

U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I O N
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
Departamento de Manejo de Bosques y Medio Ambiente

**"ESTUDIO DE RENDIMIENTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS
DE FUEGO DESDE EL PUNTO DE VISTA ERGONÓMICO"**



ANDRÉS EDUARDO SOTOMAYOR FAHRENKROG

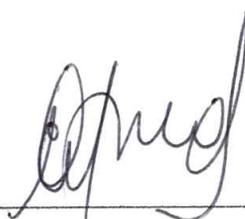
MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE
INGENIERO FORESTAL.

CONCEPCIÓN-CHILE

2001

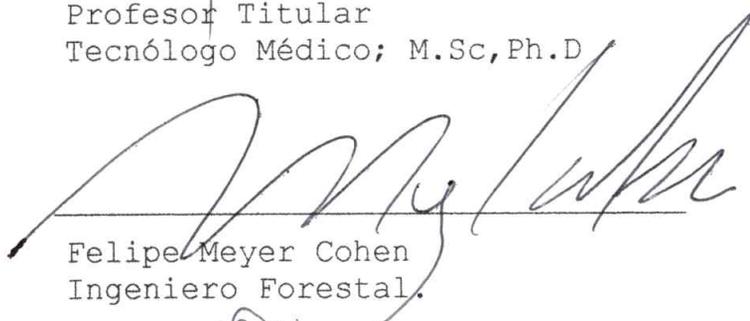
**ESTUDIO DE RENDIMIENTOS EN LA CONSTRUCCIÓN DE LÍNEAS
DE FUEGO DESDE EL PUNTO ERGONÓMICO.**

Profesor Asesor



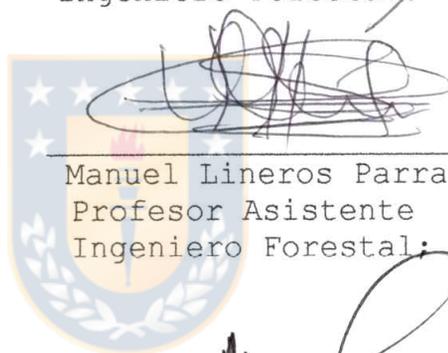
Elías Apud Simon
Profesor Titular
Tecnólogo Médico; M.Sc, Ph.D

Profesor Asesor



Felipe Meyer Cohen
Ingeniero Forestal.

Director Departamento
Manejo de Bosque y
Medio Ambiente



Manuel Lineros Parra
Profesor Asistente
Ingeniero Forestal; M. Sc.

Decano Facultad de
Ciencias Forestales



Fernando Drake Aranda
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal.

Calificación de la memoria de título:

Elías Apud Simon : 90 puntos. (Noventa puntos)

Felipe Meyer Cohen : 90 puntos. (Noventa puntos)

INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA	
I	INTRODUCCIÓN.....	1
	1.1 Objetivos.....	6
	1.1.1 Objetivo general.....	6
	1.1.2 Objetivos específicos.....	6
II	MATERIAL Y METODO.....	7
	2.1 Materiales.....	7
	2.2 Equipos de trabajo de los brigadistas....	8
	2.3 Descripción de la técnica de trabajo de las brigadas.....	8
	2.4 Duración de las ensayos.....	8
	2.5 Grupo de trabajo.....	9
	2.6 Area de estudio.....	9
	2.6.1 Antecedentes generales.....	9
	2.6.2 Primer estudio.....	10
	2.6.3 Segundo estudio.....	11
	2.6.4 Tercer estudio.....	12
	2.7 Descripción de las variables medidas en terreno.....	13
	2.8 Análisis estadístico.....	16
	2.8.1 Diseño experimental.....	16
III	RESULTADOS Y DISCUSION.....	17
	3.1 Características de las brigadas involucradas en cada estudio.....	17
	3.2 Primer estudio.....	18
	3.3 Segundo estudio.....	20

CAPITULOS	PAGINA
3.4 Tercer estudio.....	22
3.5 Análisis final.....	24
IV CONCLUSIONES.....	28
V RESUMEN.....	30
VI SUMMARY.....	31
VII BIBLIOGRAFIA.....	32
VIII APÉNDICE.....	34
8.1 Análisis de varianza para los diferentes estudios.....	34
8.1.1 Análisis de varianza para el primer estudio.....	34
8.1.2 Análisis de varianza para el segundo estudio.....	35
8.1.3 Análisis de varianza para el tercer estudio.....	36
8.2 Coeficiente de correlación por rangos de Spearman para los diferentes estudios.....	37
8.2.1 Coeficiente de correlación por rangos de Spearman para el primer estudio.....	37
8.2.2 Coeficiente de correlación por rangos de Spearman para el segundo estudio.....	38
8.2.3 Coeficiente de correlación por rangos de Spearman para el tercer estudio.....	38

INDICE DE TABLAS

TABLA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1. Brigadas involucradas en los ensayos.....	9
2. Pendientes de los ensayos.....	13
3. Indice de calidades.....	14
4. Grupo de suelos en los diferentes estudios.....	15
5. Peso del combustible para cada estudio.....	15
6. Edad, peso, estatura, porcentaje de masa grasa(MG) kilogramos de masa grasa(KGMG), kilogramos de masa libre de grasa(KGMLG) de los integrantes de las diferentes brigadas.....	17
7. Resultados de los ensayos realizados con la brigada 312 perteneciente a Forestal Mininco S.A.....	18
8. Resultados de los ensayos realizados con la brigada Aguila 3 perteneciente a Forestal Monteáguila S.A.....	20
9. Resultados de los ensayos realizados con la brigada 310 perteneciente a la Sociedad de Protección del Bío Bío.....	22
10. Resultados para cada estudio.....	24
<u>En el Apéndice</u>	
11. Análisis de varianza para la variable rendimiento.....	34
12. Análisis de varianza para la variable calidad.....	34

TABLA N°	PAGINA
13. Análisis de varianza para la variable carga cardiovascular.....	35
14. Análisis de varianza para la variable rendimiento.....	35
15. Análisis de varianza para la variable calidad.....	35
16. Análisis de varianza para la variable carga cardiovascular.....	36
17. Análisis de varianza para la variable rendimiento.....	36
18. Análisis de varianza para la variable calidad.....	36
19. Análisis de varianza para la variable carga cardiovascular.....	37
20. Valores del coeficiente de correlación por rangos de Spearman.....	37
21. Valores del coeficiente de correlación por rangos de Spearman.....	38
22. Valores del coeficiente de correlación por rangos de Spearman.....	38

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1. Area del primer estudio.....	10
2. Area del segundo estudio.....	11
3. Area del tercer estudio.....	12



I INTRODUCCION.

Chile es un país que cuenta con gran cantidad de recursos forestales. Las características del clima y otros factores que favorecen el crecimiento de plantaciones, han impulsado el desarrollo del sector forestal.

De la superficie continental chilena (75,7 millones de hectáreas), el patrimonio de características forestales comprende el 45% del territorio; donde las plantaciones se concentran en la zona centro sur del país, el bosque nativo en la zona sur, mientras que en la zona norte central predomina la vegetación de tipo esclerófilo y praderas naturales (Haltenhoff, 1999).

Desde fines del siglo pasado la actividad forestal basada principalmente en plantaciones forestales ha ido gradualmente adquiriendo mayor importancia en la economía nacional. Este crecimiento se vio acentuado a partir de la década del setenta, principalmente por la aplicación por parte del estado chileno, de políticas de subsidios a la forestación y al manejo de bosques, de beneficios tributarios a la actividad forestal y de políticas de estímulo a la exportación de productos forestales. Es así, como la superficie cubierta por plantaciones forestales ha aumentado en los últimos 20 años a aproximadamente 2 millones de hectáreas.

Dentro del sector forestal existen una serie de variables que afectan constantemente las plantaciones forestales, entre las cuales destacan los incendios forestales.

Los incendios forestales en Chile se presentan principalmente entre los meses de noviembre y abril de cada año; concentrados en las regiones V, VIII y X, donde la ocurrencia alcanza al 60% del total de siniestros (Lagos 1998). Esto se debe principalmente a ciertas variables como la alta inflamabilidad de la vegetación, el clima seco y caluroso en verano y el descuido de pobladores y turistas.

En Chile, el número promedio de siniestros por temporada alcanza a los 5.211 incendios, afectando una superficie promedio de 53.430 hectáreas por temporada, con la siguiente distribución porcentual; 27% bosque nativo, 50% praderas y matorrales y 15% plantaciones forestales. (Conaf, 2000).

Es importante destacar que el número de incendios no tiene relación directa con el daño en superficie causado por los mismos, ya que según Lagos (1998) menos del 1% del número de incendios totales causan el 62% del daño.

Las pérdidas directas en plantaciones se estiman en US\$ 29.927.600 y las pérdidas directas de vegetación natural en US\$ 25.704.000. En el cálculo de los costos indirectos, profesionales del manejo del fuego, tanto de organismos fiscales como privados, señalan que los costos directos deben ser multiplicados por cuatro para la estimación de los costos indirectos, que son todas aquellas pérdidas de fertilidad del suelo y la contaminación del agua y aire. La suma total de los costos es de US\$ 279 millones (Lagos, 1998).

A estas cifras debe sumársele la inversión en el combate de los incendios forestales, donde el Estado destina a través de la CONAF alrededor de US\$ 6 millones por año y las Empresas Privadas en conjunto US\$ 12 millones en el mismo periodo. Por lo tanto, se invierte anualmente en el combate de incendios forestales US\$ 18 millones. En síntesis, de la información analizada se concluye que el costo de los incendios forestales es muy alto para el país, ya que asciende a US\$ 297 millones anuales (Lagos, 1998).

Los incendios forestales no solo tienen una incidencia a nivel económico sino que además tienen una fuerte repercusión en las comunidades expuestas a estos, como también en los trabajadores que desempeñan tareas de combate del fuego.

Entre las muchas causas de accidentes laborales que afectan a los combatientes se encuentran aquellas atribuibles a las condiciones climáticas, topografía del terreno, inflamabilidad del combustible y aquellas relacionadas con la sobrecarga fisiológica durante el combate del fuego.

En el sector forestal chileno hay conciencia de la importancia de estos problemas. Es así que algunas instituciones han desarrollado acciones de innovación tecnológica. CONAF (1999) elaboró las "Primeras bases de un Plan Nacional de Prevención de Accidentes" cuyo objetivo es desarrollar tecnologías apropiadas para prevenir y controlar accidentes. En estos aspectos también colaboran las Mutualidades de Seguridad, que han editado documentos, con orientaciones de cómo prevenir riesgos durante el combate de incendios forestales (ACHS, 1998).

Por su parte, el Departamento Forestal de Fundación Chile comunicó una "Propuesta de nuevas estrategias para enfrentar los incendios forestales en Chile" que está orientado a rediseñar la institucionalidad, definir roles y alternativas de gestión, fundamentando sus argumentos en aspectos económicos.

Al analizar el trabajo que realizan los combatientes es posible observar que se encuentran sometidos a un arduo trabajo físico, el cual pierde eficiencia debido a que muchas veces los métodos, técnicas, herramientas y equipos son inadecuados, lo que podría llevar a causar no sólo accidentes, enfermedades y fatiga innecesaria, sino que también baja productividad; es por ello que se hace necesario utilizar criterios ergonómicos en el diseño y planificación del combate.

El término Ergonomía, que deriva del griego (ergo=trabajo, nomos=leyes), se emplea en la actualidad para identificar una multidisciplina preocupada de la adaptación del trabajo al hombre. Su propósito es mejorar el rendimiento y la calidad del trabajo, pero protegiendo a los trabajadores de accidentes y enfermedades ocupacionales y fomentando el bienestar laboral.

Esta disciplina fue definida como "El estudio del hombre en el trabajo, con el propósito de lograr un óptimo sistema hombre-tarea, en el cual pueda mantenerse un adecuado balance entre el trabajador y las condiciones laborales"(Zander, 1986).

En otras palabras, la Ergonomía es una disciplina que actúa como un puente entre la Biología Humana y la Ingeniería, poniendo a disposición de esta última, conocimientos de las capacidades y limitaciones humanas que deben ser utilizados para un buen diseño del trabajo.

Uno de los aportes principales de la Ergonomía es su carácter anticipativo e innovador, ya que tiende a crear utensilios, herramientas, máquinas, accesorios, puestos de trabajo y sistemas, sean estos de uso industrial o doméstico, que se adapten a las aptitudes de los seres humanos.

Por esta razón, uno de los grandes esfuerzos de la Ergonomía es proporcionar conocimientos de las capacidades y limitaciones humanas para que puedan ser utilizados en el diseño del trabajo. En este sentido se enmarca la problemática del combate de incendios forestales y es por lo que el presente trabajo trata de establecer rendimientos en la construcción de líneas de fuego, uno de los trabajos más importantes en el combate de incendios.

La línea de fuego se define como "faja despejada de vegetación hasta el suelo mineral, normalmente de 0.4 a 1 metros de ancho, construida manual o mecánicamente, durante un incendio forestal con el fin de cortar la continuidad del combustible y detener la propagación del fuego en incendios superficiales o subterráneos" (Julio, 1999).

El estudio se efectuó como parte del Proyecto Fondef D99I1072 "Aplicaciones ergonómicas para el aumento de la eficiencia operacional en el combate de incendios forestales", que se está desarrollando en el Laboratorio de

Ergonomía de la Universidad de Concepción con la participación de Forestal Mininco S.A., Forestal Monteáguila S.A., Sociedad de Protección del Bío Bío, Forestal Arauco S.A., Corporación Nacional Forestal, Asociación Chilena de Seguridad y Corporación Chilena de la Madera.

1.1 Objetivos.

1.1.1 Objetivo general.

- Determinar el número de personas que deben componer una cuadrilla dentro de márgenes aceptables de esfuerzo físico, rendimiento y calidad de trabajo .

1.1.2 Objetivos específicos.

- Establecer rendimientos en la construcción de líneas de fuego basados en indicadores fisiológicos y técnicos para tres tipos diferentes de combustible y tres configuraciones diferentes de cuadrilla.
- Conocer el esfuerzo físico a que están sometidos los combatientes forestales en la construcción de líneas de fuego.

II MATERIAL Y METODO.

2.1 Materiales.

En las mediciones en terreno se utilizaron los siguientes materiales:

- Huincha de distancia.
- Cronómetros
- Hipsómetro Suunto
- Set Polar-Electro de bandas torácicas emisoras y reloj receptor-grabador de funciones cardíacas instantáneas multimomento.
- Formularios de tiempos, rendimientos, observaciones y de condiciones del lugar.

2.2 Equipos de trabajo de los brigadistas.

En la construcción de las líneas de fuego se utilizaron los siguientes equipos y herramientas.

- Herramientas de los brigadistas : Motosierra, Mc Leod
- Equipos de los brigadistas : Cascos, trajes, guantes, botas y otros.

En relación a las herramientas utilizadas para construir la línea de fuego, no existe una regla fija respecto a la secuencia de herramientas a utilizar, porque ello depende de las características del terreno, del modelo de combustible, de la cantidad de combatientes en la línea y de la empresa, pero en este caso, la secuencia y las herramientas utilizadas fueron iguales para cada una de las brigadas involucradas.

La secuencia y las herramientas quedaron definidas de la siguiente manera, un motosierrista como primer hombre, para luego ser seguido solamente por combatientes con Mc leod.

2.3 Descripción de la técnica de trabajo de las brigadas.

Para la construcción de la línea de fuego se utilizó el método progresivo como sistema de organización de los hombres, que consiste en que aquellos van avanzando como unidad, sin cambiar su posición relativa en la línea. La unidad de trabajo es la cuadrilla cuyos hombres van separados por una distancia de 1 a 3 metros. Cada hombre, a medida que va avanzando va ejecutando una parte del trabajo en forma tal, que al último componente de la cuadrilla le corresponde completar totalmente la construcción de la línea (Brown y Davis, 1973). Este método permite un mejor aprovechamiento del personal y herramientas, facilita la supervisión y permite que el trabajo se realice con mayor seguridad frente a posibles accidentes.

2.4 Duración de los ensayos.

Los ensayos fueron realizados en horas de la mañana y estos tuvieron una duración de 15 minutos. El tiempo se comenzó a medir desde que el último hombre de la cuadrilla comenzó con su trabajo hasta la distancia que cubrió al finalizar el tiempo. Los ensayos se desarrollaron sin presencia de incendios debido a la peligrosidad que ello implicaba y además por normas de seguridad de las empresas.

2.5 Grupo de trabajo.

Los ensayos se realizaron con tres brigadas diferentes, cada una de ellas trabajó en un predio distinto, y para cada brigada se utilizaron tres configuraciones distintas de cuadrilla (4, 6 y 8 combatientes). El número de combatientes con los cuales se efectuaron los ensayos se definió en base a los criterios utilizados regularmente por las empresas.

Todos los combatientes eran jóvenes y poseían un nivel homogéneo, tanto de instrucción en la materia como preparación física para llevar adelante la construcción de líneas de fuego.

Tabla 1. Brigadas involucradas en los ensayos.

Estudio	Empresa	Brigada
1	Forestal Mininco S.A.	312
2	Forestal Monteáguila S.A.	Aguila 3
3	Sociedad de Protección del Bío Bío	310

2.6 Area de estudio.

2.6.1 Antecedentes generales.

La investigación fue llevada a cabo en diferentes predios de empresas forestales de la Octava Región. Esta se realizó en la época de incendios forestales de la temporada 2000-2001, correspondiente a los meses de verano, y se dividió en tres estudios, cada estudio se efectuó en un predio diferente y fueron separados por tipos generales de combustible, 2 en plantaciones de *Pinus radiata* D. Don y 1 en *Eucalyptus globulus*.

2.6.2 Primer Estudio.

El estudio se realizó en el predio "ESCUADRON" ubicado en la Provincia de Concepción, Comuna de Coronel, latitud 36°56`34" longitud 73°6`58" perteneciente a la Empresa Forestal Mininco S.A. La superficie total del predio es de 3011.8 hectáreas. Los ensayos se realizaron en un rodal de *Pinus radiata* D.Don con una edad de 12 años, un volumen de 282 m³/ha con tratamientos silvícolas de poda y raleo. El sotobosque estaba compuesto por retamillas (*Teline monspessulana*), acículas de pino, y algunas ramas en descomposición. El suelo era del grupo de suelos arenosos perteneciente a la serie Arenales. En la figura 1, se observa el área donde se realizó el estudio.



Figura 1. Area del primer estudio

2.6.3 Segundo Estudio.

El estudio se realizó en el predio "INSUNZA" ubicado en la Provincia de Arauco, Comuna de Lota, latitud $37^{\circ}0'6''$ longitud $73^{\circ}7'0''$ perteneciente a la Empresa Forestal Monteáguila S.A.. La superficie total del predio es de 407.1 hectáreas. Los ensayos se realizaron en un rodal de *Eucalyptus globulus*, con una edad de 7 años y con 1667 arb/ha, sin tratamientos silvícolas. El sotobosque estaba compuesto por retamillas (*Teline monspessulana*), zarzamoras (*Rubus ulmifolius*), hojas y ramas delgadas de eucaliptos tanto recientes como en estado de descomposición. El suelo era del grupo de suelos metamórficos perteneciente a la serie Nahuelbuta. En la figura 2, se observa el área donde se realizó el estudio.



Figura 2. Area del segundo estudio.

2.6.4 Tercer Estudio.

El estudio se realizó en el predio "SAN RAMÓN Y CANGREGILLO" ubicado en la Provincia de Concepción, Comuna de Lota, latitud $36^{\circ}52'32''$ y longitud $72^{\circ}47'58''$ perteneciente a la Empresa Forestal Bío Bío S.A. La superficie total del predio es de 252.6 hectáreas. Los ensayos se realizaron en un rodal de *Pinus radiata* D. Don, con una edad de 17 años, un volumen de 300 m³/ha y con 500 arb/ha, con tratamientos silvícolas de poda y raleo. El sotobosque estaba compuesto por retamillas (*Teline monspessulana*), zarzamoras (*Rubus ulmifolius*), y arbustos pequeños con diámetros (< 5 cm), tales como boldos (*Peumus boldus*), maquis (*Aristotelia chilensis*), y aromos (*Acacia dealbata*). El suelo era del grupo de suelos graníticos perteneciente a la serie San Esteban. En la figura 3, se observa el área donde se realizó el estudio.



Figura 3. Area del tercer estudio.

2.7 Descripción de las variables medidas en terreno.

En terreno se midieron las siguientes variables :

- **Rendimiento.** El rendimiento fue calculado para 15 minutos de trabajo y fue expresado en metros.
- **Temperatura.** Se midió la temperatura cada 5 minutos durante el ensayo. Esta fue medida en grados celcius.
- **Ancho de la línea.** Se registró el ancho de la línea cada 5 minutos. Esta debía tener entre 0.8 a 1.0 metro de ancho.
- **Pendiente.** Se midió con hipsómetro Suunto para los diferentes ensayos en cada estudio. En la tabla 2 se puede observar la pendiente promedio para cada estudio.

Tabla 2. Pendientes de los ensayos

Estudio	Rango	Pendiente Promedio (%)
1	0%	0
2	5% - 10%	9.8
3	10% - 20%	15.1

- **Calidad.** Se registró de acuerdo a la calidad del raspado. (si es que habían logrado raspar hasta el suelo mineral o si quedaban restos por donde podía pasar el fuego). Para definir la calidad de la línea se realizaron 3 parcelas en cada línea cada 5 minutos de 1 metro por 1 metro, en las cuales se registró el porcentaje de raspado que había sido logrado.

Tabla 3. Índice de calidades

Calidad	Porcentaje de raspado	Caracterización
1.0	100 %	100% de suelo mineral expuesto
1.1 - 2.0	99%-85%	Entre un 99% y 85% de suelo mineral expuesto
2.1 - 3.0	84%-70%	Entre un 84% y 70% de suelo mineral expuesto
3.1 - 4.0	< 70%	Menos de un 70% de suelo mineral expuesto

- **Suelo.** Se registró el grupo y la serie de suelo de cada uno de los estudios. En la tabla 4, se puede observar el grado de cohesión de los diferentes grupos de suelo, lo que nos muestra la resistencia del suelo a tensiones mecánicas o manipulaciones.

Tabla 4. Grupo de suelos de los diferentes estudios

(Apuntes de Edafología. Raúl Raggi. 1997)

Estudio	Grupo de Suelos	Serie	Textura dominante	Grado de cohesión de las partículas
1	Arenosos	Arenales	Arenosa	Muy poca cohesión
2	Metamórficos	Nahuelbuta	Franco arcillosa	Media-alta cohesión
3	Graníticos	San Esteban	Arcillosa	Alta cohesión

Nota: los estudios se realizaron en suelos no perturbados.

- **Estado del combustible.** Se registró en el lugar más representativo del rodal, según el método australiano para estimar el peso del material vegetal existente entre el suelo mineral y una altura de 1.7 metros.

Tabla 5. Peso del combustible para cada estudio.

Estudio	Peso (Kg/m ²)	Descripción del combustible
1	3.3	Retamillas y acículas de pino
2	3.9	Retamillas, zarzamoras, hojas y ramas de eucaliptos recientes y en estado de descomposición
3	5.0	Retamillas, zarzamoras, arbustos con diámetro < a 5 cm, como boldos, maquis y aromos

- **Porcentaje de Carga Cardiovascular (% C.C.).** Se define como la expresión porcentual del aumento de la frecuencia cardíaca entre el reposo y el máximo estimado. Se calcula de la siguiente manera:

$$\% \text{ C.C.} = ((\text{FCT}-\text{FCR}) / ((220-\text{Edad})-\text{FCR}) *100$$

C.C. = Carga Cardiovascular. (%)

F.C.T. = Frecuencia Cardíaca de trabajo.

F.C.R. = Frecuencia Cardíaca de reposo.

2.8 Análisis Estadístico.

2.8.1 Diseño Experimental.

Para evaluar el efecto de las variables medidas (rendimiento, calidad y carga Cardiovascular) en los diferentes tratamientos se utilizó un análisis de varianza para un diseño completamente aleatorio. En aquellas variables en que el análisis de varianza arrojó diferencias significativas se realizó el test de comparaciones múltiples de Tukey pero extendido por Spjotvoll y Stoline (cuando las muestras no son del mismo tamaño); con el fin de determinar entre que tratamientos existen diferencias. Por otra parte se utilizó el coeficiente de correlación por rangos de Spearman para determinar la existencia de relación entre las distintas variables.

III RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Características de las brigadas involucrados en cada estudio.

En la tabla 6, se presentan los resultados de las características físicas de los diferentes brigadistas que participaron en cada estudio en cuanto a edad, peso, estatura, porcentaje de masa grasa (MG), kilogramos de masa grasa (KMG), y kilogramos de masa libre de grasa.(KMLG)

Tabla 6. Edad, peso, estatura, porcentaje de masa grasa (MG), kilogramos de masa grasa (KMG), y kilogramos de masa libre de grasa de los integrantes de las diferentes brigadas.

Estudio	Brigada	Edad Promedio (años)	Peso Promedio (Kg)	Estatura Promedio (metros)	% MG	KMG	KMLG
1	312	24.5	69.6	1.71	12.5	8.8	60.7
2	Aguila 3	23.9	68.3	1.68	16.2	10.9	56.1
3	310	25.9	74.4	1.65	16.3	12.4	61.9

Si comparamos los datos de los diferentes estudios que se observan en la tabla 6, con el estudio de Apud, et. al (1993), que tipifica al trabajador forestal chileno, estos nos revelan que las brigadas involucradas en los estudios son representativas de estos.

3.2 Primer Estudio.

A continuación se presentan y discuten los resultados obtenidos en el segundo estudio con la brigada 312 perteneciente a Forestal Mininco S.A.

Tabla 7. Resultados de los ensayos realizados con la brigada 312 perteneciente a Forestal Mininco S.A.

	Número De brigadistas	Min.	Max.	Promedio	D.E	Número de ensayos	Fc
Rendimiento (m)	4	115.0	155.0	137.0	16.5	4	6.48
	6	140.9	158.0	151.6	9.3	3	
	8	166.0	176.0	170.7	5.0	3	
Calidad	4	1.0	2.5	1.6	0.7	4	2.76
	6	1.0	1.0	1.0	0	3	
	8	1.0	1.0	1.0	0	3	
C.C. (%)	4	68.2	75.0	71.9	2.9	4	3.32
	6	66.1	70.5	67.8	2.9	3	
	8	70.6	73.6	72.4	1.6	3	

De los resultados obtenidos en la tabla 7, se puede observar que en el rendimiento existe una diferencia significativa entre los tratamientos, y que el mayor rendimiento se produce con las cuadrillas compuesta por 8 personas (170.7 m), existiendo una diferencia significativa de 33.7 metros mayor que las cuadrillas de 4 personas, no

así con la de 6 personas, debido que esa diferencia es de solamente 19.1 metros¹.

Al observar la calidad del trabajo, se puede ver que no existe una diferencia significativa entre trabajar con 4, 6 u 8 personas en las cuadrillas², obteniéndose una calidad 1, 100% de suelo mineral expuesto, con las cuadrillas compuestas por 6 y 8 personas. En cambio para las cuadrillas compuestas de 4 personas la calidad es de 1.6, que si bien no es malo se puede ver que existieron variaciones.

Para la carga cardiovascular se observa que no existe una diferencia significativa entre los tratamientos³, obteniéndose una menor carga cardiovascular (67.8%), con las cuadrillas compuestas por 6 personas, con una diferencia de tan sólo un 4.1% y 4.6% menos que las cuadrillas compuestas de 4 y 8 personas respectivamente.

Considerando lo dicho anteriormente, se puede decir que si bien se obtuvo un mejor rendimiento (170.7 m) al trabajar con 8 personas en las cuadrillas, éste no es significativo con respecto a las cuadrillas de 6 personas (151.6 m), al igual que para la calidad y la carga cardiovascular no se observa una diferencia significativa en ninguna de las tres configuraciones de cuadrillas. Por lo cual sería más o menos similar trabajar con cuadrillas compuestas por 6 u 8 personas.

¹ ver tabla n° 11 del Apéndice.

² ver tabla n° 12 del Apéndice.

³ ver tabla n° 13 del Apéndice.

3.3 Segundo Estudio

A continuación se presentan y discuten los resultados obtenidos en el tercer estudio con la brigada Aguila 3 perteneciente a Forestal Monteáguila S.A.

Tabla 8. Resultados de los ensayos realizados con la brigada Aguila 3 perteneciente a Forestal Monteáguila S.A.

	Número De brigadistas	Min.	Max.	Promedio	D.E	Número de ensayos	Fc
Rendimiento (m)	4	132.0	190.0	166.0	24.9	4	0.14
	6	139.0	178.0	164.8	15.8	6	
	8	155.0	163.0	159.3	4.1	3	
Calidad	4	2.3	3.2	2.9	0.4	4	22.34
	6	1.2	2.0	1.5	0.3	6	
	8	1.5	2.0	1.8	0.3	3	
C.C. (%)	4	74.5	83.6	78.1	4.0	4	16.52
	6	54.3	69.9	61.6	5.3	6	
	8	65.7	70.1	67.5	2.3	3	

De los resultados obtenidos en la tabla 8, se puede observar que en el rendimiento no existe una diferencia significativa entre los tratamientos⁴, y que éste es mayor para las cuadrillas compuestas por 4 personas con un valor de 166 metros.

⁴ Ver tabla n° 14 del Apéndice.

Al observar la calidad del trabajo, se puede ver que existe una diferencia altamente significativa entre trabajar con 4, 6 u 8 personas en las cuadrillas, se observa que la calidad fue inferior para las cuadrillas compuestas de 4 personas (2.9), existiendo una diferencia significativa con respecto a las cuadrillas compuestas por 8 personas (1.8), y una diferencia altamente significativa en comparación a las cuadrillas compuestas de 6 personas, con las cuales se obtuvo la mejor calidad (1.5)⁵.

Para la carga cardiovascular se observa que existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, obteniéndose una menor carga cardiovascular con las cuadrillas compuestas por 6 personas, con una diferencia altamente significativa de un 16.5% menos que las cuadrillas de 4 personas⁶.

De los resultados obtenidos en la tabla 21 del apéndice, se puede observar que las únicas variables que presentaron una correlación fue el rendimiento versus la carga cardiovascular, la cual aumentaba a medida que aumenta el rendimiento para las cuadrillas compuestas por 4 personas, no produciéndose lo mismo para las cuadrillas compuestas por 6 y 8 personas.

Considerando lo dicho anteriormente, se puede decir que si bien se obtuvo un mejor rendimiento (166 m) al trabajar con 4 personas en las cuadrillas, también se obtuvo una mayor carga cardiovascular (78.1%).y una menor calidad (2.9), por lo que sería mejor trabajar con cuadrillas compuestas con 6

⁵ Ver tabla n° 15 del Apéndice.

⁶ Ver tabla n° 16 del Apéndice.

u 8 personas debido a que se obtiene una mejor calidad de trabajo y una menor carga cardiovascular no existiendo una diferencia significativa entre estas.

3.4 Tercer Estudio.

A continuación se presentan y discuten los resultados obtenidos en el primer estudio con la brigada 310 perteneciente a la Sociedad de Protección del Bío Bío.

Tabla 9. Resultados de los ensayos realizados con la brigada 310 perteneciente a la Sociedad de Protección del Bío Bío.

	Número De brigadistas	Min.	Max.	Promedio	D.E	Número de ensayos	Fc
Rendimiento (m)	4	91	147.5	124.3	25.9	5	7.980
	6	152	204	181.6	18.7	7	
	8	123	199	156	31.5	4	
Calidad	4	2.5	3.3	2.8	0.3	5	41.66
	6	2.0	2.5	2.3	0.2	7	
	8	1.0	1.6	1.3	0.2	4	
C.C. (%)	4	79.7	86.5	81.7	2.7	5	3.996
	6	68.9	81.8	75.4	4.9	7	
	8	76.3	83.1	79.3	2.9	4	

De los resultados obtenidos en la tabla 9, se puede observar que en el rendimiento existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos, y que éste

es mayor para la cuadrilla compuesta por 6 personas (181.6 m), existiendo una diferencia altamente significativa de 57.3 metros mayor que la cuadrilla compuesta de 4 personas, no así con la de 8 personas, debido que la diferencia es de solamente 25.6 metros⁷.

Al observar la calidad del trabajo, se puede apreciar que existe una diferencia altamente significativa entre trabajar con 4, 6 u 8 personas⁸, acercándose más al óptimo, 100% de suelo mineral expuesto, con las cuadrillas compuestas por 8 personas (1.3). En cambio para las cuadrillas de 4 y 6 personas la calidad es superior a 2.1, lo que nos indica que existieron lugares donde la línea necesitaba repase.

Para la carga cardiovascular se observa que existe una diferencia significativa entre los tratamientos, obteniéndose una menor carga cardiovascular con las cuadrillas compuestas por 6 personas, con una diferencia significativa de un 6.3% menos que las cuadrillas de 4 personas⁹.

De los resultados obtenidos en la tabla 22 del apéndice, se puede observar que las únicas variables que presentaron una relación fue el rendimiento versus la calidad, la cual disminuye a medida que aumenta el rendimiento para las cuadrillas compuestas por 4 personas, no produciéndose lo mismo para las cuadrillas compuestas por 6 y 8 personas.

⁷ Ver tabla n° 16 del Apéndice.

⁸ Ver tabla n° 17 del Apéndice

⁹ Ver tabla n° 18 del Apéndice.

Considerando lo dicho anteriormente, se puede decir que si bien se obtuvo un mejor rendimiento 181.6 metros y una menor carga cardiovascular (75.4%) al trabajar con 6 personas en las cuadrillas, la calidad del trabajo fue de 2.3, por lo cual sería mejor trabajar con cuadrillas compuestas con 8 personas sacrificando un poco de rendimiento pero aumentando la calidad, debido a que ésta es muy importante de considerar.

3.4 Análisis final.

Tabla 10. Resultados para cada estudio.

	Número de brigadistas	Estudio 1	Estudio 2	Estudio 3
Rendimiento (m)	4	137.0	166.0	124.3
	6	151.6	164.8	181.6
	8	170.7	159.3	156
Calidad	4	1.6	2.9	2.8
	6	1.0	1.5	2.3
	8	1.0	1.8	1.3
C.C. (%)	4	71.9	78.1	81.7
	6	67.8	61.6	75.4
	8	72.4	67.5	79.3

De los resultados obtenidos, en la tabla 10 se puede observar que en el estudio 1 existe una tendencia a aumentar el rendimiento a medida que se aumentaba el número de personas en las cuadrillas, no produciéndose lo mismo

para los otros estudios. En los estudios 1 y 3, se puede apreciar que los rendimientos alcanzados con las cuadrillas compuestas por 6 y 8 personas siempre fueron mayores que aquellos logrados con las cuadrillas compuestas de 4 personas, en cambio para el estudio 2 los rendimientos fueron mas parejos, para cualquiera de las tres configuraciones de cuadrilla.

La explicación más probable para las diferencias obtenidas en los rendimientos sería que el ser humano, gracias a su flexibilidad puede, durante determinados períodos, trabajar con sobreexigencias físicas, pero al terminar el estímulo que las produce, sea este positivo o negativo, vuelve a tomar un ritmo normal que no lo conduzca a la fatiga. (Apud, et. al, 1999).

Para la calidad de trabajo, se puede observar que en los tres estudios la calidad es mejor con las cuadrillas compuestas por 6 u 8 personas que aquellas compuestas por 4 personas, esto se debe que al tener las cuadrillas un mayor número de personas 6 u 8, éstas pasan raspando una mayor cantidad de veces por la misma parte obteniéndose así una mejor calidad.

También, se puede observar en la tabla 4, que el tipo de suelo del estudio 1, presenta una muy poca cohesión, lo que facilita la construcción de la línea de fuego, alcanzándose el óptimo (1) con las cuadrillas compuestas por 6 y 8 personas.

En cambio, el tipo de suelo del estudio 3, presenta una alta cohesión, lo que dificulta bastante la construcción de

la línea de fuego, alcanzándose la mejor calidad (1.3) sólo con las cuadrillas compuestas por 8 personas.

Además, en la tabla 5 se puede apreciar que el peso del combustible para el estudio 3 (5.0 kg/m²), es mucho mayor que el peso del combustible de los estudios 1 y 2, los cuales son similares (3.3 y 3.9 kg/m² respectivamente), lo que nos muestra porque en el estudio 3 se alcanza una mejor calidad solamente con las cuadrillas compuestas por 8 personas.

Estas diferencias que se observan en la calidad, al trabajar con diferentes configuraciones de cuadrilla, pueden marcar la diferencia entre que el fuego se pase (lo que haría necesario la construcción de una nueva línea de fuego) o se pueda contener.

Para la carga Cardiovascular, se puede observar que en los tres estudios el trabajo que realizaron los combatientes es extremadamente pesado, debido a que se encuentran expuestos a una carga cardiovascular superior al 40%.

Por otra parte, se observa que las mayores cargas cardiovasculares se obtuvieron en el estudio 3, debido a la alta cohesión que presenta el suelo, lo que hace más difícil el raspado, a la mayor pendiente y al mayor peso del combustible a extraer.

Hay que considerar que los ensayos de los tres estudios se realizaron sin la presencia de incendios, por lo que la carga cardiovascular puede ser mucho más alta, debido al rol que la circulación sanguínea tiene como mecanismo termorregulador durante la exposición a altas temperaturas. Apud (1989).

Si bien es cierto, los datos se obtuvieron sin presencia de incendios forestales, dadas las dificultades en la obtención de datos comparables estadísticamente, el autor Lindquist James L. (1969), plantea que, para tomar en cuenta la pérdida de productividad de las cuadrillas sobre el tiempo, por cada hora de trabajo deba incrementarse el tiempo de ejecución de la faena en un 25%, correspondiendo un 10% al agotamiento y un 15% a descansos necesarios para recuperación del personal.

Además, otro factor que hay que considerar es que los ensayos tuvieron una duración de 15 minutos de trabajo, pero existen algunas veces que los combatientes deben de trabajar mucho más tiempo, lo que haría necesario otorgar mayores pausas o simplemente disminuir el ritmo de trabajo para reducir la carga cardiovascular.

Como se señaló anteriormente, la carga cardiovascular en los tres estudios estuvo sobre los umbrales de fatiga, lo que nos dice que estos niveles de carga cardiovascular asociados a estos rendimientos serían imposibles de sostener en el largo plazo, sin riesgos para los combatientes que podrían llegar al colapso y sin deteriorar la calidad de trabajo.

IV CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos nos permiten concluir lo siguiente.
- Las variables que más inciden en el rendimiento y en la calidad del trabajo son el estado del combustible y el número de personas que componen las cuadrillas.
- En el estudio 1, cuadrillas compuestas de 4 combatientes pueden realizar un trabajo de igual rendimiento y calidad que aquel realizado por cuadrillas con un mayor número de combatientes.
- En los estudios 2 y 3, realizados en terrenos con mayor grado de dificultad, la calidad y el rendimiento fueron significativamente superiores en las cuadrillas de 6 y 8 combatientes, en comparación con aquellas integradas por 4 combatientes.
- La carga cardiovascular siempre fue superior al 40%, y si bien se presentaron algunas diferencias al trabajar con las distintas configuraciones de cuadrilla, estas no son significativas desde el punto de vista fisiológico.
- Los rendimientos alcanzados en los diferentes estudios, para los 15 minutos de trabajo no podrían ser mantenidos ni proyectados en el tiempo debido a las altas cargas cardiovasculares que se registraron.

- Debido a lo anterior, es recomendable trabajar con cuadrillas compuestas por 8 combatientes. Esto debido a que si el incendio se prolonga en el tiempo, el nivel de fatiga después de 15 minutos de trabajo con esa intensidad requerirá de pausas de recuperación, las que también se podrían hacer en forma dinámica rotando funciones.
- Si bien el hecho de trabajar con personas implica una gran variabilidad, además de los diferentes tipos de combustibles, herramientas y métodos de trabajo que se pueden encontrar, se espera que los resultados de éste estudio contribuyan a mejorar la organización de las cuadrillas, ya sea realizando rotaciones de funciones u otorgando pausas para con el fin de aumentar la eficiencia y el bienestar de las personas en este riesgoso trabajo.



V RESUMEN

En esta investigación se realizaron tres estudios de rendimiento en la construcción de líneas de fuego en tres predios diferentes de empresas forestales de la VIII región, éstos fueron realizados durante la temporada 2000-2001, como parte del Proyecto Fondef D99I1072 "Aplicaciones ergonómicas para el aumento de la eficiencia operacional en el combate de incendios forestales."

El objetivo era evaluar las diferencias producidas en el rendimiento, calidad y carga cardiovascular al utilizar tres configuraciones diferentes de cuadrilla.(4, 6 y 8 combatientes).

Para ello se seleccionaron tres tipos diferentes de combustibles, dos en *Pinus radiata* D.Don y uno en *Eucalyptus globulus*; midiéndose para estos tres estudios el rendimiento, la calidad y la carga cardiovascular de las cuadrillas tras haber transcurrido un tiempo de 15 minutos.

Los resultados que se obtuvieron permiten visualizar que en la construcción de líneas de fuego el rendimiento no siempre aumenta al ir incorporando combatientes en las cuadrillas. Además, de ser, por sí mismo, un trabajo extremadamente pesado para el ser humano debido a que la carga cardiovascular superó el 40% en los tres estudios y para cualquier configuración de cuadrilla.

Por otra parte, existe una tendencia a mejorar la calidad a medida que se incorporan combatientes a las cuadrillas.

VI SUMMARY

In this investigation three studies were carried out of yield in the firing line construction in three different lands of forest companies of the VIII region. These studies were done during the season 2000-2001, as part of the project Fondef D99I1072, "Ergonomic applications for the increase of the operational efficiency in the combat of forest fires".

The aim was to evaluate the differences produced in the yield, quality and cardiovascular load at using three different configurations of squads (4,6 y 8 fire fighters).

For that purpose, three different types of fuel were selected, two in radiata pine and one in eucalyptus globulus; measuring up yield, quality and the cardiovascular load of the squads until had passed a time of fifteen minutes.

The results that were obtained allow to visualize that in the line construction of fire the yield not always increases when more fire fighter are incorporated in the squads. And it is by itself an extremely heavy work, due the cardiovascular load overcame 40 % in all three studies and for any configuration of squad.

By other side, it exists a trend to improve the quality at the time fire fighter are incorporate in the squads.

VII BIBLIOGRAFÍA

- Apud, E. 1996. Temas de Ergonomía , Editorial Facultad de Ciencias Biológicas. Universidad de Concepción.
- Apud, E., M. Chiang, F. Maureira y M. Gutierrez.1993. Criterios de aptitud física y psicológica para la selección de trabajadores forestales. Informe N°8, Grupo de producción forestal. Fundación Chile-Empresas Forestales. Concepción , Chile.
- Apud, E., Gutiérrez, M., Lagos, S., Maureira, F., Meyer, F. y Espinoza, J. Manual de Ergonomía forestal (1999), Fundación Chile , Chile.
- Apud, E., Lecannelier, E., M., Lagos, S., Maureira, F., Meyer, F. y Espinoza, J. Informe estudios ergonómicos incendios forestales temporada 1999-2000, Laboratorio de Ergonomía, Universidad de Concepción, Proyecto Fondef, Chile.
- ACHS, 1998. Prevención de riesgos en el combate de incendios forestales.
- CONAF, 2000. Informe de ocurrencia incendios forestales, (1979 - 2000).
- Haltenhoff H. 1999.Accidentes Fatales en el Control de Incendios Forestales en Chile. Chile Forestal, enero-febrero.

Julio G. s/f La determinación de prioridades de protección como base para la planificación espacial del manejo del fuego. 7 p.

Lagos E. 1998. Pérdidas por Incendios Forestales. Chile Forestal, abril.

Lagos E. 1998. Incendios Forestales. Chile Forestal, octubre.

Lindquist James L. 1969 Building firelines How Fast Go Crews work. Pacific Southwest Forest and Range Experiment station Forest Service, Berkeley, California, U.S. diciembre. 13 p.

Nyle C. Brady 1990. The Nature and Properties of soils, Tenth edition.

Raggi R. 1997. Apuntes de Edafología.

Wayne W. Daniel 1981. Estadística con aplicaciones a las ciencias sociales y a la educación. Base para el análisis de las ciencias de la salud.

Wayne W. Daniel 1991. Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud.

Zander J. 1986. Introduction to Ergonomics. Documentos del Curso Internacional de Ergonomía, Wageningen.

VIII APÉNDICE

8.1 Análisis de varianza para los diferentes estudios.

8.1.1 Análisis de varianza para el primer estudio.

Tabla 14. Análisis de varianza para la variable rendimiento.

Fuente de variación	g.l.	Suma cuadrado	Cuadrado medio	F
Entre tratamientos	2	1943.1357	971.5678	6.48 *
Dentro de tratamientos	7	1049.4733	149.9248	
Total	9	2992.609		

(* $0.01 < p < 0.05$)

Tabla 15. Análisis de varianza para la variable calidad.

Fuente de variación	g.l.	Suma cuadrado	Cuadrado medio	F
Entre tratamientos	2	0.9375	0.46875	2.76
Dentro de tratamientos	7	1.1875	0.169643	
Total	9	2.1254		

Tabla 16. Análisis de varianza para la variable carga cardiovascular.

Fuente de variación	g.l.	Suma cuadrado	Cuadrado medio	F
Entre tratamientos	2	38.17667	19.08833	3.32
Dentro de tratamientos	7	40.26333	5.751905	
Total	9	78.44521		

8.1.2 Análisis de varianza para el segundo estudio.

Tabla 17. Análisis de varianza para la variable rendimiento.

Fuente de variación	g.l.	Suma cuadrado	Cuadrado medio	F
Entre tratamientos	2	85.423076	42.711538	0.14
Dentro de tratamientos	10	3126.5241	312.9512	
Total	12	3214.9238		

Tabla 18. Análisis de varianza para la variable calidad.

Fuente de variación	g.l.	Suma cuadrado	Cuadrado medio	F
Entre tratamientos	2	4.746731	2.373365	22.34 **
Dentro de tratamientos	10	1.062534	0.1062534	
Total	12	5.809231		

(** $p < 0.01$)

Tabla 19. Análisis de varianza para la variable carga cardiovascular.

Fuente de variación	g.l.	Suma cuadrado	Cuadrado medio	F
Entre tratamientos	2	656.2878	328.1439	16.52**
Dentro de tratamientos	10	198.5892	19.85892	
Total	12	854.8769		

(** p<0.01)

8.1.3 Análisis de varianza para el tercer estudio.

Tabla 20. Análisis de varianza para la variable rendimiento.

Fuente de variación	g.l.	Suma cuadrado	Cuadrado medio	F
Entre tratamientos	2	9575.47	4787.735	7.980 **
Dentro de tratamientos	13	7799.514	599.96264	
Total	15	17374.984		

(** p<0.01)

Tabla 21. Análisis de varianza para la variable calidad.

Fuente de variación	g.l.	Suma cuadrado	Cuadrado medio	F
Entre tratamientos	2	5.57	2.786	41.66 **
Dentro de tratamientos	13	0.869	0.0617	
Total	15	6.441		

(** p<0.01)

Tabla 22. Análisis de varianza para la variable carga cardiovascular.

Fuente de variación	g.l.	Suma cuadrado	Cuadrado medio	F
Entre tratamientos	2	121.90	60.94948	3.996 *
Dentro de tratamientos	13	198.267	15.25134	
Total	15	320.116		

(* $0.01 < p < 0.05$)

8.2 Coeficiente de correlación por rangos de Spearman para los diferentes estudios.

8.2.1 Coeficiente de correlación por rangos de Spearman para el primer estudio.

Tabla 23. Valores del coeficiente de correlación por rangos de Spearman.

Número De Brigadistas	Rs		
	Rendimiento V/s Calidad	Rendimiento v/s C.C.	Calidad v/s C.C.
4	0.35	-1	-0.25
6	-	-	-
8	-	-	-

$\alpha = 0.05$

8.2.2 Coeficiente de correlación por rangos de Spearman para el segundo estudio.

Tabla 24. Valores del coeficiente de correlación por rangos de Spearman.

Número De Brigadistas	Rs		
	Rendimiento v/s Calidad	Rendimiento v/s C.C.	Calidad v/s C.C.
4	0.65	1 *	0.65
6	-0.0429	0.27143	0.35714
8	-	-	-

$\alpha = 0.05$

* $R_s > R_{s^*}$

- : no se realizaron porque $n < 4$

8.2.3 Coeficiente de correlación por rangos de Spearman para el tercer estudio.

Tabla 25. Valores del coeficiente de correlación por rangos de Spearman.

Número De Brigadistas	Rs		
	Rendimiento v/s Calidad	Rendimiento v/s C.C.	Calidad v/s C.C.
4	0.9 *	0.6	0.5
6	-0.428571	0.107143	-0.1255
8	-0.25	-0.4	0.65

$\alpha = 0.05$

* $R_s > R_{s^*}$