

# VEHICLE-CPS

Civil Protection Systems

## Seguridad ambiental a traves de coherencia relacional

VEHICLE-CPS es una arquitectura de proteccion civil que aplica la **Piramide de Borda Milan** y el **framework VEHICLE** a entornos humanos de alta densidad: eventos masivos, operaciones de proteccion de lideres, respuesta a emergencias y coordinacion de multitudes en situaciones criticas.

<b>Autor</b>	Roberto Borda Milan — VEHICLE Systems Lab
<b>Framework</b>	Piramide de Borda Milan + VEHICLE v1.1
<b>DOI Zenodo</b>	10.5281/zenodo.20046955
<b>Repositorio</b>	vehiclesystemslab.com
<b>Estado</b>	Fase de diseno conceptual y simulacion sintetica
<b>Supervision</b>	OBLIGATORIA — ningun sistema de coercion automatica

**IMPORTANTE: VEHICLE-CPS NO es reconocimiento facial. NO es vigilancia politica. NO toma decisiones coercitivas automaticas. NO reemplaza autoridades civiles ni fuerzas de seguridad. Es una capa de apoyo a la decision humana bajo supervision obligatoria.**

## 1. Tesis Central — El evento masivo como campo relacional

Un evento masivo no es solo una multitud. Es un campo relacional estructurado bajo tension. Las personas, equipos autorizados, credenciales activas, puntos de acceso, zonas protegidas, rutas de evacuacion, anillos de seguridad y areas criticas son nodos en un grafo dinamico cuyos estados cambian segundo a segundo.

VEHICLE-CPS mide esa tension, clasifica los regimenes operacionales y apoya la respuesta humana admisible antes de que pequeñas anomalias se conviertan en incidentes mayores. La deteccion temprana es la diferencia entre una evacuacion ordenada y una tragedia.

### Escenarios criticos cubiertos

Escenario	Descripcion	Regimen tipico
Evento masivo	Conciertos, estadios, festivales (10k-100k)	P0 → P3/P4
Magnicidio / amenaza	Proteccion de lider en espacio publico abierto	P2 → P5
Estampida/surge	Surgimiento de multitud en punto critico	P3 → P6
Evacuacion de emergencia	Incendio, amenaza de bomba, desastre natural	P5 → P6
Perimetro comprometido	Brecha de anillo de seguridad, acceso no autorizado	P4 → P5
Falla de coordinacion	Desconexion entre equipos de respuesta	P2 → P4
Concentracion anomala	Formacion inesperada en punto de tension	P3

## 2. Arquitectura VEHICLE-CPS — Como funciona

### El entorno como grafo relacional $G = (N, E)$

VEHICLE-CPS convierte el entorno físico en un grafo de nodos relacionados. Cada nodo — persona, equipo, dispositivo, zona, ruta — lleva un vector de estado estructurado de cinco dimensiones derivado de la Pirámide de Borda Milan.

DIM	NOMBRE	SIGNIFICADO EN PROTECCION CIVIL
E	Exposure	Densidad, proximidad, presion de ruta, deformacion de perimetro, surgimiento de multitud
I	Integrity	Credencial conectada, estado de ubicacion coherente, senal activa, persistencia normal
A	Agency	Capacidad operativa del equipo, disponibilidad de ruta, acceso a zona
R	Recovery	Capacidad de retorno al estado admisible, redundancia de equipo, ruta alternativa
V	Value	Importancia del nodo: lider protegido, acceso crítico, nodo de coordinacion central

### Funcion de tension total $T(X)$

$T(X)$  es el indicador central del sistema. Mide simultaneamente la discrepancia relacional entre nodos conectados y la incoherencia interna de cada nodo. Cuando  $T(X)$  supera el umbral  $T\_limit$ , el sistema clasifica el regimen y apoya la respuesta humana admisible.

$$T(X) = T_{ext}(X) + T_{int}(X)$$

$$T_{ext}(X) = \sum_{\{(i,j) \in E\}} \omega_{ij} * ||s_i - s_j||^2$$

Tension relacional: densidad, presion, surge, brecha de perimetro

$$T_{int}(X) = \lambda * \sum_{\{i \in N\}} ||P^- * s_i||^2$$

Incoherencia interna: credencial perdida, senal cortada, estado incompatible

### Operador de correccion gobernada $V_{op}$

$$V_{op}(s_i) = P_K[ s_i - \gamma * \text{grad}_{\{s_i\}} T(X) ]$$

$$s_i(t+1) = (1 - \alpha) * s_i(t) + \alpha * V_{op}(s_i(t))$$

$P_K$  = proyeccion sobre la region admisible  $K$

$$K = \{ s \text{ in } [0,1]^5 : O(s) \leq T\_limit \}$$

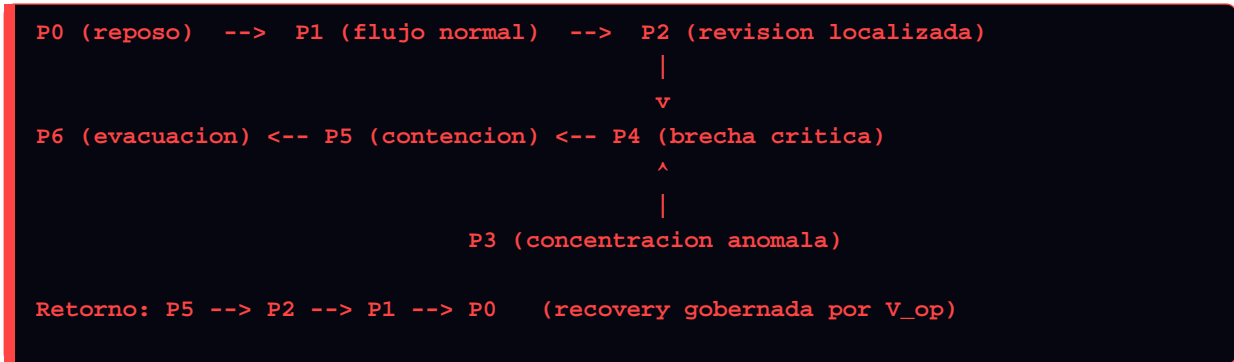
$$O(s_i) = ||P^- * s_i||^2 \quad (\text{incoherencia dimensional})$$

### 3. Regimenes Operacionales P0 – P6

El sistema clasifica el entorno en siete regimenes operacionales. Cada regimen tiene condiciones de activacion, protocolo de respuesta humana recomendado y criterio de retorno al estado admisible. **En ningun caso el sistema toma acciones coercitivas automaticas.**

REGIMEN	NOMBRE	DESCRIPCION OPERACIONAL
P0	Reposo estructural	Evento no iniciado o espacio esencialmente vacio
P1	Flujo normal controlado	Ocupacion y movimiento compatibles con la operacion
P2	Revision localizada	Anomalias menores que requieren verificacion humana
P3	Concentracion anomala	Cuellos de botella, presion de densidad, formacion inesperada
P4	Ruptura de perimetro	Brecha de anillo, conflicto de ruta, incoherencia critica
P5	Refuerzo y contencion	Respuesta activa, reconfiguracion del campo operacional
P6	Evacuacion controlada	Evacuacion parcial o total bajo tension monitorizada

#### Flujo de escalada y descalada de regimenes



## 4. Escenarios Críticos en Detalle

### Magnicidio / Amenaza a líder protegido

- Contexto: líder político, jefe de estado o figura pública en evento con acceso público.
- El nodo líder tiene  $V_i$  máximo — su falla eleva  $T(X)$  de toda la red.
- VEHICLE-CPS monitoriza la coherencia del anillo de seguridad (anillos concéntricos de nodos).
- Señales de alerta temprana: individuo con  $E_i$  anómalo acercándose al perímetro interior, brecha en la conectividad del anillo exterior (P4), movimiento convergente de múltiples nodos de alta  $E_i$  hacia el nodo líder.
- Respuesta recomendada: alerta inmediata al equipo de protección (P4 → P5), redirección de ruta del líder a zona K admisible, refuerzo de anillo.

### Estampida / Surgimiento de multitud (crowd surge)

- Contexto: concierto, estadio o espacio cerrado con 10,000+ personas.
- $T_{ext}$  sube rápidamente en el punto de concentración: densidad crítica, movimiento convergente, cierre de ruta de salida.
- P3: formación anómala detectada. P4: presión en estructura física (barrera, puerta).
- Respuesta recomendada: apertura inmediata de rutas alternativas, disminución de flujo de entrada, reposicionamiento de equipos de control de multitudes.
- VEHICLE-CPS puede detectar el surgimiento segundos antes de que sea visible, al medir el aumento de  $T_{ext}$  en el cluster de nodos antes de la cascada física.

### Evacuación de emergencia bajo tensión

- Contexto: incendio, amenaza de bomba, fallo estructural, desastre natural.
- P5 activo: rutas de evacuación bajo tensión relacional, nodos de coordinación potencialmente desconectados ( $T_{int}$  alta en equipos de respuesta).
- El sistema mapea las rutas de menor tensión acumulada para guiar la evacuación.
- Prioridad de recuperación: nodos  $V_i$  alto (líderes de evacuación, equipos médicos) recuperan recursos primero.
- P6: evacuación controlada activa. El sistema monitoriza el vaciado del grafo y detecta nodos atrapados o desconectados que requieren intervención.

## 5. Etica y Gobernanza

VEHICLE-CPS esta disenado alrededor de la prevencion, no de la persecucion. Su arquitectura etica es parte integral del diseno tecnico, no un añadido posterior.

Principio etico	Implementacion tecnica
<b>Supervision humana obligatoria</b>	Ningun protocolo de respuesta se ejecuta sin autorizacion humana
<b>Sin coercion automatica</b>	V_op sugiere estados admisibles, no acciones fisicas autonomas
<b>Sin reconocimiento facial</b>	Los nodos usan IDs pseudonimizados, no datos biometricos
<b>Sin perfilado politico</b>	El sistema mide coherencia operacional, no ideologia o identidad
<b>Minimizacion de datos</b>	Solo se procesan los datos necesarios para la funcion de tension
<b>Auditabilidad de alertas</b>	Cada alerta P0-P6 es registrada con timestamp y condiciones
<b>Sin identificacion de agresores</b>	El sistema detecta anomalias, no acusa individuos
<b>Alcance limitado</b>	Exclusivamente proteccion civil y seguridad en eventos — no vigilancia

VEHICLE-CPS — DOI: 10.5281/zenodo.20046955 | vehiclesystemslab.com | Roberto Borda Milan, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia