

Intermedio de comportamiento del fuego, S-290

Unidad 12 – Evaluando el comportamiento del fuego y orientando las decisiones en la línea de fuego

OBJETIVOS:

Los combatientes de incendios que utilicen observaciones de la línea de fuego y técnicas prácticas de línea de fuego serán capaces de:

1. Describir como aplicar la información sobre el comportamiento del fuego a las decisiones de seguridad y supresión.
2. Demostrar cómo se calcula el tamaño de las zonas de seguridad.
3. Identificar la importancia de los cambios en el comportamiento del fuego para la seguridad de los combatientes de incendios.
4. Discutir qué impulsa los grandes cambios e identifique el “próximo cambio importante”.
5. Demuestre un método simple pero sistemático para evaluar el cambio y estimar el tiempo de propagación del fuego.
6. Identifique otras herramientas para la predicción del comportamiento del fuego.

I. EL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO AFECTA LAS DECISIONES DE SEGURIDAD Y SUPRESIÓN

A. Mediciones básicas del comportamiento del fuego

1. Longitud de llama (LLI): es una medida de lo rápido que se libera la energía en el frente de llamas.
2. Velocidad de propagación (VP): es una medida de lo rápido que se mueve el frente del fuego.

B. La longitud de llama es un indicador útil de las limitaciones en los métodos de supresión y el tamaño de la zona de seguridad.

1. La LLI es la distancia desde el centro de la base de las llamas a la punta de la llama promedio.
2. Aplique la LLI a la elección de las tácticas y a las dimensiones de la zona de seguridad.
3. Limitaciones de la supresión del fuego.
 - 0 a 1.2 m
 - 1.2 a 2.4 m
 - 2.4 a 3.3 m
 - Mas de 3.3 m

C. Gráficos de las características del fuego

1. Este gráfico combina calor por unidad de área con la VP para dar la velocidad a la cual el calor está siendo liberado en el frente de llamas.

Cuanta mayor energía pueda producir el combustible y/o cuanto más rápido se libere, mayor es la intensidad del fuego y su longitud de llama.

2. El calor por unidad de área está dado en KCal por metro cuadrado. El calor producido por el combustible depende de la carga y la humedad del combustible.

-
3. La VP en m/hr, es una medida de que tan rápido el fuego consume el combustible y libera calor.
 4. La intensidad de la línea de fuego (ILF) está dada como KCal liberada en una sección de 1 m de ancho en el frente de llamas por minuto. Cada ILF tiene una longitud de llama correspondiente.
 5. Ejemplo: Un fuego que consume combustibles con 1,350 KCal/m² a una VP de 2,000 m/hr tiene un ILF de 800/Kcal/m-min y una LLI de 3.3 m.
 6. Un segundo gráfico cubre los combustibles más pesados.

D. Cálculos de la zona de seguridad

Zona de seguridad: Un área despejada de materiales inflamables, usada para escapar en caso de que la línea de fuego sea rodeada o en caso de que un foco secundario haga que los combustibles fuera de la línea de control vuelvan la línea insegura. Son áreas muy amplias que pueden ser utilizadas con relativa seguridad por los combatientes y sus equipos en caso de incremento de actividad en las inmediaciones.

Zona de despliegue: Una zona de despliegue se utiliza cuando las condiciones del incendio son tales que las rutas de escape y zonas de seguridad han sido comprometidas. Las zonas de despliegue son el ultimo espacio donde el refugio de fuego debe ser desplegado para asegurar la supervivencia del combatiente, dado el poco espacio disponible y/o a las condiciones de comportamiento del fuego en la ubicación de la zona de despliegue.

1. Directrices sobre la zona de la seguridad
 - Evitar ubicaciones en el mismo sentido del viento que impulsa al fuego.
 - Evitar chimeneas, puertos, cañones estrechos.
 - Aprovechar las barreras térmicas.
 - Quemar las zonas de seguridad previo a la aproximación del fuego.

2. Supuestos y configuraciones de las zonas de seguridad

- Los cálculos suponen el “peor escenario” en el que la zona de seguridad será rodeada por fuego y recibirá el mismo flujo de calor de todos los lados.
- El espacio es suficiente para una brigada de tres personas.
- El flujo de calor en una zona de seguridad circular será mayor que si la zona se extiende a lo largo del frente de llamas.
- Se supone que la LLI es la altura de llama.
- La distancia de separación es entre el combatiente de incendios y el frente de llamas.

3. Ecuaciones y cálculos de la zona de seguridad

- Distancia de separación = 4 x altura de la llama
- Mayor distancia para más de tres personas y un carro motobomba
- Ejemplo: altura de llama = 6 m, distancia de separación (radio) = $4 \times 6 = 24$ m, anchura de la zona de seguridad (diámetro) = $2 \times 24 = 48$ m
- Una tabla indica la distancia de separación y el área de la zona de seguridad para una altura de llama dada...asumiendo que no hay viento ni pendiente.
- Personas extra, el calor convectivo del viento o la pendiente incrementará la distancia de separación necesaria.

E. La velocidad de propagación es fundamental para la seguridad y efectividad del combatiente de incendios.

1. Definiendo la velocidad y el tiempo de propagación.

- VP—velocidad de avance del frente de llamas.
 - Puede ser en términos absolutos (ejemplo: m/min)
 - Puede ser en términos relativos (ejemplo: 2x más rápido)
 - Ambas medidas pueden ser útiles
- Tiempo de propagación—tiempo que le tomará al fuego para moverse a una distancia dada; depende de la VP.

2. La VP es un factor clave de seguridad y supresión.

- Si un fuego puede atraparte, puede hacerte daño.
- La VP dicta la vigencia de las acciones de control.

3. Los cambios en la VP son de gran importancia.

- Compara la VP antes de un cambio con la VP después de un cambio... ¿Cuánto más rápido o más lento?
- El índice de VP es la medida de que tanto cambió.
- El índice de VP es una medida muy útil. Puede indicar el grado de peligro que se avecina, y se puede utilizar para predecir el tiempo de propagación del fuego en el futuro.

-
- Los tiempos de propagación del fuego pueden ser pronosticados. Los tiempos de propagación son los tiempos que tarda el fuego para moverse una cierta distancia (pero los índices de propagación son la distancia cubierta en un tiempo determinado).

Los tiempos de propagación son una medida muy práctica para trabajar en la línea de fuego. Observe el tiempo que le tarda el fuego en propagarse a cierta distancia (utilizando referencias naturales, por ejemplo: la longitud de la pendiente).

El fuego se propagará esa misma distancia en menos tiempo si aumenta la velocidad y en más tiempo si disminuye la velocidad.

El “tiempo de propagación” pronosticado para esa distancia es el tiempo de propagación observado dividido por el índice de VP si el fuego se mueve más rápido; o multiplicado por el índice de VP si el fuego va más lento.

- ¿Qué puede significar un determinado cambio en la VP? Los cambios en la VP de 60x y más, han estado relacionadas con fatalidades. Es posible que se produzcan cambios mucho más grandes en la VP.
 - 60x, significa que la propagación que ocurre en “horas” puede ocurrir en “minutos”.
 - 500x representa la comparación entre la velocidad al caminar y 2x la velocidad del sonido (Match 2).
 - Es posible que el cambio no se produzca de inmediato, y que tarde un tiempo, pero siempre hay que ser conscientes de que el cambio está por llegar.

-
4. En primer lugar, hay que tener en cuenta el comportamiento “actual” del fuego.
 - El comportamiento actual del fuego demuestra los efectos presentes de los combustibles, el terreno y el tiempo atmosférico—proporciona una línea base—si nada cambia tampoco lo hará el comportamiento del fuego, y la predicción es simple.
 - Algunos factores, como la humedad del combustible vivo o la humedad del combustible de 10 horas no cambian rápidamente, y no provocan cambios grandes y repentinos,— sino que contribuyen de forma importante en general, pero varían en escalas de tiempo más largas.
 - Pero las cosas pueden cambiar y a menudo lo hacen rápidamente, y también lo hace el comportamiento del fuego.
 5. Los cambios inesperados cobran la vida de los combatientes de incendios.
 - El rápido y elevado aumento en la VP son denominadores comunes en los fuegos con víctimas fatales.
 - El incremento en la VP de 60x y más, ha sido asociados con incidentes fatales.
 - Para estar seguros, es necesario que los combatientes de incendios prevean cambios con mucha anticipación (no solamente notar los cambios cuando están ocurriendo) y que tengan una idea de la magnitud del cambio—para entender tanto el comportamiento del fuego “actual” como el “esperado”.
 6. Las revisiones de los incendios con fatalidades revelan un exceso de confianza en las apreciaciones del comportamiento actual del fuego y una tendencia a no anticipar el comportamiento peligroso del fuego que se aproxima.
 - Spanish Ranch 1979, 4 fatalidades
 - Dude 1990, 6 fatalidades
 - South Canyon 1994, 14 fatalidades
 - 30 Mile 2001, 4 fatalidades
 - Cramer 2003, 2 fatalidades
 - Tuolumne 2004, 1 fatalidad

II. ANTICIPANDO LOS CAMBIOS EN EL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO

A. Comprender los factores que impulsan cambios grandes y repentinos.

1. Anticipando el “próximo cambio importante” es fundamental para la seguridad de los combatientes.
 - Esperar el aviso de cambios en el tiempo atmosférico para reaccionar no es suficiente.
 - Hay que anticipar los factores que provocan los cambios relevantes.
2. Anticipándose a los cambios refuerza el protocolo VCRZ.
 - Vigilantes: Lo que hay que buscar, y utilizar las ubicaciones de vigilancia más adecuadas.
 - Comunicaciones: Que cosas clave hay que comunicar y con qué frecuencia.
 - Rutas de escape: Donde y cuánto tiempo.
 - Zonas de seguridad: Lo suficientemente cerca y lo suficientemente grande.

B. enfocándose en los promotores del cambio dominantes

1. Muchos factores afectan el comportamiento del fuego, pero solo unos cuantos son los promotores dominantes de grandes cambios repentinos.

Nos enfocamos en cambios que pueden producirse en minutos o en una hora más o menos, aunque dichos cambios pueden no comenzar hasta horas después.

2. El mayor promotor de cambio es la velocidad efectiva del viento (VEV), el cual puede causar cambios en la VP de 200x o más.
3. El siguiente promotor de cambio importante es el tipo de combustible, que produce cambios de 15x o mayores en la VP.

-
4. Los cambios de corto plazo en la humedad del combustible fino pueden producir cambios de hasta 1.6x en la VP, usualmente menos; lo más importante es que afectan la posibilidad de que se produzcan fuegos de copa y focos secundarios. Ayudan a afinar los pronósticos de tiempo de propagación.
 5. Considerare algunos tipos de comportamiento del fuego asociados a grandes cambios repentinos, como ejemplos del “próximo cambio importante,” utilizando esquemas sencillos.

La representación de las situaciones actuales y esperada guía al combatiente de incendios para realizar una valoración completa del comportamiento del fuego.

- Cambio de viento
- Cambios en tipo de combustible
- Cambios de pendiente (viento, pendiente y cambio de combustible); algunos favorables, otros peligrosos

III. CALIBRANDO LOS CAMBIOS DEL COMPORTAMIENTO DEL FUEGO

A. Como cada factor afecta a la VP

1. Un diagrama a escala puede ayudar a desarrollar una idea del cambio que se puede esperar a medida que cambian las condiciones.
2. Las guías específicas nos permitirán considerar cualquier cambio en tipo de combustible, viento o pendiente.
3. Los diagramas a escala ilustran los efectos de los cambios en la humedad del combustible fino muerto (HCFM) existente.

B. Los cambios en el tipo de combustible producen grandes cambios en el comportamiento del fuego

1. Hay tres grandes grupos de combustibles, **basados en la semejanza del grupo sobre la VP**, cada uno de ellos fácilmente reconocibles en el campo.

- Desechos de bosque (hojarasca)
- Follaje de copa (incluyendo tanto arbustos como árboles)
- Pastos

2. Cada tipo de combustible tiene un rango de VP que es distinto de los demás.

Para condiciones dadas de humedad, viento y pendiente:

- Los desechos de bosque son el combustible “más lento”.
- El follaje de la copa es aproximadamente 4x más rápido que los desechos de bosque.
- El pasto es aproximadamente 3x ó 4x más rápido que el follaje de la copa.
- En términos general, el rango de la VP entre los tipos de combustible de pasto y desechos de bosque es en promedio de 5x.

3. Los tipos de combustible suele cambiar en diferentes exposiciones.

Anticipe hacia donde se propagará el fuego y hacia qué tipo de combustible se moverá.

4. La transición de combustibles superficiales (generalmente desechos de bosque) a combustibles de copa es un cambio muy importante en el tipo de combustible.

Esta propagación vertical puede ocurrir muy rápidamente; requiere propagación del fuego solo en algunos metros.

5. Indicadores prácticos del potencial de fuegos de copa (ponga mucha atención a estos indicadores y a los presentados en la sección sobre fuegos de copa):

- Prevalece el periodo de sequía estacional
- La sequía general empeora el problema
- Fuegos de copa recientes (en otro fuego o en el mismo)
- Humedad relativa entre 20% - 35%, o menos (especialmente la HR por debajo de 20% para el oeste de los EE.UU.)
- El fuego en retroceso produce antorchamiento (un claro indicativo de que el fuego en el frente puede coronar)
- El fuego sube sobre los combustibles de escalera
- Antorchamiento y propagaciones cortas sobre las copas

C. Los cambios en la VEV conducen a grandes cambios en el comportamiento del fuego.

La VEV incluye el efecto de la pendiente, pero por ahora piense en la VEV como la velocidad del viento a media llama (VVMLI).

1. Las variaciones de viento son de vital importancia, y debemos entender y tenerlas en cuenta, para este factor tan determinante debemos comprender varias cosas:
 - Cómo varía el viento de un lugar a otro.
 - Cómo varía el viento en las llamas, de acuerdo con el tipo de combustible.
 - Cómo tener en cuenta la pendiente.
2. La velocidad del viento es el componente del viento que en realidad empuja a las llamas hacia un nuevo combustible.

-
3. Los cambios en la velocidad del viento se expresan como la relación (índice) entre el viento más grande y el viento más pequeño, la relación entre la velocidad efectiva del viento (índice VEV)— es una idea bastante simple con algunos ejemplos.

El grado de cambio en el viento efectivo (índice VEV) es un buen indicador del cambio en la VP, en un rango de velocidades del viento reales. Por ejemplo, duplicar la VEV de 3 a 6 tiene prácticamente el mismo efecto en la VP del fuego, que duplicar la VEV de 8 a 16.

Para encontrar el índice VEV divida la velocidad del viento mayor entre la velocidad del viento menor; una tabla de referencia hace el mismo trabajo. Después, la VEV se introducirá en la tabla del índice VP. El cálculo del índice VEV se realiza mediante la consulta de la tabla. Por supuesto, la operación matemática puede hacerse sin utilizar la tabla.

4. Los efectos de duplicar la velocidad del viento en la VP y la LLI son muy similares en todos los tipos de combustible.
5. Los efectos de un aumento de pendiente (de suave a pronunciada) es muy similar en todo tipo de combustible.
6. La pendiente afecta la propagación del fuego hacia el frente de la misma manera como lo hace el viento, incrementando la eficacia de la transferencia de calor a los nuevos combustibles, básicamente tal como viento ascendente de ladera adicional.
 - Una mayor pendiente es equivalente a más viento.
 - Para propagación a favor de la pendiente, sume las siguientes velocidades del viento a la velocidad real del viento ascendente a media llama:
 - Pendientes menores de 20%, no sumar.
 - Pendientes de 20% a 40% sumar 1.6 kph
 - Pendientes de 40% a 60% sumar 3.2 kph
 - Pendientes de 60% a 80% sumar 4.8 kph
 - Pendientes mayores de 80% sumar 8 kph

-
- Combine el valor de la pendiente con la VVMLI (velocidad del viento a media llama) para obtener la velocidad efectiva del viento (VEV).
 - Para vientos descendentes constantes, reste el efecto de la pendiente.

D. Comparación de la importancia de los factores considerados en la generación de cambios a corto plazo en la VP.

Si bien todos los factores influyen en el comportamiento del fuego, los mayores impulsores de cambios grandes y repentinos en la VP del fuego son el tipo de combustible y la VEV.

IV. INTRODUCCIÓN AL MÉTODO DE EVALUACION DE LA LÍNEA DE FUEGO (FLAME por sus siglas en inglés)

En esta introducción a FLAME, los “fundamentos” cubren los cambios en tipo de combustible y en la velocidad efectiva del viento, y termina con una demostración de la utilización de FLAME en un caso de fatalidad.

A. Propósito general de FLAME

1. Evaluar el comportamiento actual y esperado del fuego; un método sistemático.
2. La ciencia del fuego en forma práctica en la línea de fuego.
3. Mejora el conocimiento situacional.
4. Atender a una variedad de estudiantes y a un rango de necesidades que cambian a lo largo de la carrera personal.
5. Los pronósticos de FLAME e índices VP obtenidos en fuegos con fatalidades.

La concordancia general es bastante buena, a pesar de que muchas suposiciones son la base para el método FLAME y los índices VP reconstruidos.

B. El “próximo cambio importante”

1. La evaluación de los efectos del “próximo cambio importante” puede hacerse con el uso simple y sistemático de la ciencia del comportamiento del fuego.
 - Aplicar la ciencia del comportamiento del fuego en una herramienta sencilla y práctica para pronosticar cambios (una herramienta que tiene muchas de las mismas limitaciones que tienen los modelos del fuego <comportamiento>).
 - Practicar con un método que condicione a los combatientes de incendios a realizar evaluaciones sistemáticas y completas del comportamiento del fuego.
 - Un planteamiento sistemático es muy importante.
2. El método para pronosticar los cambios en la VP seguirá unos sencillos pasos.
 - Los datos necesarios son los cambios esperados en los promotores de cambio dominantes: tipo de combustible, velocidad efectiva del viento y algunas veces la HR.
 - Obtener la magnitud del cambio en la VP (a partir de una tabla de referencia) usando los cambios en tipo de combustible y velocidad del viento.
 - Estimar cambios en la longitud de llama a partir del combustible y a partir del cambio en la VP (recuerde la información de la unidad 1. El ambiente del fuego).
 - Evaluar y expresar el cambio como el índice VP.

El índice VP compara las velocidades actuales y esperadas de propagación del fuego. Por ejemplo, un cambio en la VP de 60 a 10 tiene un índice $VP = 60/10 = 6X$
 - Obtener el índice VP a partir de una tabla de referencia.

Básicamente, la tabla combina el efecto del tipo de combustible y el viento sobre la VP; multiplicado en la tabla principal (dividido en los casos de las dos columnas de la derecha).

C. La evaluación se utiliza en tres etapas sucesivas.

1. Uso preliminar: Se Identifica el próximo cambio importante que ocurrirá, requiriendo que el combatiente de incendios describa las condiciones actuales y esperadas del comportamiento del fuego.
2. Uso habitual: Se introduce la HR, el tipo de combustible y el viento (los factores clave); evalúa la magnitud del cambio en la VP, el índice VP (es una medida de peligro potencial).
3. Uso completo: Se combina el cambio esperado en la VP con la observación de la propagación del fuego en curso, para pronosticar la propagación futura del fuego (una base para la planificación de rutas de escape y tácticas).

La hoja de trabajo de FLAME sigue estas tres etapas de utilización. La hoja de trabajo guía un enfoque sistemático y puede proporcionar una valiosa documentación para su posterior revisión, entrenamiento o investigación de accidentes.

V. APRENDIENDO A UTILIZAR **FLAME**

Los ejemplos y la práctica son la mejor manera de aprender el proceso. En esta sección, los ejemplos de ejercicios abordan casos de cambios potencialmente peligrosos.

A. Evaluando los cambios en el tipo de combustible con FLAME

1. Ilustración #1: El fuego se propaga por una ladera y se mueve de pasto a desechos de bosque.
 - La velocidad efectiva del viento no está cambiando.
 - La VP del fuego disminuirá aproximadamente 14X en los desechos de bosque.
2. Ejercicio #1: El fuego se propaga desde los desechos de bosque hacia la copa de los arbustos.
 - La velocidad efectiva del viento no está cambiando.
 - La VP del fuego aumentará aproximadamente 4X en los arbustos.

B. Comparaciones de los cambios de viento

Los cambios de viento se deben a “cambios meteorológicos” a lo largo del tiempo y también a las variaciones de un lugar a otro en el terreno.

1. Utilizando la tabla, ajuste un viento de 19.2 kph en la ladera superior de barlovento a la ladera inferior de barlovento.
 - Elija “ $1 \rightarrow \frac{1}{2}$ ” basado en el diagrama de ajuste del viento y velocidad viento de 19.2 kph.
 - El viento en la ladera inferior será de aproximadamente 9.6 kph.
2. Al igual que los factores de ajuste del viento basados en ubicaciones topográficas, los factores de ajuste del viento para determinar la velocidad del viento a media llama están basados en tres tipos de combustibles principales, incluyendo, desechos de bosque, copas y pasto.
 - Cuando se determina la velocidad del viento a media llama para desechos de bosque, se debe usar un factor de ajuste de $\frac{1}{4}$ a la velocidad del viento a 6 m.

Por ejemplo, una velocidad del viento a 6 m de 32 kph se ajustaría a 8 kph para un tipo de combustible de desechos de bosque.
 - Para copas, el viento medido a 6 m debe ser usado sin ajuste descendente o ascendente para la velocidad del viento a media llama.
 - Para los tipos de combustible de pasto, debe ser usado un ajuste de $\frac{3}{4}$ para la velocidad del viento a 6 m.

Por ejemplo, un viento medido de 32 kph a una altura de 6 m se ajustaría a 24 kph en un tipo de combustible de pasto.

-
3. Un viento medido a nivel del ojo puede ser ajustado para adaptarse los tipos de combustible de desechos de bosque o de copa. La tabla de ajuste del viento puede ser usada para simplificar los cálculos.
 - Al usar el ajuste del viento a media llama, modifique una observación a nivel del ojo de 25.6 kph sobre terreno abierto para adaptarse a un tipo de combustible de desechos de bosque bajo un rodal de árboles.
 - Elija “ $\frac{3}{4} \rightarrow \frac{1}{4}$ ” basado en el diagrama de ajuste del viento y una velocidad del viento de 25.6 kph.
 - El viento en el combustible de desechos de bosque será de aproximadamente 8 kph.
 4. Los cambios meteorológicos a lo largo del tiempo se anticipan mejor a partir de lo que ha aprendido acerca de la meteorología del fuego y de los pronósticos.
 - Muchos cambios de viento son el resultado de cambios en la meteorología, y pueden ser anticipados a partir de su conocimiento de los procesos meteorológicos del fuego o de los pronósticos meteorológicos.
 - El viento también varía de un lugar a otro en terreno difícil, incluso si el tiempo atmosférico general no está cambiando.
 - Es un reto, pero la variación del viento debe ser tomada en cuenta a la hora de evaluar el comportamiento del fuego- puede ser un factor enorme.
 5. Las variaciones de un lugar a otro pueden ser estimadas con la información presentada a continuación.
 - La velocidad del viento que conduce al fuego a menudo cambia dramáticamente de un lugar a otro, y puede producir grandes cambios en el comportamiento del fuego. Necesitamos tener en cuenta esos cambios.
 - La velocidad del viento suele ser mayor en las laderas superiores que en las laderas inferiores cuando sopla hacia el interior o hacia arriba de la ladera.

-
- Las estimaciones de la variación de la velocidad del viento se aplican mejor en flujos de aire relativamente profundos, bien mezclados, y no estratificados, como los que ocurren en una tarde soleada típica, donde los vientos soplan a través de los obstáculos del terreno.
 - Guía: la velocidad del viento en la ladera inferior es aproximadamente $\frac{1}{2}$ de lo que es en la ladera superior (superior e inferior se refiere, a grandes rasgos, a los tercios superior e inferior)
 - El contraste de velocidad entre las laderas superiores y las laderas inferiores tiende a ser más grande cuanto más pronunciada es la pendiente.
 - Las velocidades del viento a media ladera estarán entre los valores de las velocidades del viento en las laderas superior e inferior, aproximadamente a $\frac{3}{4}$ de los valores en la cima.
 - Cuando los vientos soplan a través de las colinas, las velocidades (del viento) en la ladera de sotavento (el lado protegido) se ven muy afectadas; considerar los efectos de dicha protección es complicado, pero vale la pena el esfuerzo.
 - La desviación del humo puede ser un indicador de que el viento está soplando a través de las colinas y no simplemente hacia las laderas.
 - Los pronósticos de vientos generales/de cresta de 16 kph o superiores, son también un buen indicador de los vientos que soplan a través de los rasgos del terreno.
 - Las velocidades del viento en la ladera de sotavento suelen ser menores que las velocidades de la ladera de barlovento.
 - Espere turbulencia y variabilidad en las laderas de sotavento; no existen pautas aplicables de manera general.
 - Siempre que sea posible, utilice las mediciones pertinentes en el sitio; la desviación del humo y la escala Beaufort pueden ser útiles.
 - La observación directa del fuego a menudo puede servir para determinar el viento efectivo. Por ejemplo, si el fuego está en retroceso, la VEV se toma como de 0.8 kph.

-
- Para las colinas (de cientos de metros de altitud), con pendientes de 30% o menos y sin cordilleras pronunciadas, las velocidades del viento pueden ser estimadas a partir de estas pautas cuantitativas.
 - Nota: El límite de pendiente de 30% se aplica sólo a vientos del lado de sotavento, no del lado de barlovento.
 - Ajuste el viento medido o pronosticado en un lugar para adaptar las condiciones en la ubicación del fuego.
 - Cada cresta y valle a través de los cuales sopla el viento mostrará patrones similares de variación de velocidad del viento.
 - Los vientos de interés relevante y los vientos descendentes de ladera se estiman mejor a partir de las velocidades del viento pronósticas, no a partir de los ajustes.
 - Wind Wizard es un programa informático que modela flujo del viento sobre el terreno.
6. El viento que impulsa al fuego es el viento a aproximadamente el nivel de la llama o velocidad del viento a media llama (VVMLI); éste se ve afectado por la altura de la llama sobre el terreno y por los efectos de protección de la vegetación.

Una vez que obtenga el viento para la ubicación correcta en el terreno, ajústelo al nivel de la llama. La hoja de trabajo sigue esa secuencia.

- Para fuegos de copa en árboles y arbustos altos use la velocidad del viento a 6 metros.
- Para fuegos en combustibles abiertos como pasto y arbustos cortos use velocidades del viento a nivel de ojo, o $\frac{3}{4}$ de la velocidad del viento a 6 metros.
- Para fuegos en desechos de bosque u otros combustibles pequeños bajo dosel, use $\frac{1}{3}$ del viento al nivel del ojo o $\frac{1}{4}$ de la velocidad del viento a 6 metros.

-
- Por ejemplo, un viento a nivel de la copa (6 m) de 19.2 kph sería de unos 14.4 kph a nivel del ojo y de unos 4.8 kph a nivel de los desechos de bosque bajo un dosel de árboles.
 - Ajuste el viento medido o pronosticado para la ubicación del fuego al nivel de media llama apropiado; Esta escala sintetiza los ajustes. Una tabla puede hacer las matemáticas del ajuste.

7. Para fuegos que van en retroceso o flanqueando, la VEV es tomada como una constante.

La propagación del fuego en retroceso es impulsada en gran medida por la radiación y la conducción dentro de la cama de combustible, y es relativamente independiente del viento y la pendiente.

- Para fuego en retroceso contra el viento o contra la pendiente, la VEV es tomada como 0.8 kph.

El valor de 0.8 kph para la VEV del fuego en retroceso se deriva de los datos del modelo BEHAVEPlus. Tanto el pasto como los desechos de bosque muestran una VEV aproximadamente de 0.8 kph para fuego en retroceso.

- Para los fuegos de flanco con una influencia de viento predominantemente neutra, la VEV se toma como 1.6 kph.
- Cuando utilice “retroceso” o “flanco” en la tabla de VEV, el valor de VEV (ya sea $\frac{1}{2}$ o 1) se integra y se utiliza para encontrar el índice VEV.

8. Ilustración #2: Vientos superficiales en un fuego, como los vientos de una ruptura de inversión o de ondas de montaña.
9. Ejercicio #2: Los vientos sobre una inversión se mezclan hacia la superficie y causan un aumento significativo en la velocidad del viento y un cambio en su dirección.

C. La contribución de la pendiente a la velocidad efectiva del viento

Combinando el efecto de pendiente con la velocidad del viento a media llama obtenemos la VEV, una medida de la influencia total del viento y la pendiente en la VP.

1. La pendiente afecta la propagación del fuego hacia el frente, de la misma manera que lo hace el viento, al aumentar la efectividad de la transferencia de calor a nuevos combustibles; básicamente como un viento ascendente adicional.
 - Una pendiente más pronunciada equivale a más viento.
 - Agregue la siguiente velocidad del viento a la componente actual de velocidad del viento a media llama en pendientes ascendentes.
 - Pendientes menores a 20%, sin adición.
 - Pendientes de 20% a 40%, añadir 1.6 kph
 - Pendientes de 40% a 60%, añadir 3.2 kph
 - Pendientes de 60% a 80%, añadir 4.8 kph
 - Pendientes superiores de 80%, añadir 8 kph
 - Para el viento soplando constantemente en contra de la pendiente, se puede restar el efecto de pendiente.
 - Método abreviado: si la velocidad del viento a favor de la pendiente (en mph) es al menos $\frac{1}{2}$ de la pendiente (en %), la corrección por pendiente no se considera, porque es relativamente pequeña.
*La regla es para unidades inglesas, en unidades internacionales debe multiplicarse por 0.6213.

Por ejemplo, una velocidad de viento de 15 mph en una pendiente de 30% sería una VEV de solo 16 mph con el efecto de la pendiente agregada, no es una diferencia importante.

En kmp, velocidad de 24 kph en pendiente de 30%, VEV de 26 kph con el efecto de la pendiente agregada.*

-
2. Ilustración #3: El fuego se propaga en terreno plano y hacia una ladera, notándose un cambio tanto en viento como en pendiente.

El fuego sigue en combustibles de copa, por lo que no se calcula el efecto de cambio de HR. Seleccione la VEV en la tabla (en este caso $2\frac{1}{2}$) y lea el índice VP (3X).

3. Ejercicio #3: Cambios tanto en viento y pendiente, una pendiente inversa. Este ejercicio tiene lugar en la parte inferior de la ladera; vientos de sotavento contra vientos de barlovento.

D. Cambios combinados de tipo de combustible y viento

Aplicados en la hoja de trabajo FLAME y en la tabla del índice VP, igual que los efectos individuales.

1. Ilustración #4: Pendiente inversa: El fuego avanza, descendiendo una ladera con desechos de bosque, cruza una vaguada y es impulsado por el viento hacia la ladera contigua con arbustos.
 - El fuego en retroceso está en un tipo de combustible desechos de bosque con una VEV = 0.8 kph
 - El fuego a favor de la pendiente experimentará los efectos combinados del viento al nivel de la copa y de la pendiente; así como del cambio a un tipo de combustible más rápido (de desechos de bosque a follaje de copa), 140X.
2. Ejercicio #4: Fuego sobre desechos de bosque en la parte inferior de la ladera se convierte a fuego de copa en la parte superior de la ladera.
 - El cambio de combustibles desechos de bosque a copa resultará en un incremento de aproximadamente 4X en la VP.
 - El viento sobre las llamas incrementará por un factor de casi 5X.
 - Los cambios combinados de combustible y viento incrementarán la VP en 30X.

3. Ejercicio #5: Fuego de flanco en desechos de bosque bajo dosel en la base de la pendiente, moviéndose hacia pasto en una ladera expuesta al viento.

- El cambio del tipo de combustible de desechos de bosque a pasto resultará en un aumento aproximadamente de 15X en la VP.
- El viento en las llamas incrementará por un factor de 8X.
- Los cambios combinados de combustible y viento aumentarán la VP en 180X.

En la línea de fuego, continúe siempre observando después de hacer su pronóstico; tome nota de cómo se comparan las condiciones respecto a lo que se ha pronosticado. Cuando el comportamiento del fuego pronosticado se produzca, anticipe el próximo cambio importante.

Usted puede hacer una estimación aproximada de la VP actual (no del cambio en la VP) aplicando estas sencillas pautas. Las pautas se derivan de las gráficas de FLAME para cada tipo de combustible.

VI. ESTUDIO DE UN CASO REAL – EL INCENDIO SOUTH CANYON

Utilice la descripción de los hechos y del ambiente del comportamiento del fuego; no juzgue las decisiones de los combatientes de incendios.

Considere cómo podría haberse aplicado FLAME en esta situación y el tipo de información sobre el comportamiento del fuego que podría haberse generado.

A. Datos importantes del estudio de caso:

- La etapa en retroceso del fuego (comportamiento en el momento) podría haber proporcionado al combatiente de incendios una línea base de la VP observada.

-
- Completar una hoja de trabajo FLAME podría haber motivado la búsqueda de un pronóstico actualizado y llamar la atención en:
 - El aumento de los vientos
 - La magnitud del próximo cambio importante
 - La necesidad de ubicar mejor a los vigilantes
 - La aplicación completa de FLAME podría proporcionar un cronograma muy realista de la propagación pronosticada del fuego (a favor de la pendiente).

B. Incendio South Canyon (paso del frente frío)

La protección por la topografía y la vegetación ocultó los incrementos del viento a las brigadas trabajando en la línea de fuego.

- Comportamiento del fuego presente observado
- Descripción general del área
- Uso de FLAME
- Índice VEV (no se usa la pendiente)
- Buscando el índice VP
- Aplicando el VCRZ
- Anticipándose al frente frío
- Valor potencial de la evaluación FLAME

C. Como abordar los cambios posibles y probables

Usted puede utilizar la información de FLAME de diferentes maneras, dependiendo de si estas planteando un cambio esperado bastante seguro o solamente un cambio posible.

1. Para los cambios que probablemente ocurran, planifique, para su seguridad, el VCRZ y las tácticas.

Estos casos pueden incluir la pérdida y la mezcla de la inversión, frentes fríos, brisa marina, vientos de ladera y de cañón.

2. Para los posibles cambios, monitoree cuidadosamente, y elabore un programa de contingencia en caso de que el cambio sea más probable.

Estos casos incluyen vientos asociados con tormentas eléctricas, ondas superficiales, rachas en los flancos.

3. ¿Cuándo debería utilizar FLAME?

- Al llegar la primera vez al incendio.
- Cuando inicie su periodo operacional.
- Cuando se produzca el próximo cambio importante en el ambiente del fuego.

FLAME no debe ser aplicado en lugar de la conciencia situacional continua, sino como una herramienta para mejorar la conciencia general.

Usted ha sido inducido a los elementos básicos, pero más importante, del proceso FLAME.

Para adquirir más destreza, puede utilizar el entrenamiento complementario disponible en el módulo de autoaprendizaje en línea de FLAME en <http://training.nwcg.gov/online.html>

VII. OTROS PROCESADORES DE COMPORTAMIENTO DEL FUEGO DISPONIBLES

- A. El apéndice B del **manual de la Línea de fuego** proporciona formatos y tablas para estimar la VP real.
1. La hoja de trabajo sobre el comportamiento del fuego puede utilizarse para registrar los insumos y los resultados.
 2. Los insumos indican qué tabla utilizar, y los resultados son leídos desde esa tabla.
 3. Un ejemplo:
 - Combustible: Pasto, modelo 1
 - HCFM: 6%
 - Pendiente: 45%
 - Velocidad del viento a media llama: 6.4 kph
 - VP pronosticada: 1,920 m/hr, LLI .4 metros
- B. Los nomogramas son grupo de gráficos que proporcionan el mismo tipo de información que las tablas del apéndice B, pero usan gráficas para los datos de entrada y para los resultados.
1. Los insumos son similares a los que se muestran en la hoja de trabajo del apéndice B.
 2. Utilizando los mismos insumos como en el ejemplo del apéndice B, se obtiene un resultado básico de VP de aproximadamente 1,800 m/hr.
 3. El gráfico superior derecho se convierte entonces en un “gráfico de arrastre” e indica el LLI a la ILF (intensidad en la línea de fuego).
 4. Para los combustibles que tienen un componente vivo, como el modelo 5: Arbustos, hay una opción de curva “S” en el gráfico superior derecho. En los otros casos el proceso es igual al anterior.

C. BEHAVE Plus es el software de un sistema de predicción de comportamiento del fuego

1. Los insumos son similares a los mostrados en la hoja de trabajo del apéndice B.
2. Los resultados son similares a los mostrados en la hoja de trabajo del apéndice B.
3. Actualmente existen 40 modelos de combustible para el BEHAVE Plus, adicionales a los 13 modelos de combustible originales.

D. Sistema canadiense de predicción del comportamiento del fuego (CFFBPS, por sus siglas en inglés)

Utilizado principalmente en:

- Canadá
- Alaska
- Los estados de los grandes lagos (Michigan, Minnesota, etc.)
- Zonas del noroeste del pacífico (EUA)

E. Comparación de procesadores

1. FLAME

- 2 insumos
 - Tipo de combustible y VEV
 - Observación de la propagación presente del fuego
- 1 tabla principal, 3 diagramas (para la velocidad del viento y la pendiente)
- Resultados
 - Cambio en la VP
 - Pronóstico del tiempo de propagación del fuego
- Se basa en el comportamiento presente del fuego

2. Apéndice B

- Usa 6 insumos
- 114 páginas de tablas
- Hasta 9 resultados, incluyendo VP y LLI

3. Nomogramas

- Usa 6 insumos
- 26 nomogramas (más de 100 gráficos) y varias tablas de insumos
- Los resultados incluyen, VP, C/A (calor por unidad de área), y LLI

4. BEHAVEPlus

- Usa 6 insumos
- Es un software
- Muchos resultados posibles, incluyendo VP y LLI

El apéndice B, los nomogramas y los pronósticos de BEHAVEPlus no tiene en cuenta el comportamiento presente del fuego, sino que utilizan únicamente las condiciones previas.

VIII. REFLEXIONES FINALES

Aprender a utilizar los procesadores del comportamiento del fuego requiere tiempo y esfuerzo.

La seguridad de los combatientes de incendios y el éxito de la supresión del fuego dependen de la elaboración de buenas evaluaciones del comportamiento del fuego y la previsión a tiempo del próximo cambio importante para planificar con base en éste.

El comportamiento del fuego no es sencillo; algunas veces será “engañado”. Evalúe sus pronósticos; esto aumentará el valor de su experiencia en el comportamiento del fuego; y sobre todo intente comprender lo que está ocurriendo en el ambiente del fuego.

Con práctica y experiencia sobre el fuego, el uso de los procesadores y el reconocimiento de los indicadores asociados a la conciencia situacional se hará más rápido y fácil.

