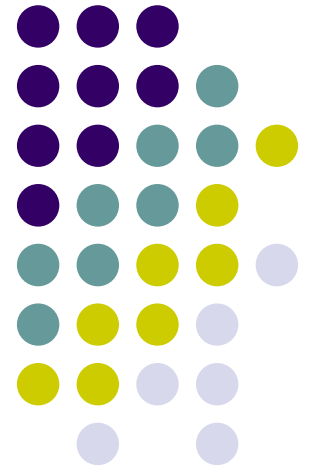
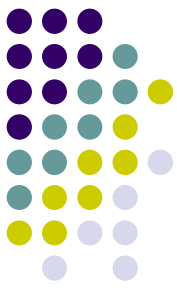


Un modelo de objetos para la predicción del comportamiento del fuego en incendios sobre distintas superficies

Pertino Guillermina

Diciembre 2008





Resumen

- **Introducción**
- El fuego
- Algoritmos matemáticos de predicción
- Modelo Orientado a Objetos
- Configuración del modelo para una simulación de incendio
- Conclusiones
- Trabajo futuro



Introducción

La **estimación del comportamiento del fuego** intenta predecir la manera en que se comportan las distintas variables del fuego

Variables de interés:

- Velocidad de propagación del frente del fuego
- Perímetro del fuego
- Longitud y altura de las llamas
- Etc.

Introducción - Ventajas



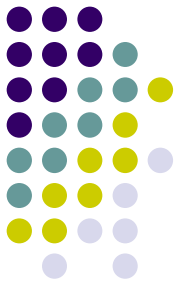
- Prevención de incendios
- Contención de incendios
- Determinación de riesgo de incendio
- Entrenamiento del personal encargado de la prevención y control de incendios (bomberos, guardaparques, etc.)
- Soporte para realizar quemas controladas exitosas

Introducción



OBJETIVO PRINCIPAL:

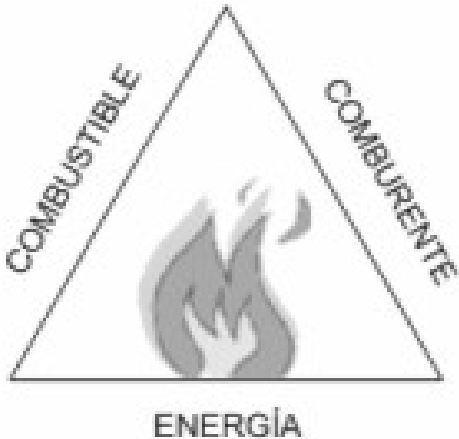
Desarrollar un modelo **Orientado a Objetos** altamente **reusable** y fácilmente **extensible** que permita estimar diferentes aspectos del comportamiento del fuego en cualquier superficie.



Resumen

- Introducción
- **El fuego**
- Algoritmos matemáticos de predicción
- Modelo Orientado a Objetos
- Configuración del modelo para una simulación de incendio
- Conclusiones
- Trabajo futuro

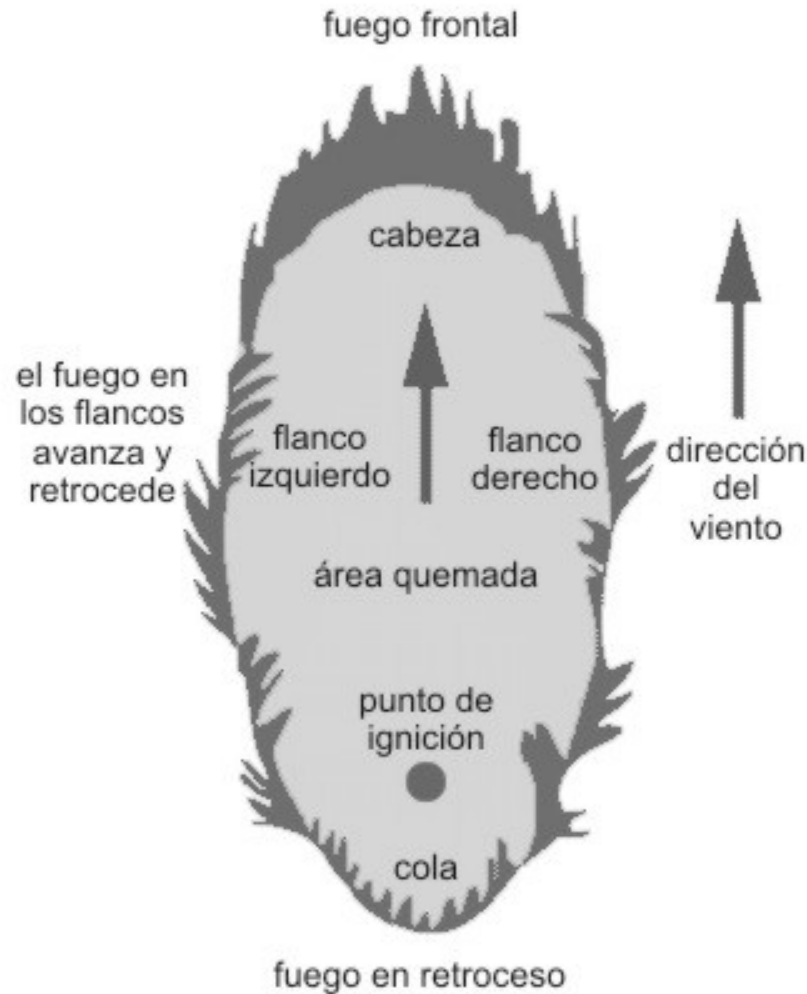
El fuego



El triángulo del fuego

- Combustible: Material orgánico vegetal susceptible de ser quemado
- Comburente: Oxígeno del aire
- Energía: Chispa o temperatura elevada

El Fuego - Partes del fuego en movimiento



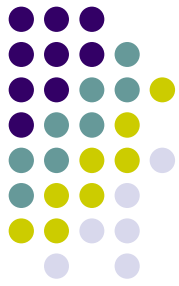
El Fuego – Efectos negativos



Un **incendio** es la ocurrencia de fuego no deseada

- Cada año se queman miles de hectáreas de bosques u otros tipos de vegetación, destruyendo árboles y recursos naturales
- Los gases y partículas emitidas por los incendios tienen impacto en la composición y funcionamiento de la atmósfera global
- La ocurrencia indiscriminada de incendios provoca una transformación progresiva de la tierra en desiertos

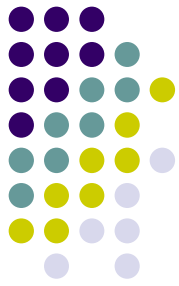
El Fuego – Factores que lo influncian



Los factores que influncian el comportamiento del fuego se pueden dividir en:

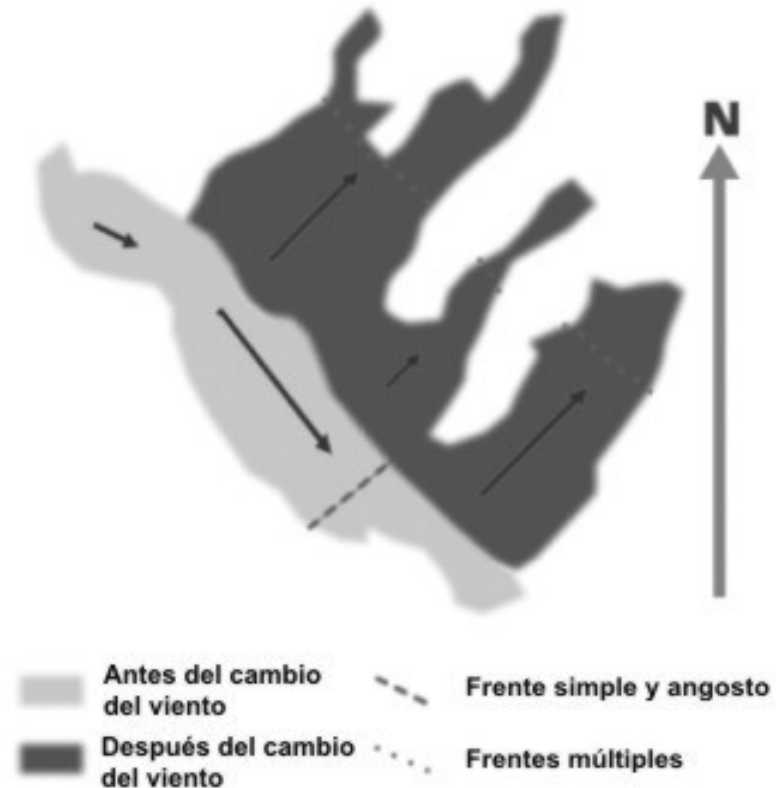
- **Condiciones climatológicas**
- **Combustibles**
- **Topografía**

El Fuego – Factores que lo influncian



Condiciones climatológicas

- Viento (dirección y velocidad)
- Temperatura
- Humedad relativa
- Precipitaciones recientes



El Fuego – Factores que lo influyen



Combustible

- Tipo
- Carga o cantidad
- Forma y tamaño
- Contenido de humedad
- Grado de sequedad
- Continuidad
- Composición química

El Fuego – Factores que lo influncian



Topografía

- Inclinación del suelo
- Elevación
- Aspecto
- Configuración de la Tierra

El Fuego



Administración del fuego:

- Prevención de incendios
 - Intenta evitar que se produzcan incendios
- Contención de incendios
 - Intenta lograr la extinción de los incendios reduciendo al mínimo sus efectos negativos

En ambos casos es muy importante contar con herramientas capaces de predecir el comportamiento del fuego

El Fuego – Prevención de incendios



Manipulación de los factores de influencia:

- El combustible
- ✘ Las condiciones meteorológicas
- ✘ La topografía

Aunque son los factores con mayor influencia sobre el comportamiento del fuego, la velocidad del viento y la topografía no pueden ser modificadas por el hombre para reducir el riesgo de incendio

El Fuego – Contención de incendios



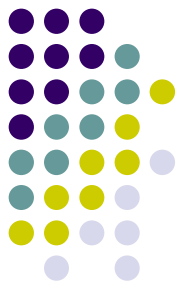
- La fase de crecimiento inicial puede proveer una oportunidad única para la extinción de incendios que serían imposibles de controlar una vez que alcanzan su máxima intensidad y velocidad de propagación
- Se deben realizar acciones de contención rápidas, agresivas y eficaces



Resumen

- Introducción
- El fuego
- **Algoritmos matemáticos de predicción**
- Modelo Orientado a Objetos
- Configuración del modelo para una simulación de incendio
- Conclusiones
- Trabajo futuro

Algoritmos matemáticos de predicción



La **velocidad de propagación del frente del fuego (VPF)** es la velocidad de propagación del fuego que se extiende en la misma dirección que el viento

RsCh - RMk4G - RMk5G (pastizales)
RMk5F (bosques)

Estos algoritmos estiman la velocidad de propagación del frente del fuego en base a un pequeño conjunto de factores de influencia y se caracterizan por su simplicidad

Algoritmos matemáticos de predicción - RsCh



$$RsCh = f(i, U10, Mf, C)$$

- RsCh = velocidad de propagación de Cheney para incendios en pastizales
- i = tipo de pastura (pasturas naturales imperturbadas, pasturas cortadas o pastadas y pasturas considerablemente cortadas o discontinuas)
- U10 = velocidad del viento a 10 metros
- Mf = contenido de humedad del combustible muerto
- C = grado de sequedad del pasto

Algoritmos matemáticos de predicción – RMk4G



$$\text{RMk4G} = f(\text{C}, \text{T}, \text{H}, \text{U10})$$

- RMk4G = velocidad de propagación de McArthur para incendios en pastizales
- C = grado de sequedad del pasto (0 – 100%)
- T = temperatura (0 – 45°C)
- H = humedad relativa (0 – 100%)
- U10 = velocidad del viento a 10 metros

Algoritmos matemáticos de predicción – RMk5G



$$\text{RMk5G} = f(\text{C}, \text{T}, \text{H}, \text{U10}, \text{Pf})$$

- RMk5G = velocidad de propagación de McArthur para incendios en pastizales
- C = grado de sequedad del pasto (0 – 100%)
- T = temperatura (0 – 45°C)
- H = humedad relativa (0 – 100%)
- U10 = velocidad del viento a 10 metros
- Pf = carga del combustible (0 – 25 toneladas/hectárea)

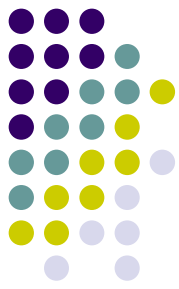
Algoritmos matemáticos de predicción – RMk5F



$$\text{RMk5F} = f(T, H, U10, Pf, S, G)$$

- RMk5F = velocidad de propagación de McArthur para incendios forestales
- T = temperatura (0 – 45°C)
- H = humedad relativa (0 – 100%)
- U10 = velocidad del viento a 10 metros (0 – 70 km/hr)
- Pf = carga del combustible (toneladas/hectárea)
- S = factor de sequía (0 – 10)
- G = inclinación del suelo (°)

Algoritmos matemáticos de predicción

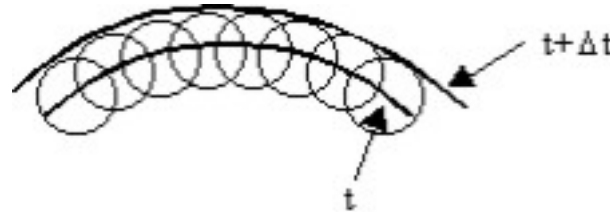


Estimar el **comportamiento del fuego** implica determinar qué forma toma el fuego una vez transcurrido el tiempo

Huygens Modelo Normal

Estos algoritmos son mas complejos, pero también lo es el resultado obtenido

Algoritmos matemáticos de predicción – Huygens



- En el tiempo t , cada punto del perímetro del fuego se expande como una pequeña elipse
- El nuevo perímetro del fuego en el tiempo $t + \Delta t$ está definido por el contorno que envuelve las elipses
- Los parámetros de las elipses pueden ser estimados de la velocidad de propagación del frente del fuego y el viento

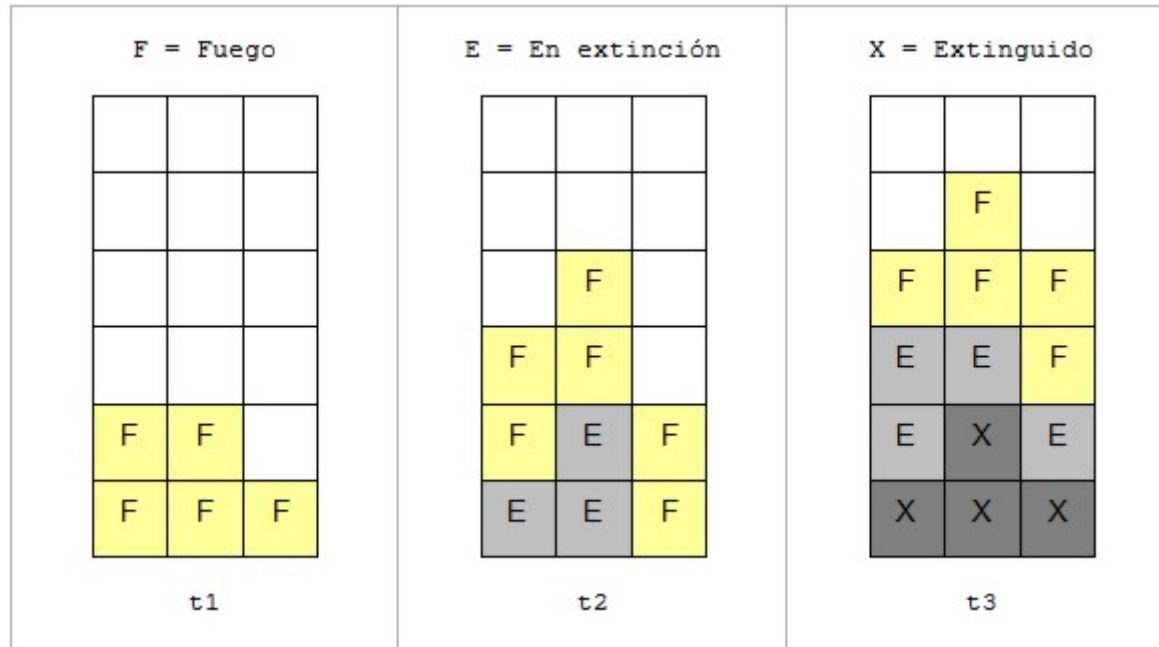
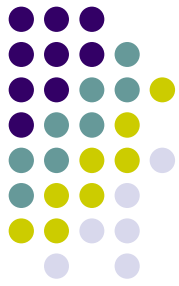
Completa sustancialmente la información obtenida con los algoritmos de estimación de la velocidad de propagación del frente del fuego

Algoritmos matemáticos de predicción – MNormal



- Está basado en la teoría de percolación, que muestra como la interconexión de un sistema afecta su comportamiento
- El dominio se representa mediante una matriz M de $n \times m$
- Una posición $M[i,j]$ en llamas emite calor a los vecinos más próximos $M[i-1,j]$, $M[i,j-1]$, $M[i+1,j]$ y $M[i,j+1]$
- La cantidad de calor emitida depende del **viento**, la **topografía**, el **índice de inflamabilidad**, la **temperatura** y las **precipitaciones**

Algoritmos matemáticos de predicción – MNormal



Algoritmos matemáticos de predicción – MNormal



$$\text{MNormal} = f(\text{U}, \text{DEM}, \text{I}, \text{T}, \text{P})$$

- MNormal = matriz de dominio resultante del modelo Normal
- U = dirección y velocidad del viento
- DEM = modelo digital de elevación
- I = matriz de índices de inflamabilidad
- T = temperatura
- P = precipitaciones recientes



Resumen

- Introducción
- El fuego
- Algoritmos matemáticos de predicción
- **Modelo Orientado a Objetos**
- Configuración del modelo para una simulación de incendio
- Conclusiones
- Trabajo futuro

Modelo Orientado a Objetos



Qué es lo que debemos modelar:

- El fuego
- Los factores del entorno que influyen el comportamiento del fuego
- La manera en que estos factores modifican el comportamiento del fuego (los algoritmos matemáticos)
- Cómo interactúan el fuego, los factores de influencia y los algoritmos para obtener las estimaciones

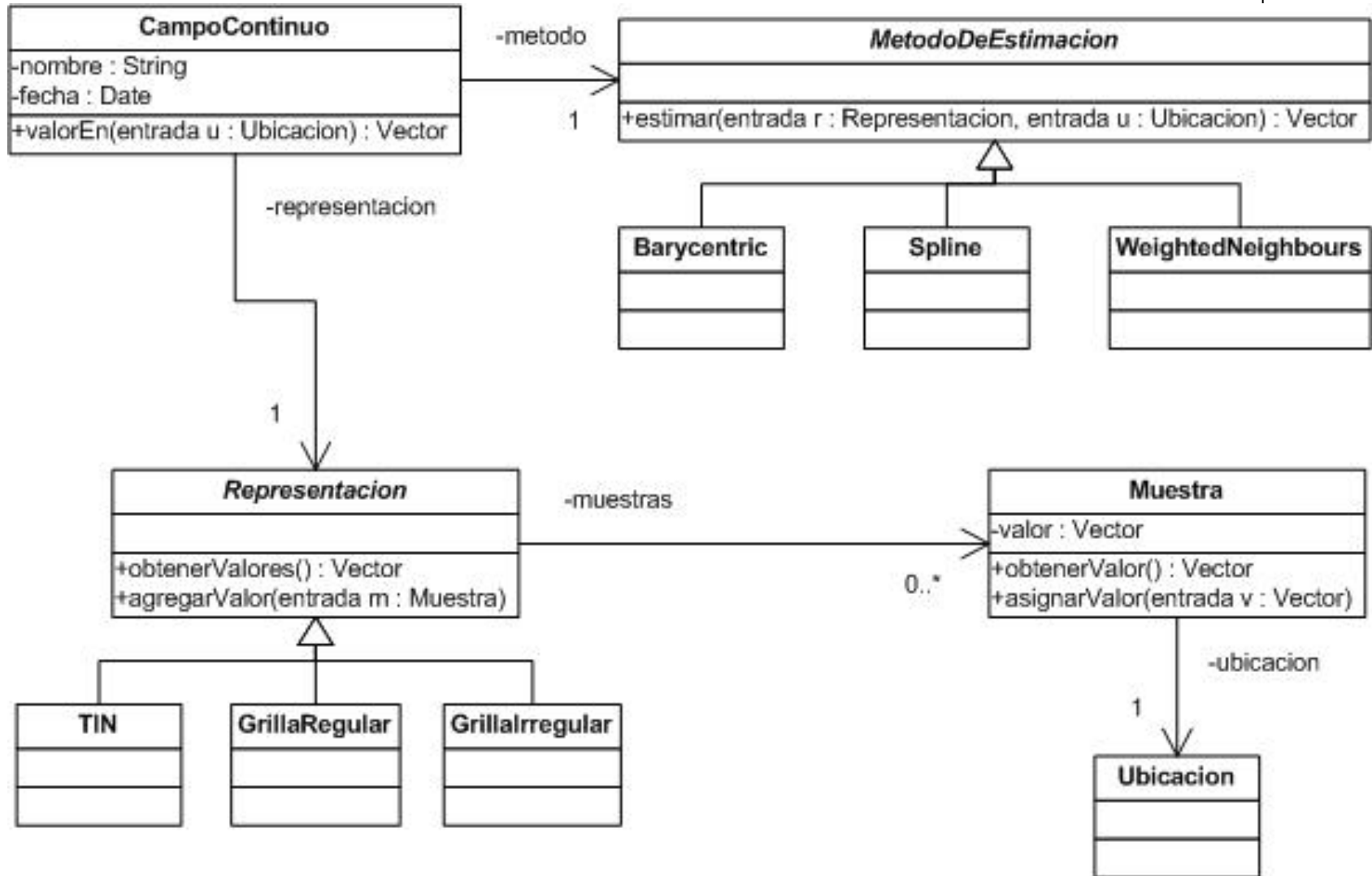
Modelo Orientado a Objetos



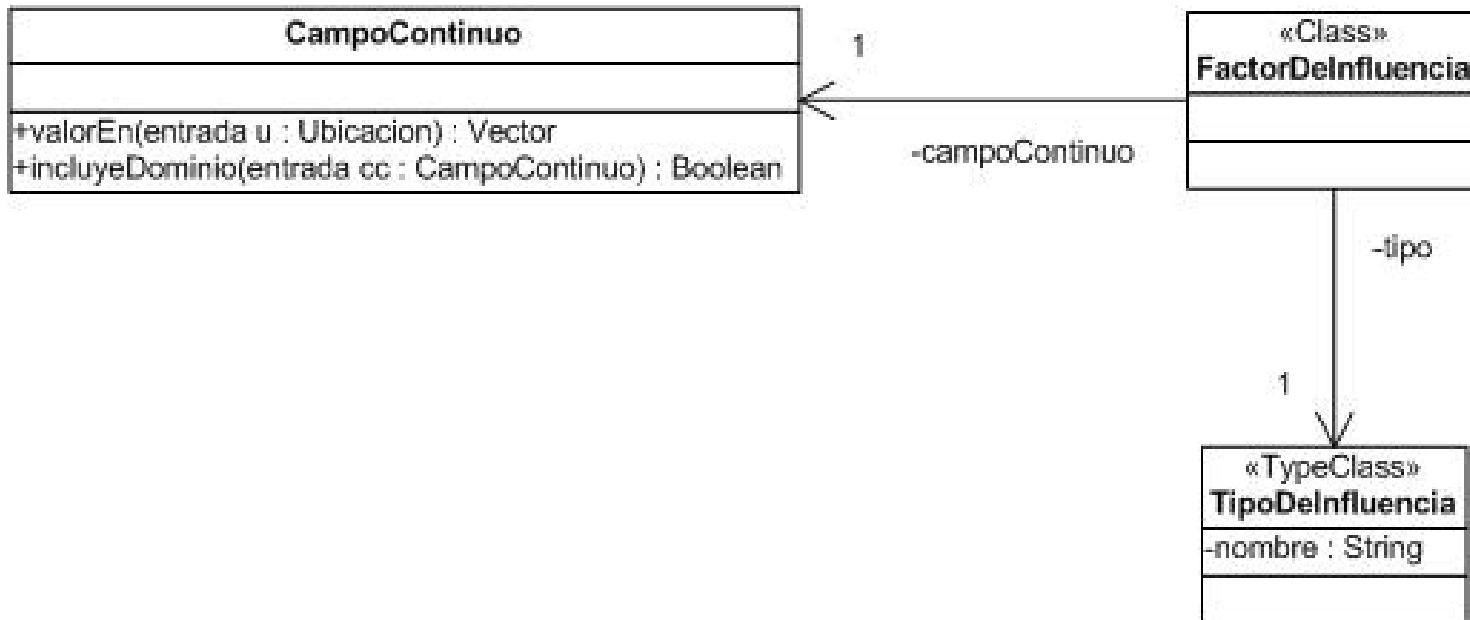
- Fenómenos geográficos
 - La ubicación geográfica del fenómeno es una característica importante o crítica para el análisis
- Fenómenos continuos
 - Se extienden a lo largo de un espacio continuo

El fuego y los factores de influencia son fenómenos geográficos y continuos

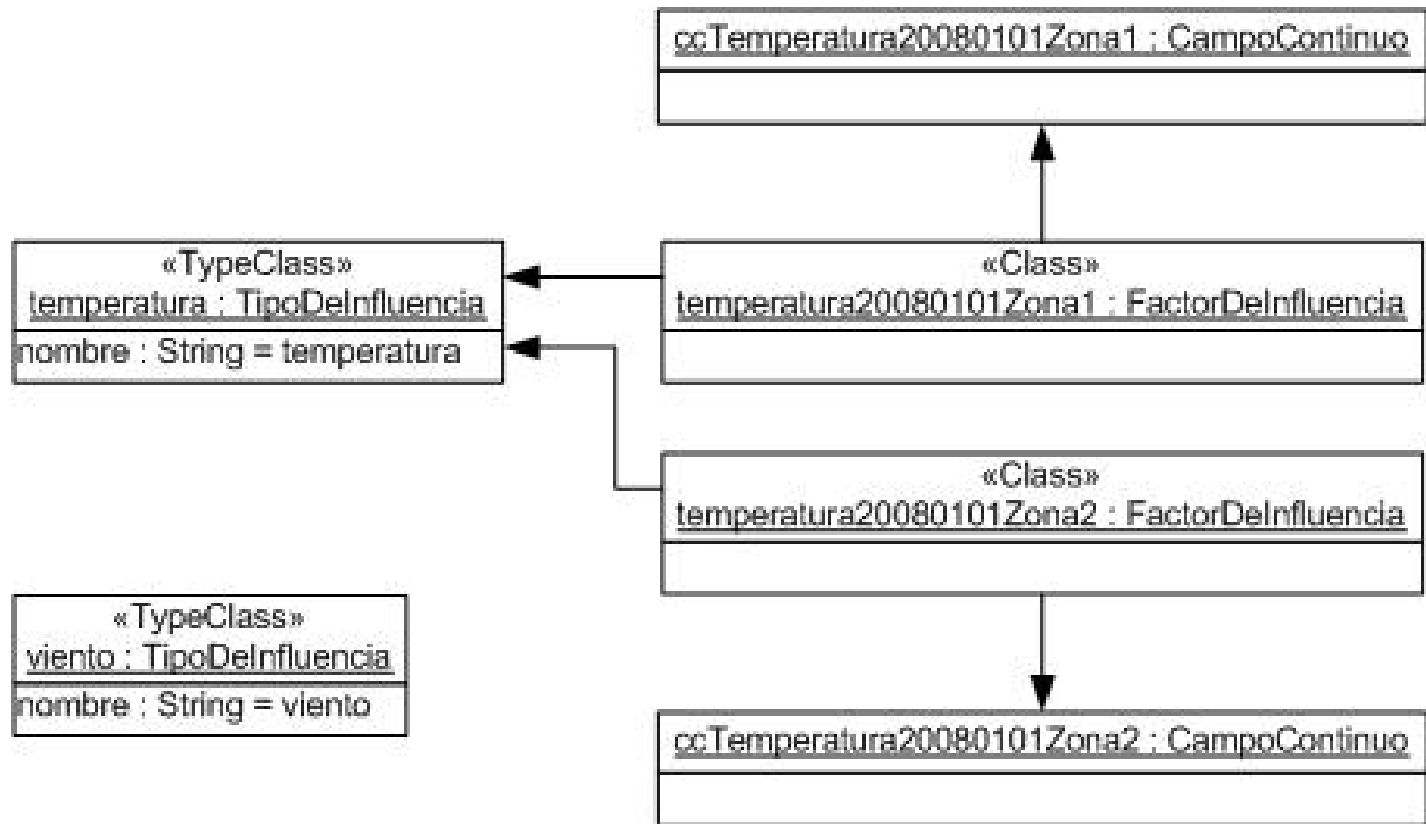
Modelo Orientado a Objetos - Campos continuos



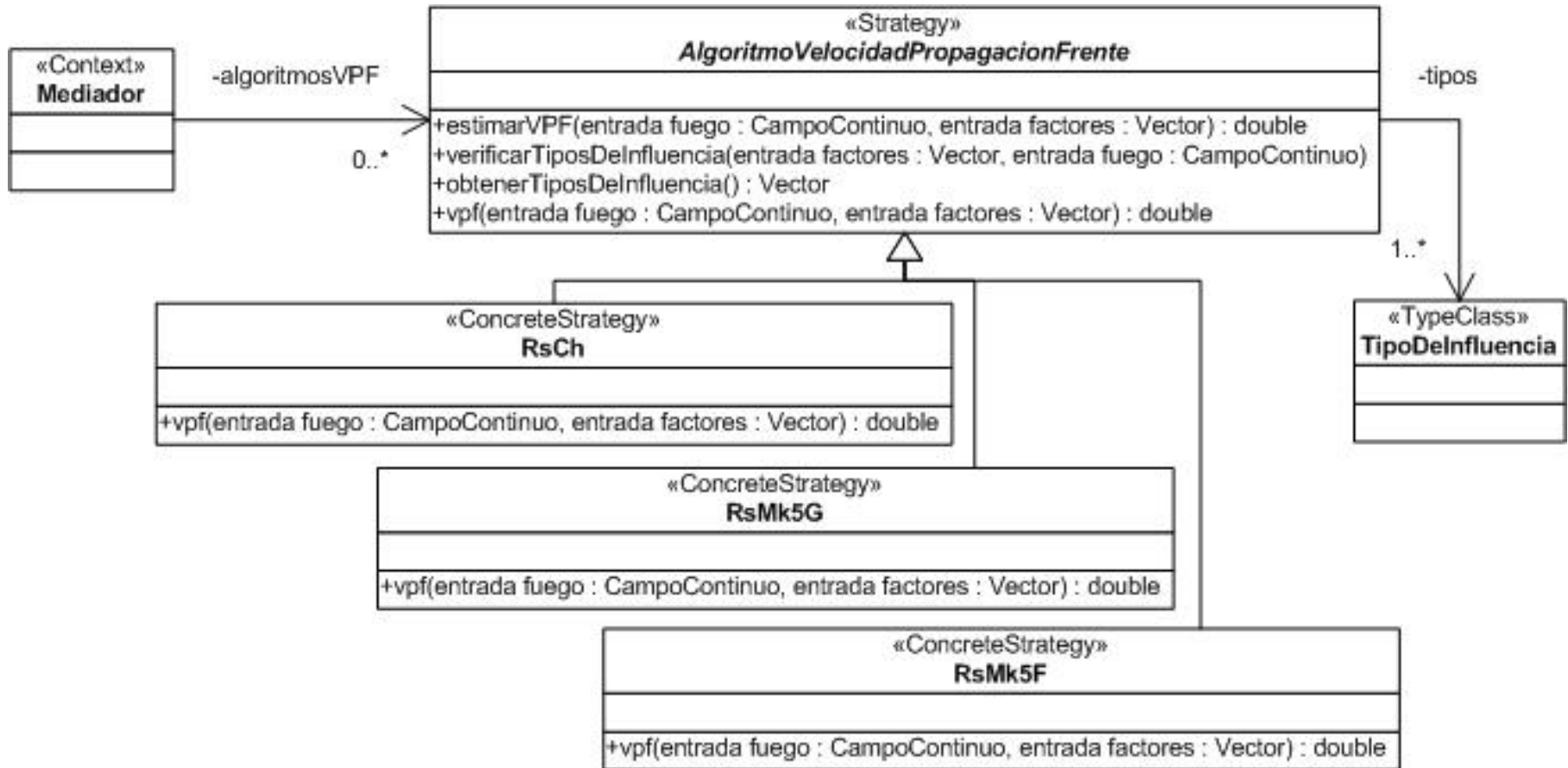
Modelo Orientado a Objetos - Factores de influencia



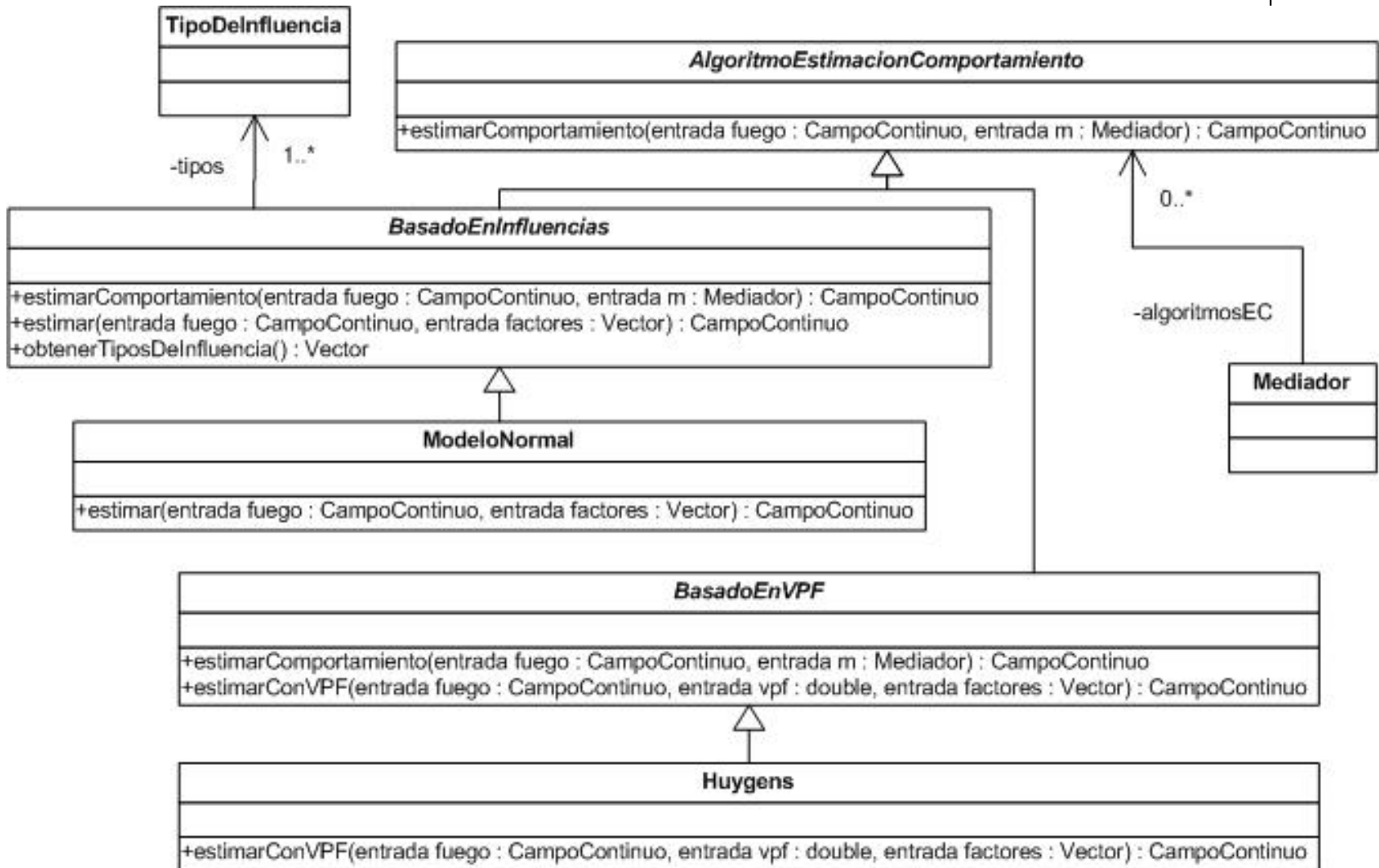
Modelo Orientado a Objetos - Factores de influencia



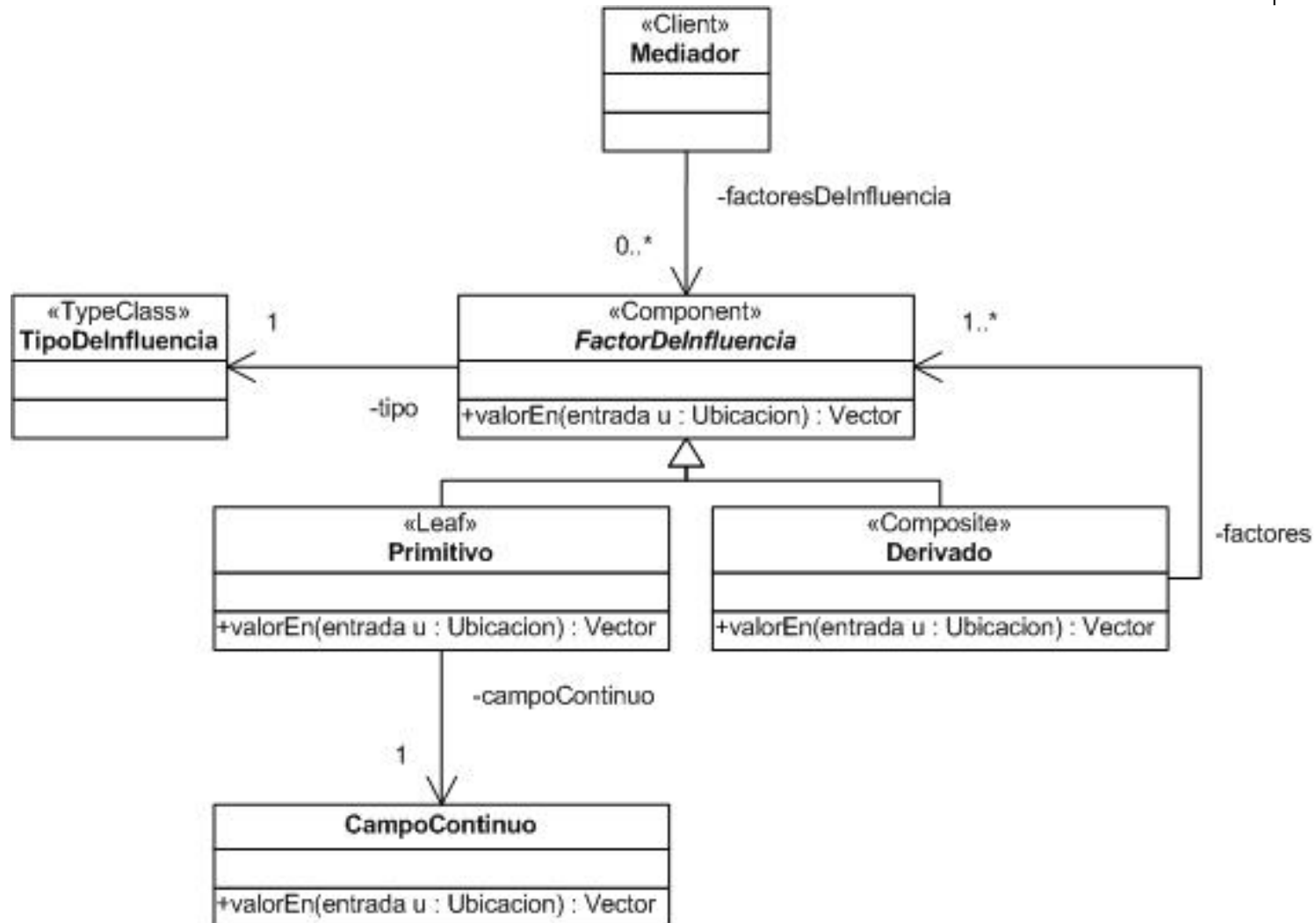
Modelo Orientado a Objetos - Algoritmos VPF



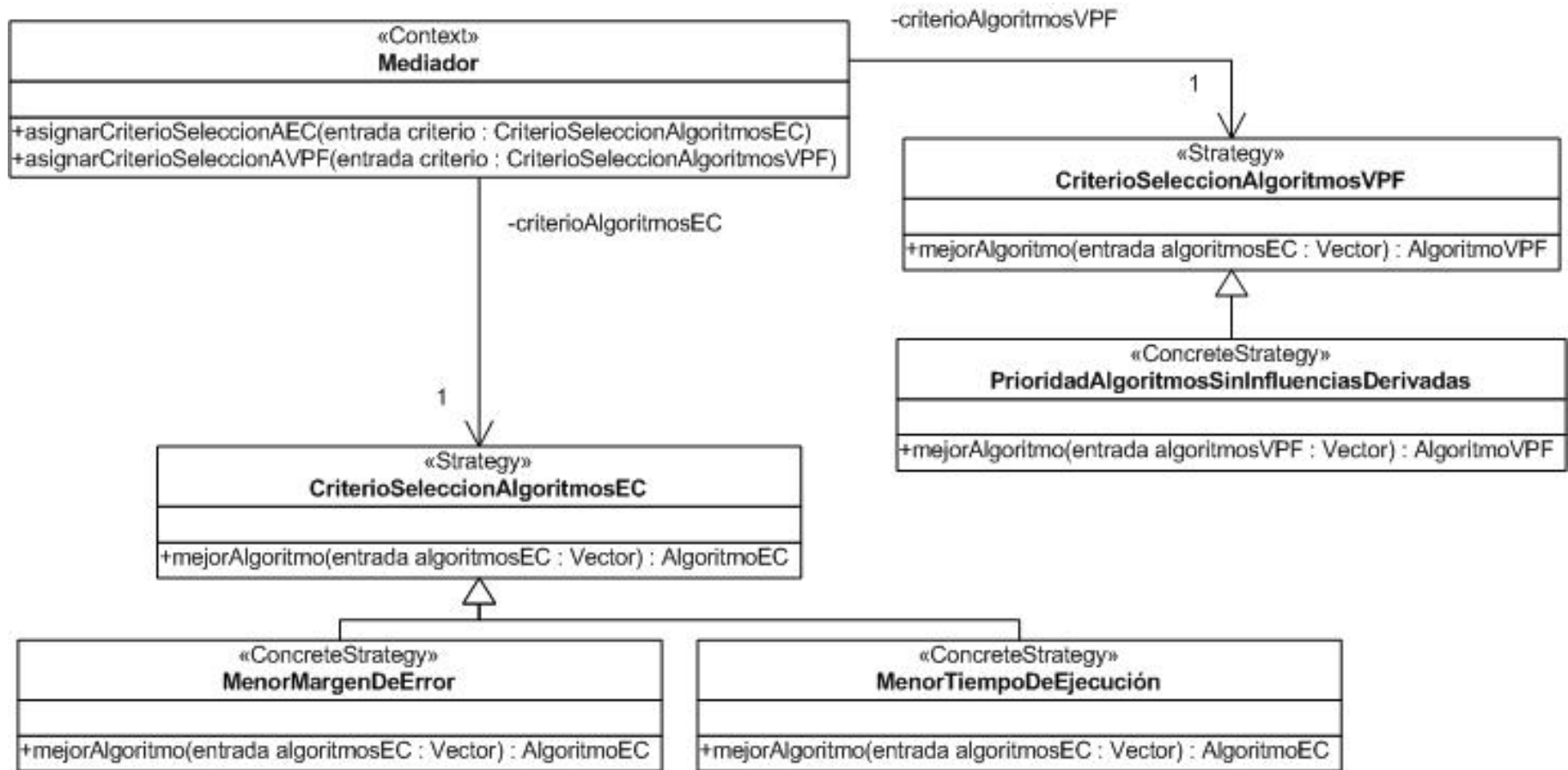
Modelo Orientado a Objetos - Algoritmos EC



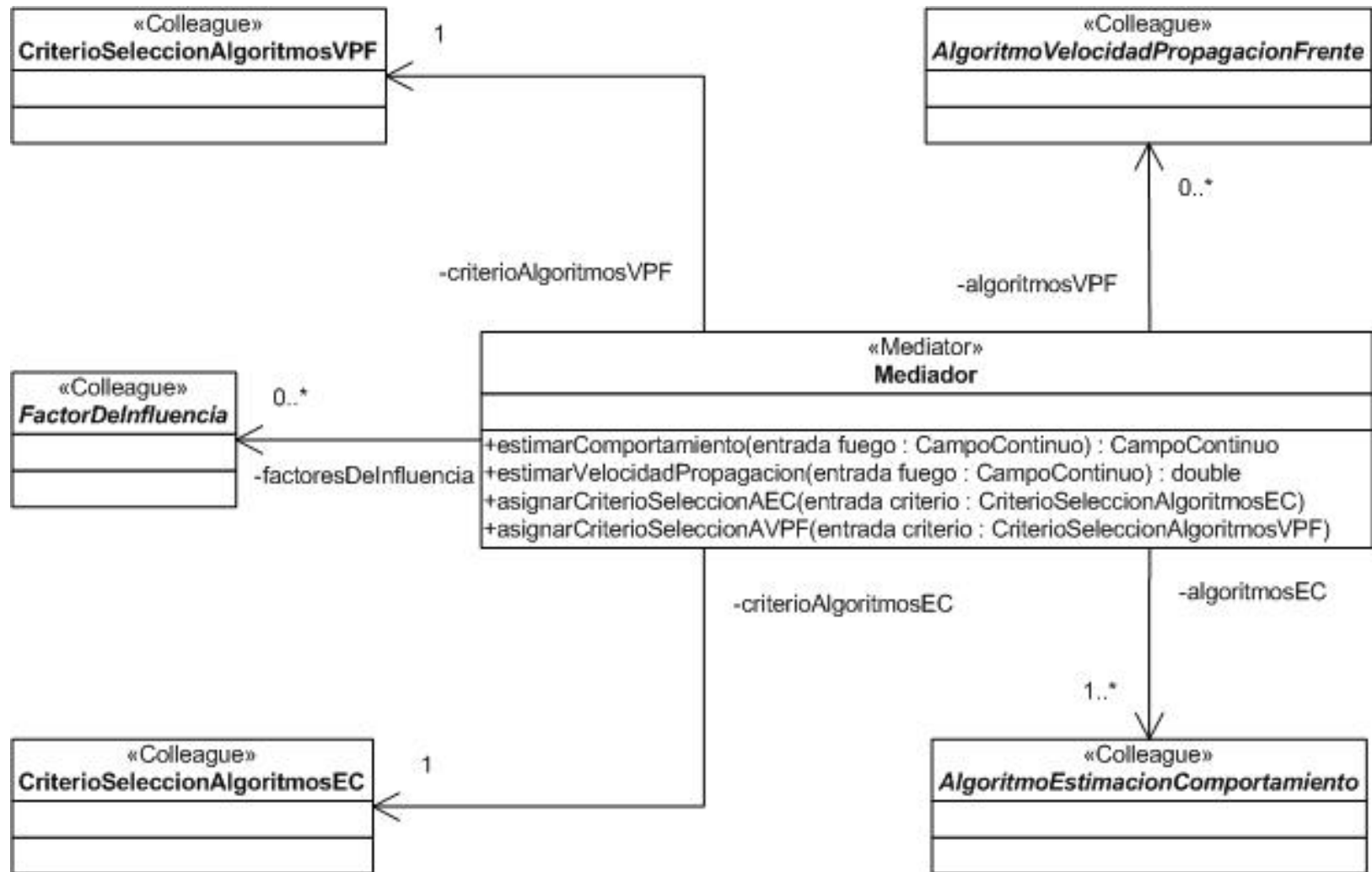
Modelo Orientado a Objetos - Factores primitivos y derivados

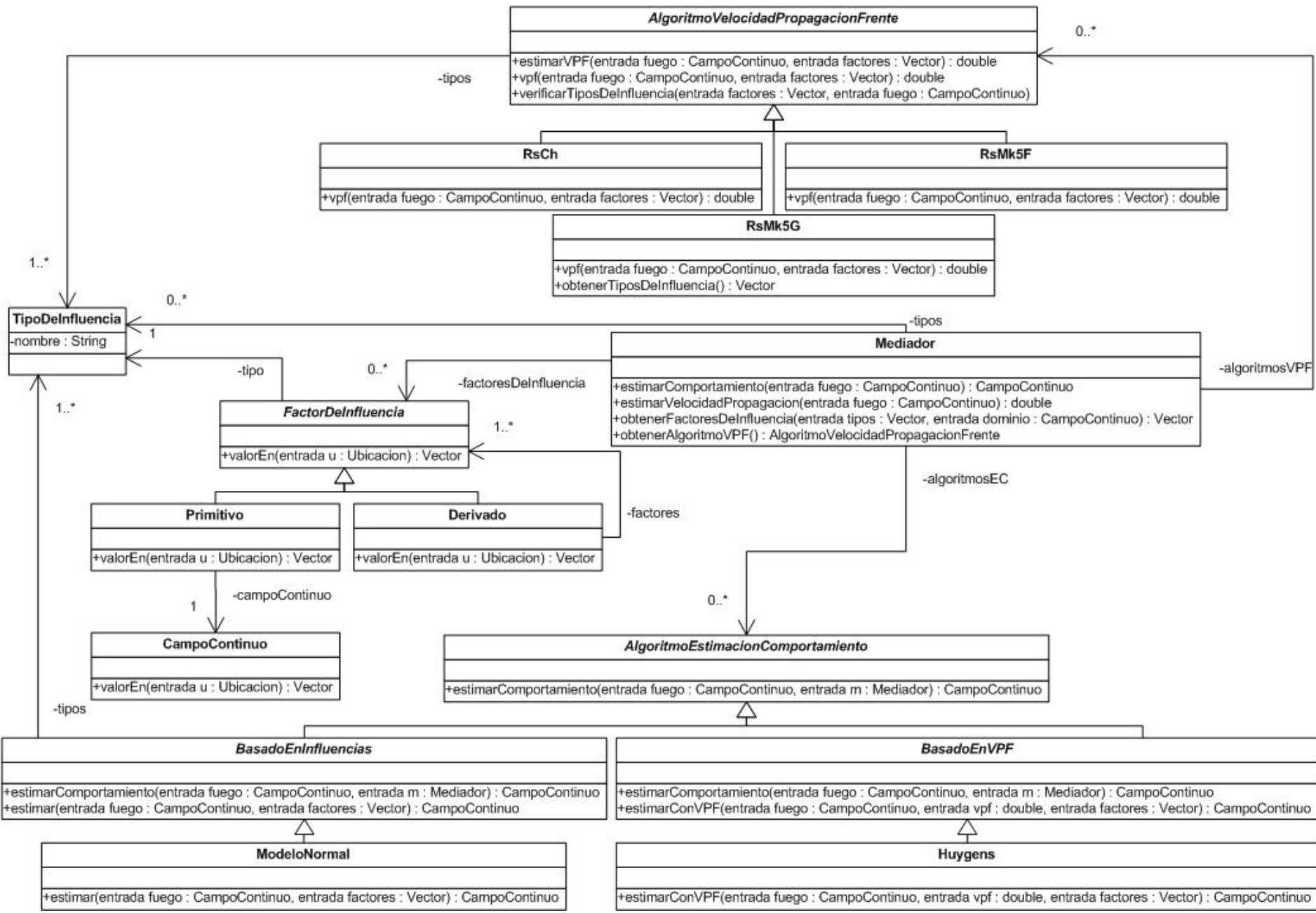


Modelo Orientado a Objetos - Selección de algoritmos



Modelo Orientado a Objetos - Mediator







Resumen

- Introducción
- El fuego
- Algoritmos matemáticos de predicción
- Modelo Orientado a Objetos
- **Configuración del modelo para una simulación de incendio**
- Conclusiones
- Trabajo futuro

Configuración del modelo



Quema controlada

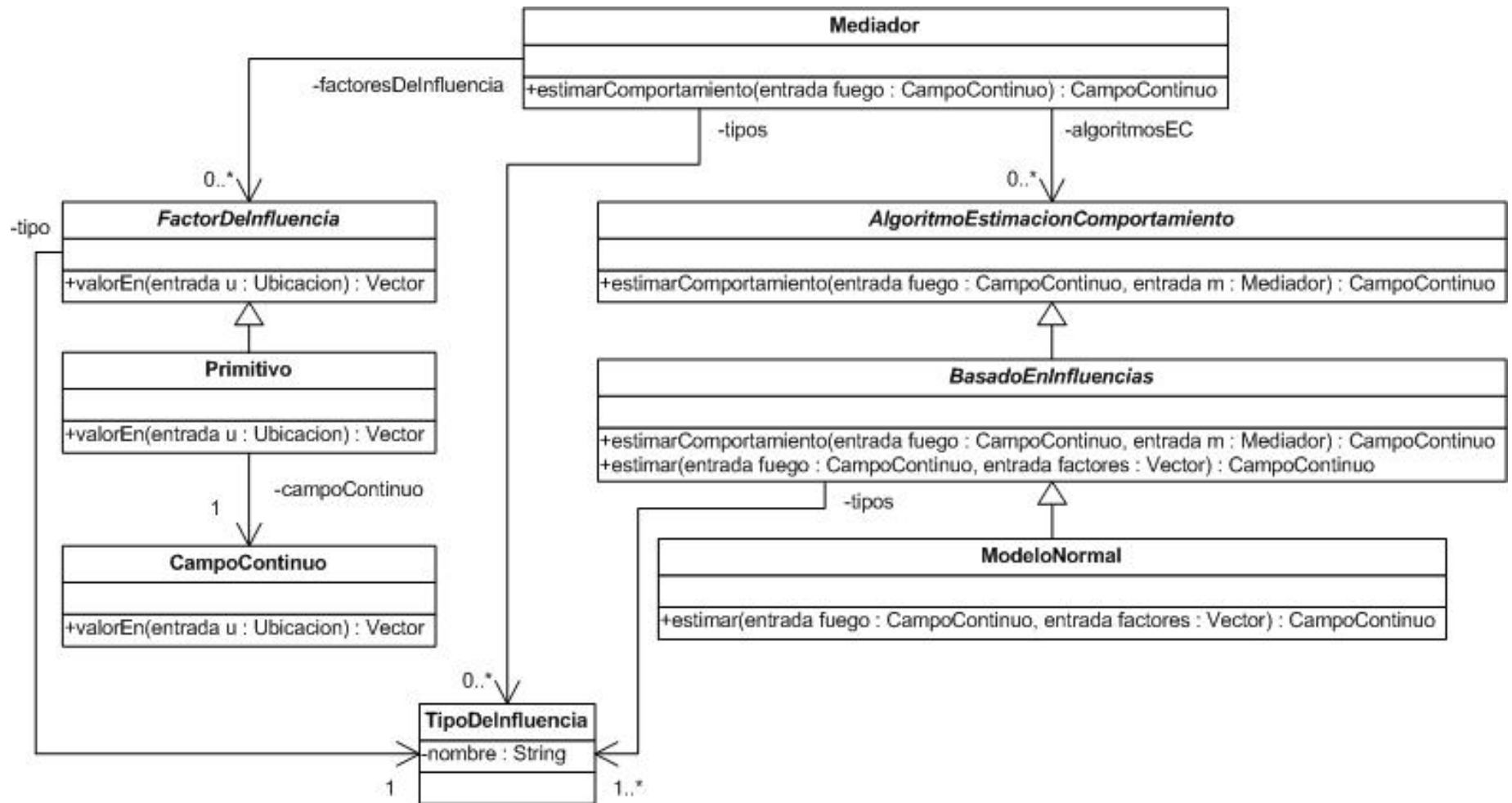
- Noreste de Río Negro
- Vegetación:
 - Arbustos y Gramíneas (pastos)
 - Cobertura relativamente alta (>60%)
- Clima:
 - Subtemplado seco de transición
 - Precipitaciones anuales promedio de 270 milímetros
 - Ventoso especialmente en primavera y verano



Configuración del modelo

- Resultado esperado: controlar las especies arbustivas y aumentar la producción de pasto
- Condiciones óptimas para la quema:
 - Dirección y velocidad del viento constantes
 - Vientos entre 13 y 24km/h
 - Humedad relativa entre 20 y 40%
 - Temperatura de 15 a 27°C
 - Retirar la hacienda con anticipación

Configuración del modelo Reducción



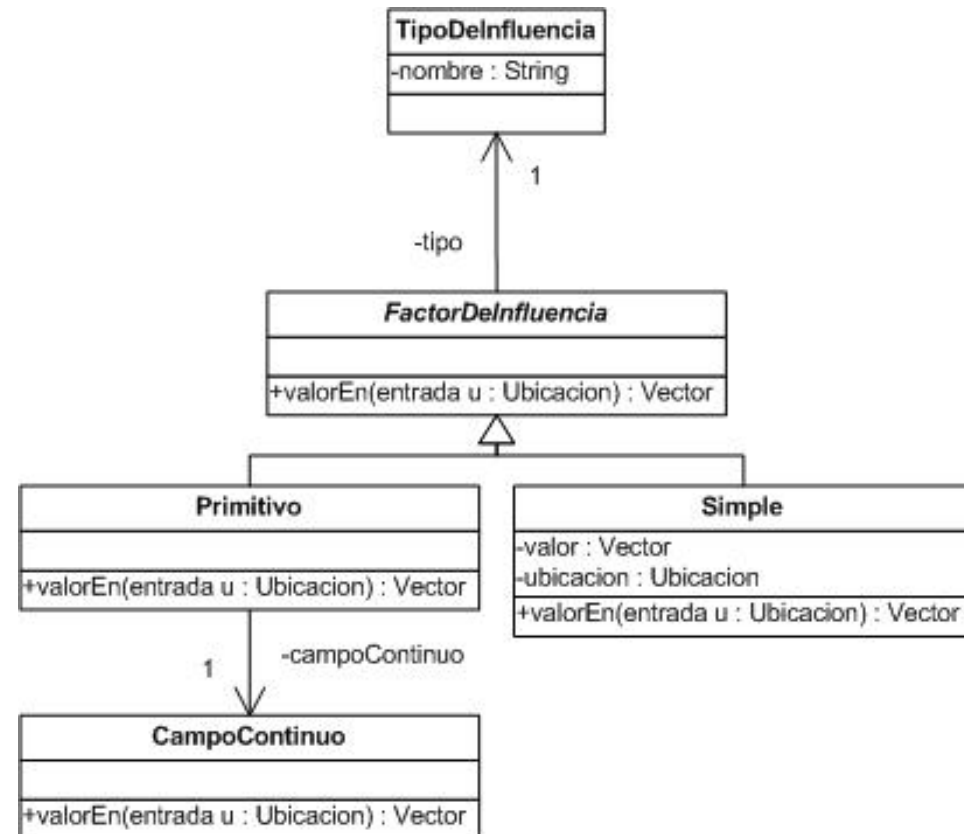
Configuración del modelo

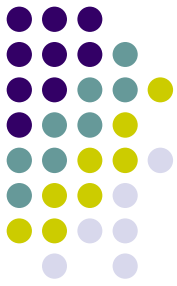
Ampliación



Almacenamiento y recolección de datos:

- Temperatura
- Viento
- Precipitaciones recientes
- Índice de inflamabilidad
- DEM





Resumen

- Introducción
- El fuego
- Algoritmos matemáticos de predicción
- Modelo Orientado a Objetos
- Configuración del modelo para una simulación de incendio
- **Conclusiones**
- Trabajo futuro

Conclusiones



El modelo propuesto presenta la siguiente ventajas:

- Está basado en una serie de patrones de diseño ampliamente utilizados y testeados
- Es flexible y altamente usable. Se lo pueden configurar para predecir en diferentes superficies y entornos
- Agregar nuevos algoritmos de predicción y criterios de selección es extremadamente sencillo
- Se puede realizar derivación de factores de influencia



Resumen

- Introducción
- El fuego
- Algoritmos matemáticos de predicción
- Modelo Orientado a Objetos
- Configuración del modelo para una simulación de incendio
- Conclusiones
- **Trabajo futuro**



Trabajo futuro

- Realizar un estudio minucioso de los diferentes algoritmos matemáticos
- Implementar un sistema que pueda ser utilizado por la comunidad forestal
- Obtener una generalización del modelo para realizar estimaciones del comportamiento de fenómenos cuya propagación esté influenciada por los factores del entorno donde se producen:
 - Propagación del petróleo en los océanos
 - Fuga de gases o químicos
 - Movimiento o deshielo de glaciares