costo operativo que experimentaron las operaciones con una Helibalde, se explica por el mayor número de lanzamientos en un menor tiempo, al encontrar una gran cantidad de fuentes naturales a través de la región para su abastecimiento.

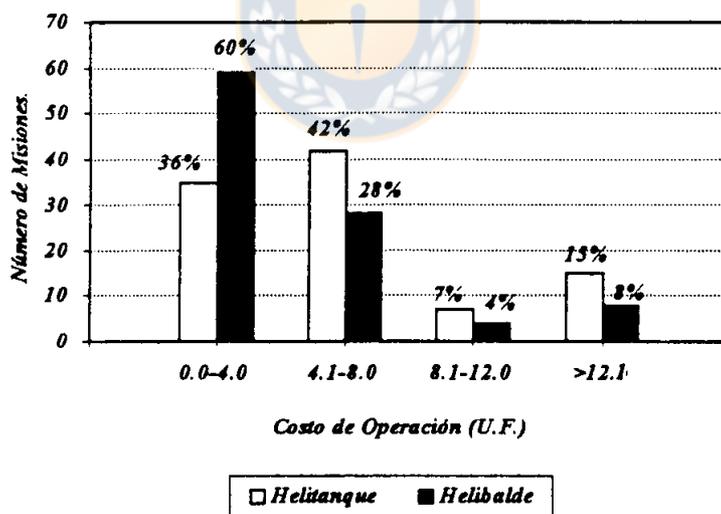


Figura 8 :Costos de operación por misión en la Novena Región.

Al analizar la distribución, se observan diferencias altamente significativas entre el primer intervalo y el correspondiente a 4,1 a 8 U.F., respectivamente.

Si bien es cierto, el análisis de los costos es importante en la toma de decisiones, la elección debe ir necesariamente acompañada de un análisis de las ventajas operativas de cada uno de los equipos, objetivo que debió desarrollarse y evaluar a través de una encuesta la que es abordada más adelante.

4.1.6 Proporción de lanzamientos y número de lanzamientos por misión (lt/misión/hr) y (n°/misión/hr)

Octava Región. El equipo que fue más eficiente en términos de agua lanzada por hora es el Helibalde, superando al Helitanque en el intervalo superior a los 27.000 litros. La Figura 9 muestra el comportamiento de las distintas misiones que fueron combatidas con ambos sistemas. Estadísticamente se registraron diferencias significativas al 5% entre los valores promedios de agua lanzada y entre los diferentes intervalos. Al respecto, el Helibalde fue significativamente más eficiente debido a la mayor cantidad de solución de espuma lanzada por evento (26.931,4 litros por misión, en una hora de operación).

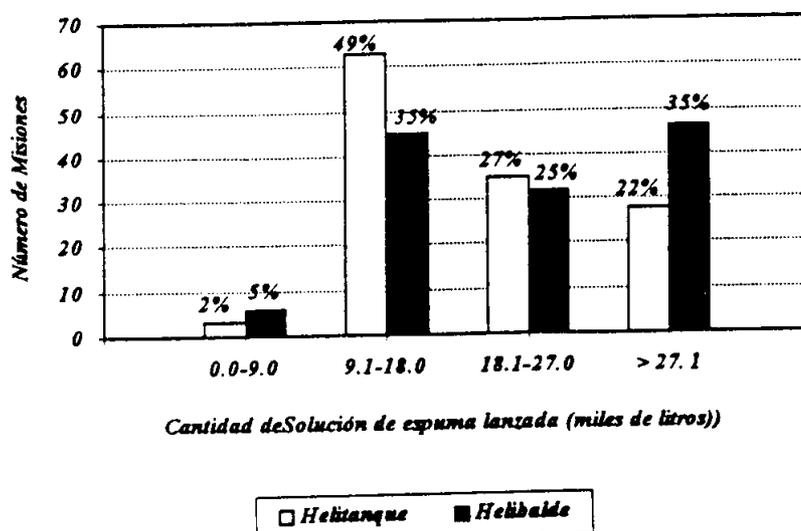


Figura 9 : Cantidad de solución de espuma lanzada para un tiempo fijo de operación por misión en la Octava Región.

De acuerdo al análisis de la distribución de los datos, se detectó diferencias significativas entre los intervalos 9,1 a 18 mil litros y en el intervalo mayor a los 27 mil litros de solución lanzada por misión.

Además, se detectaron diferencias en base al número total de lanzamientos en un tiempo fijo de operación, siendo superior el Helibalde con 17 lanzamientos por hora, en comparación con 15 lanzamientos al estar empleando un Helitanque (Figura 10).

La rapidez en el carguío, es una de las características más importantes al estar empleando un balde en combate con lanzamientos de agua, debido a que si al oportuno primer ataque se suma un menor tiempo entre intervalos de lanzamientos, se condiciona a priori el éxito en el control del incendio. Todo lo anterior si se considera al

helicóptero como único recurso y los demás factores atmosféricos no incidiendo sobre el comportamiento del fuego.

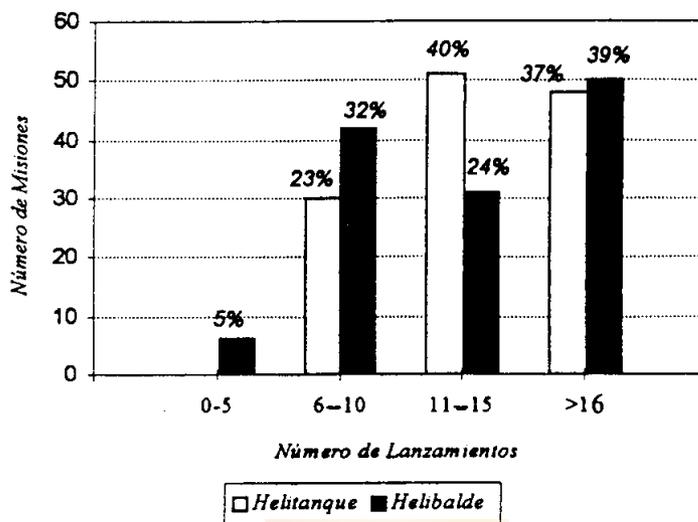


Figura 10 :Número de lanzamientos para un tiempo fijo de operación en la Octava Región (n°/misión).

De acuerdo al análisis de distribución se comprobó la existencia de diferencias significativas y altamente significativas entre el primer intervalo y el que fluctúa entre los 11 a 15 lanzamientos por misión, respectivamente.

Novena Región. De acuerdo a los valores promedios obtenidos, se comprobó que el Helibalde es capaz de lanzar una mayor cantidad de solución de espuma por misión en una hora de operación con un volumen promedio de 40.136,0 litros, siendo significativamente superior en comparación con el Helitanque, como se puede apreciar en la figura 11.

De igual modo el número de lanzamiento por hora, al utilizar un Helibalde, demostró ser ostensiblemente

superior que con un Helitanque, con 26 y 20 lanzamientos, respectivamente.

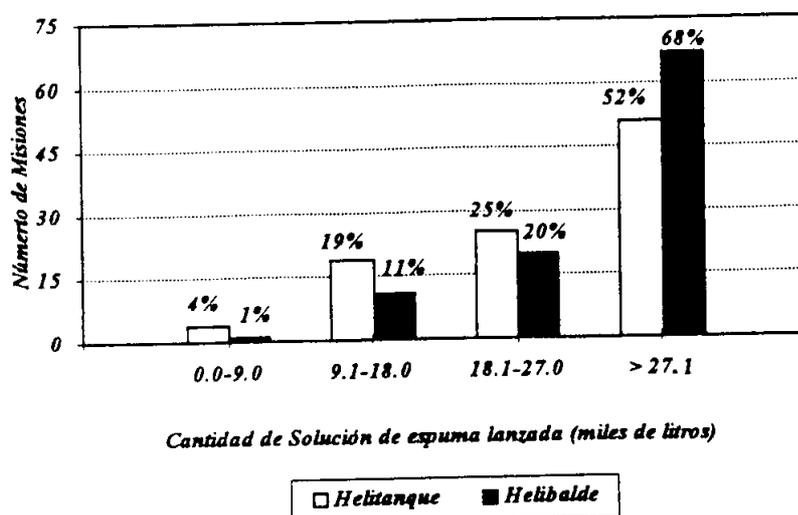


Figura 11 : Cantidad de solución de espuma lanzada, para un tiempo fijo de operación por misión, en la Novena Región.

El análisis de distribución determinó la existencia de diferencias significativas en el intervalo mayor a los 27 mil litros, lo cual se puede observar en el gráfico anterior.

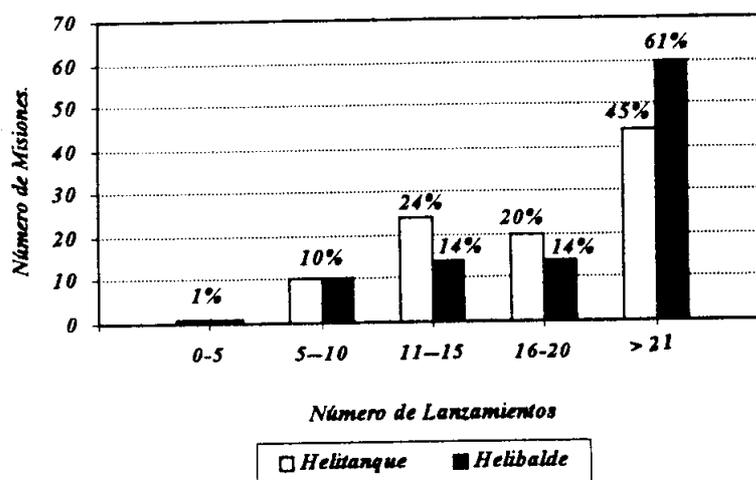


Figura 12 : Número de lanzamiento por misión, para un tiempo fijo de operación por misión, en la Novena Región.

El comportamiento, en término del número de lanzamientos por hora, fue similar al emplear ambos sistemas, esto se pudo verificar al igualar las respectivas distribuciones, no encontrándose diferencias significativas entre intervalos, como se puede apreciar en la figura anterior.

4.2. Antecedentes operativos (encuesta).

4.2.1. Experiencia en el empleo de los sistemas de combate con helicóptero (Helitanque y Helibalde) El 90% de los pilotos encuestados poseen experiencia en combate aéreo con helicóptero, superior a las 1000 horas de vuelo, y sobre el 75% de ellos un número superior a las 10 temporadas en incendios forestales. Su experiencia ha sido obtenida en Chile y en el exterior y en condiciones ambientales diferentes.

No obstante, sólo el 30% del total encuestado tiene experiencia directa en el empleo de un Helibalde de la capacidad que se analiza en este estudio. En el país se ha tendido al empleo de baldes de menor capacidad, encontrándose en algunas bases de operación equipos menores a los 800 litros.

Las exigencias en cuanto a las experiencias en el empleo de cada equipo es similar, sea en el uso de un balde o un estanque ventral incorporado, ya que aquí no sólo se requiere de un número determinado de horas de vuelo en combate con helicóptero sino que además, de la

capacidad, pericia y hasta de la destreza del piloto ante distintas situaciones de combate.

Algunas empresas que ofrecen los servicios aéreos en el país, exigen a sus pilotos tener una experiencia en combate de incendios forestales sobre las 3000 horas de vuelo, exigencias que son impuestas desde el exterior donde funciona su planta matriz. No obstante, la empresa o institución que contrata el servicio aéreo y de acuerdo a observaciones en terreno, avala el potencial de experiencia y la capacidad de los pilotos en el control de los incendios forestales con helicóptero.

4.2.2 Limitaciones Operativas. Tanto el Helibalde como el Helitanque provocan una disminución en la velocidad del móvil que fluctúa entre un 5 a 10%. Sin embargo, si se quiere mantener la velocidad, se debe adicionar una mayor potencia, en desmedro de un mayor consumo de combustible, disminuyendo la autonomía de vuelo de la aeronave y su capacidad de carga.

Al respecto, el tanque provoca resistencia inherente afectando en todo momento la velocidad del helicóptero. En el caso del balde esto es producido en las operaciones de combate y no en el traslado hacia el incendio por el hecho de no permanecer todo el tiempo incorporado en el helicóptero, aumentando a su vez, su carga útil.

Sin embargo en las operaciones con un Helibalde, el piloto debe buscar un lugar apropiado, libre de obstáculos, para posarse y activar él mismo el sistema, incurriendo en un

mayor tiempo que si estuviese con el equipo incorporado, como sucede al estar empleando un tanque ventral. Esta es una de las desventajas importantes al momento de decidir utilizar el balde como equipo para el lanzamiento de agua. De igual forma, por el hecho de no ir adosado al fuselaje de la aeronave, el balde presenta una menor estabilidad con respecto al tanque ventral, sobre todo cuando se presentan vientos fuertes.

Con ambos equipos se presentan dificultades en las operaciones en zonas confinadas (quebradas), debido principalmente a los vientos ascendentes, sotaventos y remolinos, al igual que las altas temperaturas, provocan heliturbulencias que dificultan la maniobrabilidad de la aeronave.

El mayor riesgo en operaciones de combate de incendios forestales con helicóptero no radica en el equipo que se esté empleando, sino que fundamentalmente cuando las condiciones meteorológicas, tales como visibilidad horizontal menor a 1000 metros, vientos superiores a los 40 nudos y techo de nubes bajo los 500 pies ponen en riesgo los vuelos visuales, coincidiendo esta apreciación con la entregada por el Servicio Forestal de España (ICONA, 1992).

Al respecto, si se asume que el motor de un helicóptero y todos sus componentes están operando satisfactoriamente, el nivel de operación de la aeronave, es dependiente de 3 grandes factores como son: La densidad altitud (densidad del aire), peso bruto, velocidad del viento: durante el despegue, en vuelo estacionario y en el aterrizaje.

Cualquier alteración de alguno de estos factores que afecte en forma negativa la operación con helicóptero, pone en riesgo las operaciones aéreas (Departament of Transportation. U.S. 1978).

De igual manera es de alto riesgo cuando en una paralización del motor las condiciones de altura y velocidad imposibilite al piloto poder realizar una autorrotación.

La pendiente y el viento son factores incidentes en los tiempos de operación con helicóptero. Se considera que un incendio sobre una pendiente superior al 20% estaría afectando entre un 2 a un 5% los tiempos operativos.

El tiempo que la aeronave debe incurrir para acomodarse, ya sea en la salida o en la aproximación desde o hacia un punto determinado, incide en los tiempos totales pero en un mínimo porcentaje. Al respecto se señala que en muchas ocasiones, conviene perder un poco de tiempo en efectuar el lanzamiento, con el propósito de efectuar una buena evaluación y planificación de lo que el jefe de incendio pretende lograr con el lanzamiento.

Frecuentemente cuando las condiciones ambientales son críticas los incendios pueden alcanzar un comportamiento altamente conflictivo, tornándose las operaciones aéreas extremadamente peligrosas.

Muy comunes son los incendios explosivos producidos por un cambio violento del ambiente donde se desarrolla un incendio forestal como consecuencia de un incremento, también violento y en un lapso muy corto, de la cantidad de energía que se está transfiriendo. Al respecto, cuando los incendios afectan a plantaciones de eucalipto adulto, dependiendo de las condiciones atmosféricas, provocan explosiones violentas con el peligro potencial de afectar en cada lanzamiento a la aeronave y sobre todo exponiendo en cada momento la integridad de la tripulación.

Son en estas situaciones en que el helibalde es recomendado por los pilotos para las operaciones con lanzamientos de agua o solución de espuma, debido fundamentalmente a que puede realizar los lanzamientos a una mayor altura pudiendo utilizar de ser necesario una línea larga para la realización de la descarga lo más alejado de las llamas.

Con respecto al efecto tierra sobre el helicóptero, se sostiene que si la aeronave está operando sobre pastizal o matorral, este tipo de combustible tiende a otorgar un acertado efecto de "colchón sustentador", requiriendo la aeronave de una menor potencia para sostenerse en vuelo, sobre todo durante un vuelo estacionario. Situación similar sucede en las operaciones de carguío sobre superficies acuosas.

Sin embargo, operaciones de carguío directo desde el mar pueden dispersar tal efecto, además de provocar efectos secundarios tales como la corrosión del estanque por la solución salina, o problemas directos en las turbinas del

helicóptero y, hasta de un efecto de inestabilidad o desequilibrio de la aeronave en posición estacionaria, inducido por la heliturbulencia que provoca el giro del rotor sobre la superficie del mar.

4.2.3. Estrategias en los lanzamientos. Son varios los factores que determinan de alguna manera las estrategias de combate con lanzamientos sobre un incendio forestal. Algunos de ellos son: el tamaño del foco al arribo de la unidad, característica del combustible afectado, pendiente, dirección y velocidad del viento, modelo de lanzamiento - el que a su vez, está influenciado por la velocidad y altura de los lanzamientos - y, lo que se quiere lograr con él, además de la visibilidad, altura de las llamas, características de la columna de convección, etc., e incluso hasta del sistema de comunicaciones tierra - aire.

A continuación se presenta la Tabla 7, donde se indican las variables determinantes en los lanzamientos sobre potenciales incendios forestales. Notar las semejanzas operativas entre ambos sistemas.

Tabla 7 : Variables promedios en operación de combate aéreo con lanzamientos de agua o solución de espuma sobre un incendio forestal.

Variabes	Helitanque	Helibalde
Velocidad de los lanzamientos (nudos)	10 a 60	10 a 60
Altura normal de los lanzamientos (m)	6 a 15	6 a 15
Tiempo remover el sistema (min/personas)	15 a 20 ⁴	5
Tiempo de carga (min)	1 a 1,5	0,25
Tiempo de descarga (seg)	5	5

La mayoría de los pilotos encuestados coinciden en señalar que se debe evitar los lanzamientos en forma estacionaria, éstos deberían hacerse a una velocidad superior a los 10 nudos ya que el golpe de agua puede provocar una mayor dispersión de cenizas candentes fuera del perímetro a controlar, provocando pavesas y con ello generando focos secundarios en las cercanías al incendio. Sin embargo con ambos equipos se debe regular la altura de los lanzamientos para evitar los efectos que producen las turbulencias del rotor de la aeronave en el incendio al estar más cerca de las llamas. El flujo del rotor del helicóptero dispersa cenizas hacia los lados activando el foco.

⁴Para remover el mecanismo se requieren, por lo menos, de dos personas

4.2.4. Aproximación al área de trabajo. El piloto, necesariamente siempre debe efectuar un reconocimiento a media altura, se debe determinar la velocidad y dirección del viento y la presencia de obstáculos y así planificar el área de entrada y de salida.

4.2.5. Sistema de descarga. Tanto el sistema de descarga desde un Helitanque como desde un Helibalde, es accionado directamente por el piloto, pudiendo en el caso del Helitanque, evacuar la totalidad del agua en un solo lanzamiento, o por compuertas evacuando la mitad de ellas en 2 oportunidades sucesivas, los tiempos promedios fueron de aproximadamente 5 segundos para ambos sistemas (descarga única).

4.2.6 Recomendaciones de números y frecuencias óptimas de lanzamientos por tipo de combustible afectado. En la tabla 8 se presentan cinco modelos de combustibles comunes en el país y de acuerdo a ellos se determinaron, en promedio, las frecuencias de lanzamientos óptimas en un ataque inicial con helicóptero, al igual que el número de lanzamientos por misión.

Las consideraciones para el respectivo análisis, fueron formuladas en la página 21 de este estudio.

Tabla 8 : Frecuencias y números de lanzamientos óptimos por tipo de combustible afectado

Modelo de combustible	Número de Lanzamientos por misión		Frecuencia Promedio de los Lanzamientos (min)	
	Helitanque	Helibalde	Helitanque	Helibalde
Praderas, pastizales estratos herbáceos no leñosos y cultivos agrícolas	1-3	1-2	4-6	4-6
Matorrales, arbustos y regeneración nativa	1-3	1-3	4-6	4-6
Arbolado nativo	2-4	2-4	4-6	4-6
Plantación joven - media (Pi o Eu) (< = 17 años)	2-3	3-4	4-6	4-6
Plantación adulta (Pi o Eu) (> a 17 años)	3-5	3-6	4-6	4-6
Desechos de cosecha forestal y roce	3-6	3-8	4-6	4-6

A continuación se entrega un resumen de las principales características de un incendio sobre algunos modelos de combustible mencionados en la tabla anterior. Al mismo tiempo se adjuntan las recomendaciones operativas dadas por los Pilotos encuestados de acuerdo al combate de potenciales incendios sobre estos tipos de combustibles (Pilotos de Empresa: Heli-works Ltda, y Aeromet Ltda. 1995).

1. Pastizales, estratos herbáceos no leñosos, cultivos agrícolas y praderas. Young (1991), señala que la propagación sobre estos combustibles, está gobernada por los combustibles herbáceos finos que están secos o casi secos. El incendio tiende a moverse rápidamente a través del pasto seco y materiales agregados. Además, el mismo autor indica que habitualmente en esta asociación existe muy poco matorral y arbolado, donde la altura media del pasto alcanza a un metro. Los incendios de pastizales se extienden rápidamente, pero su intensidad es relativamente baja, siendo imprescindible para el control, el oportuno primer ataque y una menor superficie afectada al arribo del recurso aéreo. Al respecto, el Helitanque fue más recomendado en términos de eficiencia sobre estos tipos de combustibles, por ser capaz de obtener una mayor dispersión del agua sobre el incendio. Esto último está dado por la velocidad del móvil, la altura de los lanzamientos y la regulación de sus flujos de salida de máximo a mínimo cuando corresponda, pudiendo descargar en forma parcializada o con retardo dependiendo del incendio. Lo anterior unido a un buen trabajo terrestre, permite el control de forma más eficiente y en menor tiempo.

2. Matorral. Julio (1991) describe el comportamiento del fuego sobre estos combustibles, como de rápida expansión, propagándose por las copas del matorral que forma un estrato continuo, consumiendo el follaje y el material leñosos finos vivo y muerto, en donde además del follaje inflamable, hay material leñoso que de alguna forma puede contribuir a la intensidad del incendio. En incendios

sobre matorrales se considera al helitanque como el sistema más eficiente, debido a la gran velocidad de propagación del incendio sobre estos combustibles, pudiendo el helitanque regular sus flujos de salida del agua, enfriando frentes de avances distintos. El número óptimo de lanzamientos por misión es de 1 a 3 para ambos sistemas, considerando una frecuencia óptima de lanzamientos no superior a los 65 minutos, una superficie al arribo no mayor a 0,1 ha y topografía plana. No obstante, cuando un incendio afecta sobre este tipo de combustible, con una superficie al inicio del combate superior a las 2 ha el recurso aéreo en forma independiente es ineficiente en términos de lograr por sí solo el control del incendio. Sin embargo, éste es controlado con recurso terrestre donde el helicóptero pasa a constituirse en forma inmediata, en una unidad de apoyo.

En base a lo anterior se puede apreciar la importancia de poder habilitar fuentes de agua, sean naturales o artificiales, de tal forma de disminuir el tiempo entre cada intervalo de lanzamiento, sobre todo si se emplea un balde o "bambi bucket".

3.Plantaciones forestales (Pino - Eucalipto). Se recomiendan entre 2 a 6 lanzamientos por misión siempre y cuando se trabaje con frecuencias o intervalos de lanzamientos no superiores a los 6 minutos y en donde los factores atmosféricos y topográficos no estén incidiendo directamente en el comportamiento del fuego. En incendios de piso bajo dosel (incendios superficiales), en donde se

requiere que el lanzamiento llegue al piso, el helibalde es más efectivo, permitiendo utilizar, de ser necesario, una cuerda larga o "long line" y así poder llegar más cerca del fuego o introducirse entre los árboles. Lo anterior, debido a que en lanzamientos con un sistema de helitanque se pierde parte importante de la carga por intercepción de las copas de los árboles. En cada lanzamiento se pretende obtener una eficiencia cercana al 100%, es decir, la seguridad de que la mayoría de la carga llegue al lugar indicado, sobre todo cuando el recurso agua sea escaso de obtener.

Desde el punto de vista operativo, el tipo de combustible que presenta los mayores riesgos en las operaciones de combate con helicóptero, son generalmente los incendios sobre plantaciones de Eucalipto adulto, debido a las eventuales explosiones del combustible generados por la volatilización de los gases producidos en la pirólisis al entrar en contacto con masas de aire. Esta es una reacción que puede afectar directamente a la aeronave y poner en peligro a la tripulación al realizar la aproximación de cada lanzamiento muy próximo a las llamas. Se ha considerado que esta operación es más arriesgada al utilizar un tanque ventral que un Helibalde, ya que al emplear este último, el helicóptero puede realizar los lanzamientos a una mayor altura.

4. Desechos de cosecha y roce. Incendios sobre estos combustibles son muy activos, propagándose rápidamente con intensidades altas y con generación de pavesas.

Cuando el incendio comienza, se propaga en forma continua

hasta que encuentra un corta fuego o se produce un cambio en el material combustible (Young, 1991). En incendios sobre estos combustible el número óptimo de lanzamientos por misión debe fluctuar entre 3 a 8 lanzamientos, siempre y cuando se considere una frecuencia de lanzamientos no superior a los 6 minutos, factores atmosféricos constantes, tamaño del foco no superior a 0,1 ha y el helicóptero realizando el control del incendio.

4.2.7 Algunas consideraciones para el carguío con un Helibalde. A continuación se proporcionan algunas recomendaciones para el carguío con un Helibalde desde vuelo estacionario :

Lo primero que se debe realizar es planificar para llegar a estacionario a unos 3 m (10 pies) de la fuente de agua. Si se permite que el balde toque el agua con un poco de velocidad horizontal, esto ayudará como ancla, producirá una actitud de nariz en la parte inferior del helicóptero, que podría ser peligrosa. En una buena aproximación, el balde debe tocar el agua justo adelante del flujo del rotor al llegar a estacionario.

Si se aproxima a estacionario (hovering) y se deja el balde fuera del agua, el balde se volará hacia adelante y se pueden enredar los cables, trabando el mecanismo de apertura. Para prevenir esta situación, no se debe sacar el balde o " bambi bucket " del agua hasta que se desenrede.

Es importante también que en la primera recogida del día, se deba probar la descarga antes de iniciar el trabajo. El gancho de carga debe estar activado para soltar el balde en caso de emergencia.

Es recomendable que el balde una vez lleno, el helicóptero deba volar a velocidad máxima de 75 nudos.

4.2.8 Algunas estrategias en el lanzamiento y en la aproximación. Con ambos equipos los lanzamientos pueden ser modificados con aumentos o disminuciones de la velocidad y altura de lanzamientos. Con Helibalde un lanzamiento rápido y alto causará gotas más chicas y una mayor dispersión. Un lanzamiento más lento y más bajo, causará gotas más concentradas y una menor dispersión. La velocidad promedio es de 40 a 50 nudos y a una altura de 15 m (50 pies).

En incendios de pastizales se pueden efectuar lanzamientos más rápidos para extender la cobertura, ya que necesita menor concentración para ser efectivos, se recomienda una altura de 25 m (80 pies) y una velocidad de 60 nudos.

En incendios de arbustos es conveniente concentrar un poco más el lanzamiento con velocidades entre 40 y 50 nudos y 15 m (50 pies) de altura.

En incendios de bosques el lanzamiento debe ser lo más concentrado posible, a unos 15 m (50 pies) y con velocidades entre 30 y 40 nudos (Pilotos Northern Mountain Helicopters. Heli - Works Ltda, 1995).

El tanque ventral es un depósito que tiene la gran ventaja de regular los flujos de salida de agua realizando el modelo de lanzamiento más acorde con las situaciones importantes. Esta es una de las características más importantes ya que la aproximación y el lanzamiento queda determinado no solo por la altura y la velocidad sino que por la abertura de sus compuertas regulando desde flujo máximo a mínimo como sea el caso.

4.2.9 Equipos recomendados. A continuación la Tabla 9 señala los equipos recomendados por el personal consultado de acuerdo al tipo de combustible afectado, y en donde las operaciones de combate de incendio han resultado ser efectivas.



Tabla 9: Equipo(s) recomendado (s) por modelo de combustible afectado.

Modelo de Combustible	Equipo Recomendado
Praderas, pastizales, estratos herbáceos no leñosos y cultivos agrícolas	Helitanque
Matorrales arbustos y regeneración nativa	Helitanque
Arbolado nativo	Helibalde
Desecho de cosecha	Helitanque
Plantación joven a media de pino y eucalipto (5 - 17 años)	Helitanque - Helibalde
Plantación adulta de pino (mayor a 17 años)	Helitanque - Helibalde
Plantación adulta de eucalipto (mayor a 17 años)	Helibalde

V CONCLUSIONES

La efectividad del combate aéreo con cada sistema va a depender, entre otros factores, de las características del incendio. Todos los incendios tienen comportamientos diferentes y cada uno proporciona distintos grados de incertidumbres, generándose estrategias de combate acordes a las condiciones que se enfrenten.

Sin embargo, de acuerdo al procedimiento y consideración dado en el punto 3.2.1 y al resultado de la encuesta, se pudo concluir lo siguiente:

5.1 Octava Región. Con el sistema de Helibalde se alcanzó una mayor proporción y número de lanzamientos por misión en una hora de operación. De igual forma, este mismo sistema obtuvo resultados de tiempo y costos promedios de operación significativamente inferiores a los registrados con un Helitanque, sobre el mismo número de misiones.

Sin embargo, el Helitanque obtuvo un menor tiempo entre intervalos de lanzamientos, así como también alcanzó un área de cobertura mayor para una frecuencia de lanzamiento dada, al disponer en esta región de un mayor número de fuentes de agua para su abastecimiento.

Debido a las ventajas operacionales que tiene el Helitanque, fundamentalmente en incendios sobre plantaciones adultas de coníferas, este sistema es

recomendado por la mayoría de los pilotos encuestados para su empleo al interior de la región.

5.2 Novena Región. El Helibalde resultó ser más eficiente al obtener un menor tiempo entre intervalos de lanzamientos, menor costo y tiempo de operación por misión. De igual forma obtuvo un mayor número y cantidad de solución de espuma a lanzar por misión en una hora de operación en comparación con el sistema de Helitanque. En esta región hay un número de fuentes de abastecimiento de agua para el carguío, favoreciendo la utilización de este sistema.

5.3 De acuerdo al tipo de incendios y nivel de operación.

En incendios sobre plantaciones adultas, el Helitanque y el Heliblade son efectivos. Sin embargo, en incendios de copa o de corona el Helibalde es más efectivo, debido a que presenta un menor en las operaciones aéreas, sobre todo en incendios sobre plantaciones de eucalipto adulto.

En incendios de piso bajo dosel, en donde se requiere que el lanzamiento llegue al piso, el Helibalde en la mayoría de las misiones ha demostrado ser más efectivo.

En incendios sobre pastizal, matorral o plantación joven de pino o eucalipto, el Helitanque es más eficiente, por ser capaz de obtener una mayor dispersión del agua sobre el incendio. De acuerdo a lo anterior, se pudo observar que la mayor ventaja del Helitanque es precisamente el poder

regular la salida del agua, pudiendo atacar frentes distintos y con mayor dispersión lo que en definitiva, conlleva a un uso más eficiente del recurso agua, sobre todo cuando éste sea escaso de obtener.

En términos operativos, la encuesta señala al Helibalde como más eficiente en el combate sobre árboles nativos.

Para una superficie inicial afectada mayor a las 2 ha y considerando un menor tiempo entre intervalos de lanzamientos, se concluye que las operaciones de combate dejan de ser eficientes debido al alto número de lanzamientos a realizar para el control del incendio, todo lo anterior independiente del sistema de combate que se esté empleando.

Con ambos equipos existe una disminución de la velocidad de la aeronave que fluctúa entre un 5% a 10%. No obstante el tanque ventral al permanecer incorporado a la aeronave desde la salida hasta la llegada a la base, provoca resistencia inherente afectando en todo momento la velocidad del helicóptero.

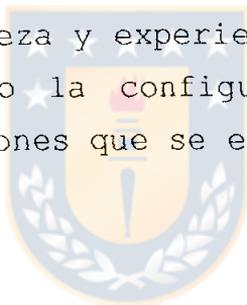
En la mayoría de las misiones al emplear un balde, el mismo piloto debe activar el sistema generando ciertas incomodidades y pérdidas de tiempo en la búsqueda de un lugar seguro y libre de obstáculo para poder posarse sin problemas.

La necesidad de acomodarse del helicóptero ya sea en el despegue como en la aproximación desde o hacia un punto

determinado, tiene una mínima incidencia en los tiempos totales de operación.

Ambos equipos presentan dificultad en operaciones en zonas confinadas (quebradas). Al respecto se señala que pendientes del terreno superiores al 20% están afectando entre un 2% a 5% los tiempos totales de operación.

El reducido diámetro de la compuerta de un balde (bambi bucket) es una de las mayores desventajas al emplearlo en combate, ya que se limita a un solo modelo de lanzamiento. Sin embargo, este modelo queda determinado regulando la altura y la velocidad de los lanzamientos todo ello, unido a la capacidad, destreza y experiencia del piloto al operar el sistema, otorgando la configuración más apropiada de acuerdo a las condiciones que se enfrenten.



VI RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados generados por esta investigación, no se debe descartar el empleo de un Helibalde en ninguna de las dos regiones que fueron analizadas. Al respecto es conveniente contar con estanques portátiles a través de la VIII Región para abastecer de agua al Helibalde de la capacidad mencionada y solucionar de esta manera, el problema de fuentes de agua poco profundas cuando se emplee un equipo de mayor capacidad.

Los estanques podrían ser homogéneamente distribuidos en lugares de mayor índice de ocurrencia de incendios o en su efecto, habilitar tranques en áreas comunes (entre distintos propietarios). De ser así, esta información necesariamente deberá incluirse en cartografía Georeferenciada, identificando los lugares adecuados para el carguío de agua y ser manejada por las centrales de operación, al igual que por los pilotos de helicópteros de combate y jefes de incendio. Lo anterior, con la finalidad de minimizar el tiempo en la búsqueda de un lugar apropiado para cargar y disminuir los riesgos inherentes en las operaciones aéreas, al carecer el piloto de una buena visibilidad. Los lugares seleccionados deben ser identificados a través de coordenadas G.P.S. aumentando con ello, la precisión en la localización.

Es importante mencionar la falta de experiencia de los pilotos chilenos en el empleo de un Helibalde de la capacidad analizada en este estudio, lo cual

representar una de las mayores dificultades al decidir futuras operaciones con balde de mayor capacidad.

Finalmente, debe señalarse que este estudio comparativo es preliminar, y sólo se podrá concluir categóricamente en virtud de observaciones de operaciones reales, de tal manera de incorporar una mayor información en cuanto a las características atmosféricas, de combustible, así como las topográficas y de operación, tales como los modelos de lanzamientos generados por Helibaldes de mayor capacidad, que los actualmente utilizados.



VII RESUMEN

Se realizó una simulación de las operaciones de combate de incendios forestales en dos áreas de estudio, cubriendo un área cuya zona de respuesta fue de 20 min (50 km de radio).

El objetivo del estudio fue el establecer una comparación entre los sistemas Helitanque y Helibalde en dos regiones del país, para el combate de incendios forestales con lanzamientos de solución de espuma supresante, a partir de un helicóptero Bell 205 A-1.

De acuerdo al análisis de 129 misiones al interior de la Octava Región, se comprobó que el Helitanque obtuvo un menor tiempo entre intervalos lanzamientos, así como una mayor área de cobertura debido al mayor número de fuentes naturales de agua para su abastecimiento. Sin embargo, el Helibalde en la misma zona de estudio, obtiene un menor tiempo y costo de operación por misión, así como una mayor proporción y número de lanzamientos en una hora de operación.

En la Novena Región se comprobó que de un total de 99 misiones, el Helibalde resultó ser más eficiente que el Helitanque al obtener un menor tiempo entre intervalos de lanzamientos, un menor tiempo y costo de operación por misión, un mayor número y cantidad de solución de espuma a lanzar en una hora de operación.

De acuerdo al nivel de operación, la encuesta señaló al Helibalde como el sistema mejor adaptado al combate sobre bosques adultos de eucaliptos y en bosque nativo. Sin embargo, en incendios sobre plantaciones adultas de pino el sistema Helitanque fue el más recomendado.

No obstante lo anterior, es necesario considerar que el éxito en el combate empleando cada sistema dependerá, además de los parámetros analizados anteriormente, de las características de los incendios, unido a la experiencia de los pilotos ante distintas situaciones de combate.



VIII SUMMARY

A simulation of the firefighting the operation on forest was carried in two different areas study - the Eighth and Ninth Regions. Covering an area with a twenty minutes radio. The objective of this study was to compare the helitank and helibucket system to be used for firefighting in those regions - Eighth and Ninth - the fire control was due by application of foam, using a Bell 205 A-1 helicopter.

According to the analysis of one hundred and twenty nine missions in the Eighth Region, it was proved that the helitank system has a shorter drop intervals, and that at the same time, a larger area was covered. It was due to the significant amount of natural water sources available in that part of ther country. However, in the same study area, the helibucket system spent lesser time and lower cost of operation per mission than ther helitank, together with a higher proportion and number of drops per mission during one hour of operation.

Due to the operational advantages of the helitank on fires produced over adult plantations ; this system is recommended by the majority of the pilots surveyed in the Eighth Región.

Nevertheless, in the Ninth Region, it was proved trhat from a total of ninty nine missions analysed the helibucket

came to be more efficient than the helitank, because of its shorter drop intervals, lesser time and lower cost of operation per mission, and a higher amount of foam applied per hour.

With respect to the level of operation, and in spite of the lack of experience using a large capacity system, the survey demonstrated that the helibucket is the best system to be used, especially upon fires on adult eucalyptus and native forests.

Notwithstanding, the success of the firefighting will depend upon the parameters described previously together with the characteristics of fires, as well as the pilots experience on different fighting conditions.



IX BIBLIOGRAFIA

- Amigo, M 1981. Evaluación de Modelos de Lanzamientos de agua, mediante el empleo de Helibalde. Tesis de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile, Santiago, Chile. 128 p.
- Amigo, M. 1992. Antecedentes de Servicio de Helitanque, pp.67 -70. En Actas IX Jornadas de Evaluación de Manejo del Fuego. Consejo Técnico, Conaf/Empresas Forestales. Concepción, Chile.
- Arancibia, C. 1981a. Operaciones Aéreas. Pautas para la Construcción y Rehabilitación de Helipuertos y Helipistas. Publicación mimeografiada. Corporación Nacional Forestal. Concepción, Chile.
- Arancibia, C. 1981b. Apuntes de Curso: Despachadores de Centrales de Operaciones, P.M.F. Conaf-Universidad Austral de Chile, Módulo N°6 Operaciones. Operación Helicóptero. Escuadrón 9 - 13 noviembre.
- Armstrong, K. 1994. Bambi Bucket Report.Sei Industries. British Columbia, Canada.
- Canadian Forestry Service. Non/date. Aircraft Specification Manual. Alberta Forestry Lands and Wildlife.

- Canavos, G. 1988. Probabilidad y estadística. Aplicaciones y métodos. Mc Graw - Hill. Madrid. 651 p.
- Cerda, I., Abalos y J. Olavarría. 1992. El Sector Forestal en Chile. Logros y Desafíos, Informe Técnico N° 129. Instituto Forestal. Santiago, Chile. 166 p.
- Conover, W. 1971. Practical Nonparametric Statistics. John Wiley and Sons Inc. 462 p.
- Corporación Nacional Forestal. 1992. Estadísticas de Ocurrencia y Daño de Incendios Forestales Temporadas 1964 a 1991. Informe Estadístico N°34. Santiago, Chile. 53 p.
- Corporación Nacional Forestal. 1995. Un Freno al Fuego, Revista Chile Forestal. N° 224: 16-17
- Del Pedregal, J. 1992. Análisis Comparativo entre Helicópteros, pp. 20-22. En Actas IX Jornadas de Evaluación en Manejo del Fuego. Consejo Técnico Conaf/Empresas Forestales. Concepción, Chile.
- Frontier Helicopters Limited. 1989. Description of the Bell 205/212. Canada. 10 p.
- Giroz, G. 1984. Estudio comparativo de Aviones y Torres de Observación como Sistemas Alternativos de Detección de Incendios Forestales en Chile. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 139 p.

- Julio, G. 1986. Publicación Docente, Manejo del Fuego. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 70 p.
- Julio, G. 1991. Aplicaciones del Simulador Behave en el Manejo del Fuego en Chile. Taller Internacional de Modelos Forestales. Instituto Forestal. Santiago, Chile.
- Julio, G. 1992. Estudio de Propiedades Físicas de Modelos de Combustibles Forestales, Instituto Forestal. Santiago, Chile. 108 p.
- Manquírez, M. 1993. Evaluación del Helitransporte en la Movilización de Unidades de Combate de Incendios Forestales. Tesis de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 135 p.
- Mella, J. 1991. Uso del Agua en Combate de Incendios Forestales. Publicación interna. Sociedad Forestal Millalemu S. A. Area Temuco. 20 p.
- Medel, R. 1977. El Clima en el Comportamiento de los Incendios Forestales en Chile. Tesis de Ingeniería forestal, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 276 p.
- Ministry of Forests. Non/date. Helicopter Management. Student Workbook. S-370 (B.C.). Province of British Columbia. Fire Suppression Trainig. Canada.

- Naranjo, J. 1989. Estudio de Retardantes de Incendios forestales, Tesis Ingeniería Forestal, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 85 p.
- Rocuant, C. 1993. Diseño de un Método para Definir Prioridades de Intervención de Cortacombustibles en Plantaciones de Pino Radiata. Tesis de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 67 p.
- Sei Industries. 1994. Bambi Bucket, The New Industry Standard. Canada.
- Servicio Forestal Nacional de España (ICONA.) 1992. El Helicóptero en la lucha contra los Incendios Forestales. Características del Helicóptero para esta función. Documento interno.
- Simard, A. 1978. An Air Tanker Productivity Computer Simulation Model application. Forest Fire Research Insitute. Information Report. FF-X-69. Ottawa, Ontario. 17 p.
- Sociedad de Protección de la Región del Bío Bío (SPBB). 1995. Guía para la Coordinación de Recursos Aéreos en el Combate de incendios Forestales. Documento interno.

Tapia, R. 1992. Evaluación Preliminar de las Operación del Helicóptero Bell 205 A-1 "Helitanker" en el Combate de Incendios Forestales, pp. 71 - 76. En Actas IX Jornadas de Evaluación de Manejo del Fuego. Consejo Técnico CONAF / Empresas Forestales. Concepción, Chile.

Department of Transportation Federal. Aviation Administration. 1978. Basic Helicopter Hand book. Ac 61-13 B. Flight Standards Service. U.S.A.

The National Wildfire Coordinating Group (NWCG). 1993. N.F.E.S. 2390. Interagency Helicopters Training Guide. S-217. Student Workbook. Helicopter World. Civil Helicopter Specifications. 177-188 p. U.S.A.

Villagrán, C. 1993. Localización de Fuentes de Agua para el carguío con Helicóptero Bell 205 Helitanque y recurso Terrestre. Sociedad de Protección del Bío Bío/ CONAF. Concepción, Chile. 125 p.

Westby, S.1984. A self- Loading and off-loading System for the Bell 205 Multi-purpose Helitanker. Province of British Columbia, Ministry of Forest, 15 p.

Wilson, K. 1973. The Helicopter Bucket - A Versatile Tool, USDA. Forest Service. Fire Management. 34(3):15.

Young, R. 1991. Introducción a las Ciencias Forestales. Editorial Noriega Limusa. 631 p.

X. APÉNDICES



ENCUESTA

ANTECEDENTES DEL ENCUESTADO

- RESPONSABLE DE LA INFORMACIÓN :
- PROFESIÓN/ACTIVIDAD :
- ESPECIALIDAD :
- INSTITUCIÓN :
- NÚMERO DE HORAS DE VUELO EN COMBATE
DE INCENDIOS FORESTALES :
- NÚMERO DE TEMPORADAS DE INCENDIOS
FORESTALES COMBATIDOS :



1. Señale los equipos donde existe una mayor pérdida de autonomía y velocidad del helicóptero, limitada en línea de vuelo y descarga.

a) Helibalde

b) Helitanque

Obs.: Considere cada equipo cargado con solución de espuma y suponiendo un combate aéreo bajo las mismas condiciones topográficas, atmosféricas y de combustible afectado.

2. En Operación de Combate de incendios forestales con estos helicópteros (Bell 205 A-1), señale el número mínimo de horas de vuelo que son necesaria al utilizar :

SISTEMA	EXPERIENCIA DEL PILOTO (Horas de vuelo mínimas)
Helitanque (1360 lts)	
Helibalde (1590 lts)	

3. A continuación considere el análisis en operación de combate de incendios forestales con lanzamientos de solución de espuma.

Situación 1 : Al emplear un helibalde de 1590 litros de capacidad en operación de combate, por el hecho de llevar una carga colgante ¿la velocidad de la aeronave disminuye?. Señale con una X y justifique brevemente :

a) Si

b) No

a) La disminución, es menor al 5% de la velocidad de la aeronave

b) La disminución es entre 5% a 10% de la velocidad de la aeronave

c) La disminución es entre 11% a 20% de la velocidad de la aeronave

d) La disminución es superior al 20% de la velocidad de la aeronave.

Situación 2 : Por el hecho de ir adosado al fuselaje de la aeronave, ¿existe disminución de la velocidad del helicóptero, al estar empleando un tanque ventral de 1360 litros de capacidad el cual va cargado con solución de espuma ?. Señale con una X:

a) Si

b) No

Si es a) indique:

- a) La disminución es menor al 5% de su velocidad
- b) La disminución es entre los 5% a 10% de su velocidad
- c) La disminución es entre los 11% a 20% de su velocidad
- d) La disminución es superior al 20% de su velocidad

4. Con respecto a la pregunta anterior. Si en algunos de los casos existe una disminución del 5% de la velocidad de la aeronave, señale con una X :

	HELITANQUE	HELIBALDE
a) Disminución es menor o igual al 1% de su velocidad.		
b) Disminución es entre 2 a 3% de su velocidad.		
c) Disminución es entre un 4% a 5% de su velocidad.		

5. Con respecto a las operaciones con helibalde de 1590 litros y con un helitanque de 1360 litros de capacidad, indique en forma aproximada (cifras promedios):

PARAMETROS	HELITANQUE	HELIBALDE
Velocidad de los lanzamientos (nudos)		
Altura normal de los lanzamientos (metros)		
Tiempo remover el equipo (min/persona)		
Tiempo incorporar el equipo (min/persona)		
Tiempo de carguío (min.)		
Tiempo de descarga (seg)		

Obs.: En el caso del helitanque, considerar un tanque removible marca "Conair".

6. Indique la profundidad media para el carguío con un helibalde de 1590 litros de capacidad, desde vuelo estacionario :

- a) Menor a 0,5 m
- b) Entre los 0,5 a 1,0 m
- c) Superior a 1,0 m

7. En relación al efecto tierra sobre el helicóptero (HIGE o HOGE), señale a través de la siguiente escala de riesgo, ya sean en operaciones de combate como en el carguío desde vuelo estacionario, el equipo que presente una mayor dificultad. Señale con una X:

	HELITANQUE	HELIBALDE
Riesgo alto		
Riesgo medio		
Riesgo bajo		

8. A continuación, se presentan cinco grupos de Modelos de Combustibles presentes en Chile, los cuales se encuentran en la Octava y Novena Región. Al respecto, sólo considerando el tipo o modelo de combustible, indique cuál debería ser, en promedio, la frecuencia máxima de lanzamientos en un ataque inicial con helicóptero y suponiendo la aplicación de solución de espuma de corta duración sobre un incendio forestal.

Considere su análisis bajo el supuesto de :

- a) Superficie promedio al arribo de 0,2 ha
- b) Una sola modalidad del lanzamiento
- c) Pendiente del terreno media (11% a 20%)
- d) Presencia de viento en forma irregular
- e) Intensidad del viento media (5 a 10 Km/hr)
- f) En el caso de plantaciones, considere una densidad media de 800 a 1200 árboles/ha.

MODELO DE COMBUSTIBLE	HELITANQUE		HELIBALDE	
	Frecuencia promedio de lanzamiento (min)	Número promedio de lanzamientos por misión	Frecuencia promedio de lanzamiento (min)	Número promedio de lanzamientos por misión
Praderas, pastizales, estratos herbáceos no leñosos y cultivos agrícolas				
Matorrales, arbustos y regeneración nativa.				
Arbolado nativo adulto				
Plantación Joven				
Plantación adulta				
Desechos de cosecha forestal				

Observaciones :

9. Solo considerando el tipo de combustible, recomiende según su experiencia, el equipo de combate de incendios forestales más conveniente y efectivo. Considere los supuestos dados en pregunta anterior :

Señale con una X :

MODELO DE COMBUSTIBLE	EQUIPO DE COMBATE	
	TANQUE VENTRAL	BALDE
Praderas, pastizales, estratos herbáceos no leñosos y cultivos agrícolas.		
Matorrales, arbustos y regeneración nativa.		
Plantación Joven		
Plantación adulta		
Desechos de cosecha forestal		

10. Un terreno con una pendiente promedio igual a 20% ¿Incide sobre los tiempos totales de operación con helicóptero?(número total de horas de vuelo en combate de incendios forestales).

Señale con una X : a) Sí b) No

Si su respuesta es afirmativa, indique :

- a) Menor o igual al 1% de los tiempos operativos
- b) Entre el 2% al 5% de los tiempos operativos.
- c) Entre el 5% al 10% de los tiempos operativos.
- d) Mayor al 10% de los tiempos operativos.

11. IMPRESIÓN PERSONAL (Comentarios) :

Tabla 1b : ANTECEDENTES DEL PERSONAL ENCUESTADO

NOMBRE	Prof./Actividad	Especialidad	Institución	Número horas de vuelo en combate de I.F.	Número de temporadas en combate de I.F.
Carlos Arhens	Piloto Comercial	Helicópteros y aviones	AEROMET	1600	11
Jerry Cutter	Piloto comercial	Helicópteros y aviones ¹	Northern Mountain Helicopters	6000	20
Gustavo Concha	Piloto Comercial	Helicóptero	AEROMET	1300	13
Luis Hiribarren	Piloto comercial	Helicóptero	AEROMET	1000	7
Randi Meszaros	Piloto comercial	Helicóptero	Northern Mountain Helicopters	1000	18
Juan Pardo	Jefe brigada Helitransportada	Incendios forestales	forestal Mininco S.A.	-----	13
Rodolfo Schmielids	Piloto comercial	Helicóptero	AEROMET	1000	8
Mario Santana	Jefe operaciones	Incendios forestales	PROFOR Ltda	1200	16
Michael Mc Clelland	Piloto comercial	Helicóptero	AEROMET	4000	18
Horacio Escobar	Piloto comercial	Helicóptero	AEROMET	2300	8

¹ Inspector Jefe de Empresa Northern Mountain Helicopters.

Foto N°1 : Helicóptero Bell 205 A-1, con estanque marca Conair de 1360 litros de capacidad.



Foto N°2 : Detalle de la conexión del agua al estanque. Se observa la manguera conectada a una válvula de succión.

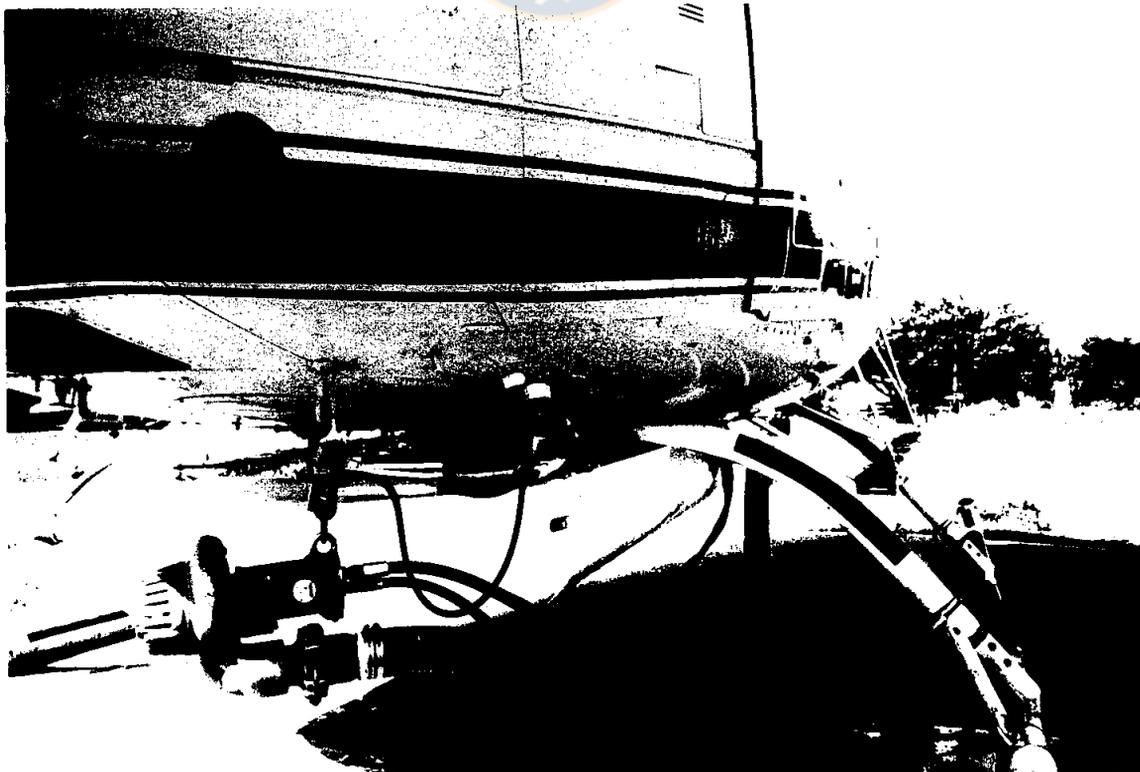


Foto N°3 : Despliegue en tierra de un balde o "bambi bucket" antes de ser enganchado directamente en el fuselaje de la aeronave, un Bell 206 B. En el caso de un Helicóptero Bell 205 A-1 se emplea un balde de mayor capacidad (1.590 litros)



XI . ANEXOS



ANEXO 1 : Especificaciones técnicas del helicóptero Bell 205 "Helitanque"

FABRICANTE	: BELL	
MODELO	: BELL 205 A-1	
Turbina	: 1 LYCOMING	
Pasajeros	: 14	
Peso	: Bruto : 4.309 kg.	Util : 1.895 kg
	: Vacio : 2.415 kg.	
	Carga colgante : 2.268 kg.	
Dimensiones	: Largo : 12,6 m	Ancho : 4,6 m
	: Alto : 4,4 m	Diámetro del rotor : 18,3 m
Performance	: Techo de Servicio	: 4.880 m
	: Tasa de Ascensión	: 512 m/min
	: Velocidad Máxima	: 105 nudos
	: Velocidad Crucero	: 90 nudos
	: Alcance	: 500 Km.
	: Autonomía	: 02 :30 hr
Capacidad de combustible	: Estanque Standard:	812 lt
	: Auxiliar	: 681 lt
Consumo de combustible	: 316 lt/hr	

FUENTE : Manríquez, 1993

ANEXO 2 : Especificación de las características del tanque ventral (conair)

Carga Normal agua/retardante	: 1360 lt
Carga Espuma	: 175 lt
Longitud del tanque	: 419 cm
Ancho del tanque	: 125 cm
Altura del tanque (puertas cerradas)	: 43,2 cm
Altura del tanque (puertas abiertas)	: 67,3 cm
Peso del tanque	: 198 Kg.
Número de puertas	: 2
Accionar de las puertas	: Hidráulicas
Velocidad de los lanzamientos	: 40 a 80 nudos
Altura Normal de los lanzamientos	: 22 a 30,5 m
Tiempo remover el tanque	: 15 min
Tiempo de carguío	: 1 a 1,5 min
Precio aprox. (Abril, 1994)	: US\$ 100.000 ¹

FUENTE : Empresa de Helicópteros FRONTIER, 1989.

¹AEROMET. 1994. Comunicación personal

ANEXO 3 : Especificación del modelo de balde ("bambi bucket")

MODELO	3542
CAPACIDAD	1.590 lt
PESO CARGADO	1.655 kg
PESO VACÍO	65 kg
PRECIO APROX. (Enero 1994)	US\$ 6.135

Fuente : Empresa Sei Industries, Canadá

ANEXO 4 : Cantidades mínimas de retardantes para los modelos de combustibles definidos por el National Fire Danger Rating System" de U.S.A.

Nivel de cubrimiento (lt/m ²)	Recomendada para : Modelo de combustible	Descripción
0,41	A	Hierbas, tundras y desierto arbustivo
0,81	C	Bosques de coníferas con sotobosque herbáceo
0,81	F	Arbusto con abundante material verde
1,21	D	Arbustos menores de 1,8 metros de altura
1,21	E	Capa de litera de bosques de maderas duras, después de perder las hojas
1,21	H	Bosques cerrados de coníferas con capa de litera solamente.
1,61 o más	B	Chaparral duro y otros arbustos inflamables de 1,8 metros de altura
1,61 o más	G	Bosque maduro de coníferas cerrado con capa de litera y ramas muertas.
1,61 o más	I	Desechos de explotación de coníferas

Fuente : Swanson y Luedecke. Citado por Amigo en 1981

ANEXO 5 : Grupo de combustible

GRUPO PRELIMINAR DE COMBUSTIBLES	MODELO DE COMBUSTIBLE
I	Praderas, pastizales, estratos herbáceos no leñosos y cultivos agrícolas
II	Matorrales, arbustos y regeneración nativa
III	Arbolado nativo
IV	Plantaciones forestales
V	Desechos de explotación forestal a tala rasa y roce

Fuente : Julio, G. 1992

ANEXO 6 : Baldes (bambi bucket).Lista de precios y especificaciones
(Todos los precios en dólares americanos a enero de 1994)

MODELO	CAPACIDAD lt.	PESO CARGADO (Kg)	PESO VACIO (Kg)	PRECIO (US\$)
8096	365	395	30	3240
9011	410	440	30	3350
1012	455	490	35	3535
1214	545	580	35	3745
1518	680	715	35	4340
1821	795	835	50	4995
2024	910	960	50	5220
2732	1225	1280	55	5350
3542	1590	1655	65	6135
4453	2000	2065	70	7290
5566	2500	2585	90	8575
7590	3405	3510	110	10105
HL5000	5000	5115	120	11590
HL7600	7570	7690	135	14995
HL9800	9840	9985	165	17685

ANEXO 7 : Tanque de agua portátiles ("Buoywall). Lista de Precios y Especificaciones.
(Precios en dólares americanos a enero de 1994)

MODELO	CAPACIDAD Litros	PESO VACIO Kg.	PRECIO (US\$)
500	2270	15	695
1000	4545	22	1220
1500	6820	29	1415
2500	11365	38	2155
4000	18185	56	3425
5000	22730	59	4615
12000	54550	113	8455

FUENTE : SEI INSDUSTRIES. CANADÁ. 1994.

