

# Sistema de Evaluación de la Respuesta Inicial al Peligro de Incendios: Una Herramienta para la Planificación en la Preparación de la Lucha contra Incendios<sup>1</sup>

Marc R. Wiitala,<sup>1</sup> Andy E. Wilson<sup>2</sup>

## Resumen

Los últimos avances en investigación operativa e informática presentan nuevas oportunidades para mejorar las herramientas para planificar los incendios forestales en la pretemporada. En esta ponencia describimos el Sistema de Evaluación de Respuesta Inicial al Incendio Forestal (WIRAS), un modelo de situación estocástico que incorpora muchos avances técnicos recientes y está proyectado para representar lo más exactamente posible las dinámicas del incendio y la extinción de éste. Este modelo de simulación por ordenador proporciona a los gestores de la lucha contra incendios una herramienta muy útil para examinar las características operativas y de rendimiento de su capacidad para el ataque inicial a fin de planificar las organizaciones de protección apropiadas en la pretemporada.

## Introducción

El Laboratorio de Incendios Forestales en Riverside, California está desarrollando un modelo nuevo de planificación en la pre-extinción de incendios forestales. Este modelo está construido basándose en los conocimientos obtenidos en los desarrollos previos (Bratten y otros, 1981; Fried y Gillies, 1999; Martel y otros, 1984; McAlpine y Hirsch, 1999, y Wiitala, 1998). El modelo, el sistema de evaluación de la Respuesta Inicial en los incendios forestales (WIRAS) incorpora muchos avances recientes en las tecnologías de investigación operativa y adopta varios enfoques en el proyecto del modelo. En la construcción de WIRAS, la intención era representar lo más exactamente posible la dinámica del incendio y las características de despliegue en los recursos de extinción en muchos programas de protección federal y estatal del Oeste de EEUU. La estrecha correspondencia del modelo con la realidad proporciona un sistema eficaz de apoyo en la toma de decisiones a fin de ayudar a los gestores y planificadores de incendios a determinar mejor el tamaño apropiado, la localización, la composición y el uso de los programas de ataque inicial controlado localmente, así como evaluar los programas de recursos aéreos compartidos a nivel nacional. Esta ponencia ofrece una visión global de WIRAS.

---

<sup>1</sup> Una versión abreviada de esta ponencia se presentó en el segundo simposio internacional sobre políticas, planificación y economía de los programas de protección contra incendios forestales: una visión global, 19 a 22 Abril, 2004, Córdoba, España.

<sup>2</sup> Operations Research Analyst and Resource Information Specialist, Forestry Sciences Laboratory, Forest Service, U.S. Department of Agriculture, 620 SW Main Street, Suite 400, Portland, OR 97205; email: mrwiitala@fs.fed.us email: aewilson@fs.fed.us.

## Aproximación a la construcción del modelo

El entorno del desarrollo del modelo son las zonas forestales federales protegidas en el Oeste de EEUU. La variabilidad en el tiempo e intensidad de los ataques del fuego en este entorno pueden tener un efecto profundo sobre los rendimientos de las distintas organizaciones de pre-extinción. Según esta variabilidad, así como otras incertidumbres de las operaciones y del Medio Ambiente, seleccionamos una simulación estocástica, de acontecimientos discretos, como metodología de modelo apropiada para proyectar WIRAS. Para construir el modelo, adoptamos un enfoque orientado hacia el proceso (Law y Kelton, 1991) utilizando una variante mejorada del lenguaje de simulación de acontecimientos discretos Sistema de Simulación de Objetivos Generales (Henrikse y Crain, 1989)

## Estructura del Modelo

WIRAS se distingue de otros modelos por su capacidad de planificar programas de preparación para los incendios a nivel local y nacional. También es pionero en su capacidad de realizar una planificación local en el contexto de los incendios a nivel nacional. Este enfoque incorporado a la planificación permite a los planificadores de incendios proyectar un programa de ataque inicial, teniendo en cuenta su acceso a los recursos aéreos compartidos a nivel nacional.

Desde un punto de vista del proceso, WIRAS simula el despliegue y recuperación de los recurso terrestres y aéreos en respuesta a una secuencia anual de incendios únicos en su comportamiento, localización y momento de llegada (Fig. 1) Inicialmente WIRAS envía recursos de extinción disponibles a nivel local y nacional desde las centrales a los incendios, según unas normas definidas por el usuario y teniendo en cuenta las limitaciones de despliegue. Tal como ocurre a nivel operativo, cuando el primer recurso llega al incendio, el modelo de simulación, basándose en su observación del comportamiento del incendio, se reevalúan las necesidades de personal para solicitar unidades adicionales de extinción o devolver algunas de las que están en camino hacia el incendio. Cuando se extingue un incendio, o existe un escape del ataque inicial, el modelo de simulación reenvía los recursos de extinción del ataque inicial a su base para volver a mandarlo al día siguiente, si es necesario. Excepcionalmente, WIRAS reenviará recursos terrestres a incendios que necesiten personal el mismo días si el tiempo lo permitiera.

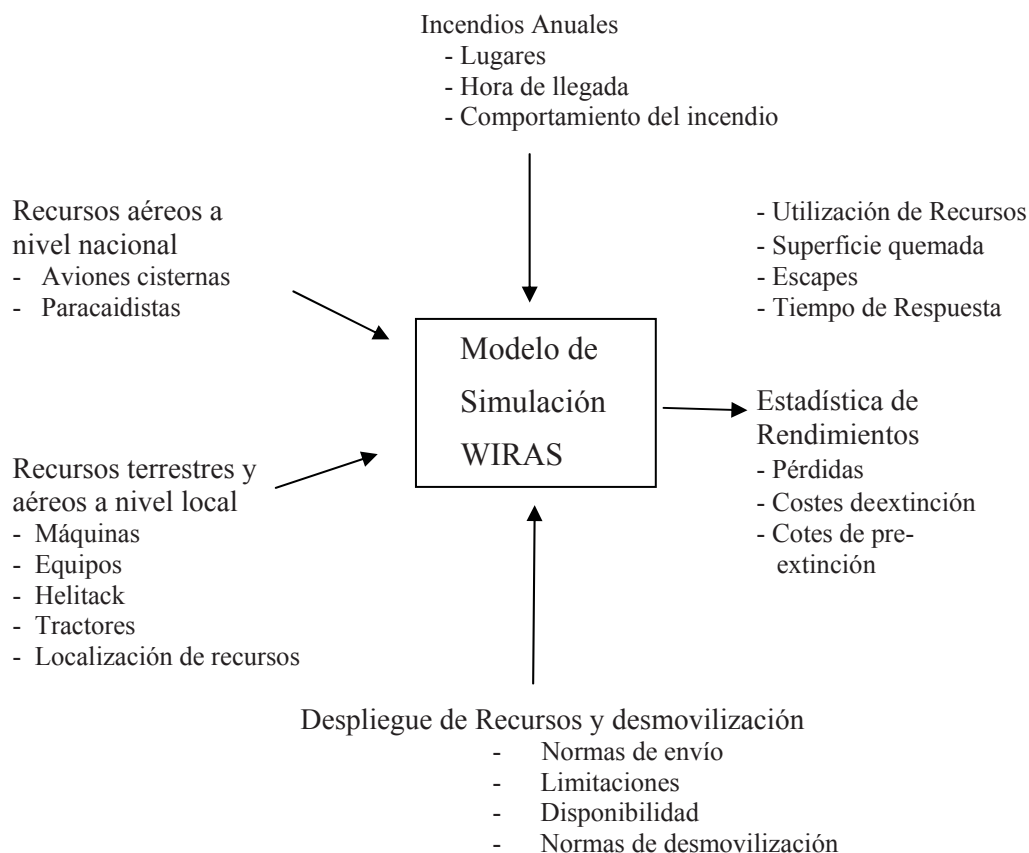


Figura 1—Visión de conjunto WIRAS

## Recursos de Extinción

WIRAS gestiona cuatro tipos de recursos de respuesta inicial. Tres de ellos son elementos de extinción transportados por aire: aviones cisterna, productos para retrasar el fuego, paracaidistas, y cuadrillas enviadas por helicóptero así como abastecimiento de agua. El cuarto tipo, los recursos terrestres incluyen generalmente máquinas, cuadrillas, tractores y dispensadores de agua. Cada categoría de los recursos de extinción está proyectada para hacer frente a operaciones muy importantes y distintas entre sí (Wiitala, 1998; Wiitala y Dammann, 2003)

## Pruebas del Rendimiento del Programa

Generalmente WIRAS realiza pruebas de rendimiento de un ataque inicial organizado contra una serie de temporadas históricas de incendio. El envío de recursos es controlado a través de un sistema de variables Booleanas que imita las normas y prioridades que dirige las políticas pre-planificadas de envío de unidades administrativas. El modelo está diseñado para favorecer el envío de respuesta más rápida, con recursos locales terrestres suponiendo que éstos puedan llegar al incendio dentro de un plazo de tiempo razonable; de lo contrario, el modelo intenta enviar bomberos por vía aérea. Los primeros bomberos en llegar al incendio reevalúan las

necesidades de personal planificado de ante mano para ver si es suficiente y determinan la necesidad de envío de elementos para retrasar el incendio.

Algunos de los argumentos de la variables Booleanas reflejan los tipos de información que suelen estar a disposición de los que toman las decisiones de despliegue. El modelo de simulación mantiene y actualiza las variables que corresponden a estos argumentos a nivel estatal. Este sistema de variables Booleanas es suficientemente flexible como para permitir a los planificadores establecer, en el modelo de simulación, las condiciones para enviar recursos terrestres basándose en las horas de ataque, potencial de comportamiento del fuego, y los objetivos de protección.

## **Cálculos de tiempo de viaje**

El proyecto WIRAS está realizando grandes esfuerzos para conseguir un modelo exacto de los tiempos de respuesta de los recursos de extinción. Esto es considerado crítico para conseguir un modelo adecuado del sistema de ataque inicial (Mess, 1986) El tiempo total de la respuesta, está formado por: las posibilidades de salida, de recargar, de repostar, y el tiempo empleado en el desplazamiento. El tiempo de desplazamiento es normalmente el componente más largo. Para el transporte aéreo, la distancia entre dos puntos y la media de velocidad se combinan para calcular los componentes de desplazamiento aéreo en el tiempo de respuesta. En cuanto a los bomberos, enviados por vía aérea, se incluye el tiempo de aterrizaje y de desplazamiento por tierra en el tiempo total de respuesta. En cuanto a los aviones cisterna, el tiempo de recarga y el de repostar combustible se añade a los tiempos de respuesta. Además, WIRAS tiene un modelo de embotellamiento para las bases de los aviones cisterna durante los periodos de gran actividad de incendios lo cual puede provocar los tiempos de respuesta cuando los aviones cisterna tienen que esperar un tiempo para recargar.

El proyecto está avanzando mucho a fin de desarrollar mejores métodos para estimar el tiempo de viaje terrestre de los recursos, lo cual incluye el viaje del vehículo a lo largo de una red de carreteras y caminos. Estos esfuerzos implican el desarrollo de un algoritmo que calcule eficazmente la ruta de menor coste a fin de calcular rápidamente los tiempos de viaje a lo largo de un paisaje (Hatfield y otros, estas actas) Se está realizando un estudio de los tiempos de viaje de los recursos terrestres a fin de recoger información empírica para validar el algoritmo de la ruta del menor coste y cuantificar los componentes aleatorios adicionales del tiempo empleado en el desplazamiento (Wilson y Wiitala, 2003) el modelo de simulación actualmente integra el algoritmo de tiempo de desplazamiento para calcular el tiempo de desplazamiento de los recursos terrestres de cualquier localización terrestre de recursos a otro punto. Este algoritmo resulta particularmente valioso cuando permite a WIRAS imitar prácticas operativas reales, durante una simulación cuando el recurso terrestre está siendo desplazado hacia el incendio y está disponible para enviarlo a otro. En este punto de la simulación, el algoritmo de ruta de menor coste puede determinar la localización actual del recurso, y calcular los tiempos de respuesta a todos los incendios que lo exijan a fin de decidir el mejor plan para su reenvío.

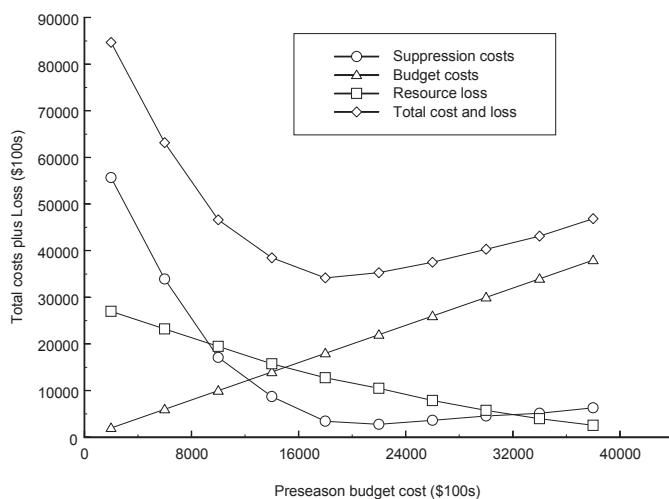
## Producción del Modelo

Los modelos de simulación de acontecimientos discretos tienen una gran capacidad para recoger grandes cantidades de información sobre las condiciones y el rendimiento del sistema en el transcurso de una simulación. WIRAS no es una excepción a esto. Los ejemplo de las estadísticas anuales recogidas por WIRAS incluyen: extensión quemada por la intensidad el fuego para incendios extinguidos y sus escapes, cantidad de incendios con escapes a partir de la respuesta inicial, volumen del producto aplicado para retrasar el fuego, horas de vuelo para los recursos aéreos, envío de recurso y listas de llegada para cada incendio, y tiempo de extinción del incendio y distribuciones por tamaño.

WIRAS también realiza un seguimiento de la frecuencia anual de envíos que es un modelo importante de producción que puede ayudar a los planificadores a evaluar los recursos de extinción y basar su utilización para mejorar el rendimiento y eficacia del programa. Los recursos sub-utilizados de extinción son candidatos adecuados para el reenvío o la eliminación. Las estadísticas de la utilización pueden ayudar a identificar las oportunidades de envío a bases cercanas.

WIRAS también realiza el seguimiento para identificar los posibles embotellamientos en algunos procesos de entrega de servicios. Por ejemplo, la información sobre la frecuencia y el tiempo en que los aviones cisterna deben esperar para recargar productos que retrasen el incendio, permite a los planificadores evaluar la necesidad y la rentabilidad de aumentar o reducir los servicios del avión cisterna.

Las estadísticas operativas y de rendimiento producidas por WIRAS proporcionan una base para examinar las compensaciones económicas entre los costes medios de extinción de incendios anuales y la pérdida de recursos naturales y el coste de organizar una extinción alternativa en la temporada previa (Fig. 2)



**Figura 2**—Compensaciones económicas asociadas con los niveles presupuestarios alternativos de pre-extinción

## Conclusiones

La simulación estocástica de acontecimientos discretos proporciona un método muy eficaz de investigación operativa a fin de construir herramientas de apoyo a las decisiones para planificar sistemas muy complejos de entrega de servicios para el ataque inicial. Teniendo en cuenta el análisis de los sistemas en el diseño de WIRAS, el modelo de simulación de ataque inicial que se obtiene puede abordar una gama amplia de cuestiones programáticas y políticas que antes no se podía realizar con otras tecnologías de planificación de incendios. Los planificadores de incendios no sólo pueden utilizar WIRAS para determinar la mejor composición de programa, sino que también que pueden utilizarlo para mejorar su despliegue de recursos y envío de directrices –a nivel local, regional y nacional.

## Agradecimientos

El proyecto WIRAS es financiado en parte por el Plan Nacional de Incendios.

## References

- Bratten, Frederick W., James B. Davis, George T. Flatman, Jerold W. Keith, Stanley R. Rapp, Theodore G. Storey. 1981. FOCUS: a fire management planning system—final report. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-49. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture. 33 p.
- Fried, Jerome S., and J. Keith Gilles. 1999. The California Fire Economics Simulator: Version 2 User's Guide. University of California, Division of Agriculture and Natural Resources Publication 21580.
- Henriksen, James O., and Robert C. Crain. 1989. GPSS/H Reference Manual. Third edition. Wolverine Software Corporation. Annandale, Virginia.
- Law, Averill M., and W. David Kelton. 1991. Simulation modeling and analysis. McGraw-Hill, Inc., New York. 759 p.
- Martell, David L., Robert J. Drysdale, Glenn E. Doan, and David Boychuk. 1984. An evaluation of forest fire initial attack resources. *Interfaces* 14(5), 20-32.
- McAlpine, Robert. S. and Kelvin. G. Hirsch. 1999. An overview of LEOPARDS: The level of protect analysis system. *The Forestry Chronicle* 75(4): 615-621.
- Mees, Romain M. 1986. Locating suppression resources by travel time to wildfires. Res. Note PSW-387. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. 5 p.
- Wiitala, Marc R. 1998. Modeling the spatial and temporal dynamics of initial attack fire suppression using GPSS. In: Proceedings of the III international conference on forest fire research and 14th conference on fire and forest meteorology, 1998 November 16-20, Lusco-Coimbra, Portugal. 2389-2403.
- Wiitala, Marc R., and Carl L. Dammann. 2003. Simulating a smokejumper service delivery system. Systems analysis in forest resources. In: Arthaud, G.J; Barrett, Tara M, eds. Proceedings of the eighth symposium held September 27-30, 2000, Snowmass Village, Colorado, U.S.A., , Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 71-79.
- Wilson, Andrew E., and Marc R. Wiitala. 2003. Estimating travel times to forest-fires using resistance surfaces. Twenty-Third Annual ESRI International User Conference Proceedings, 7-11 July 2003, San Diego, California: Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, California; unpaginated CD-ROM.