

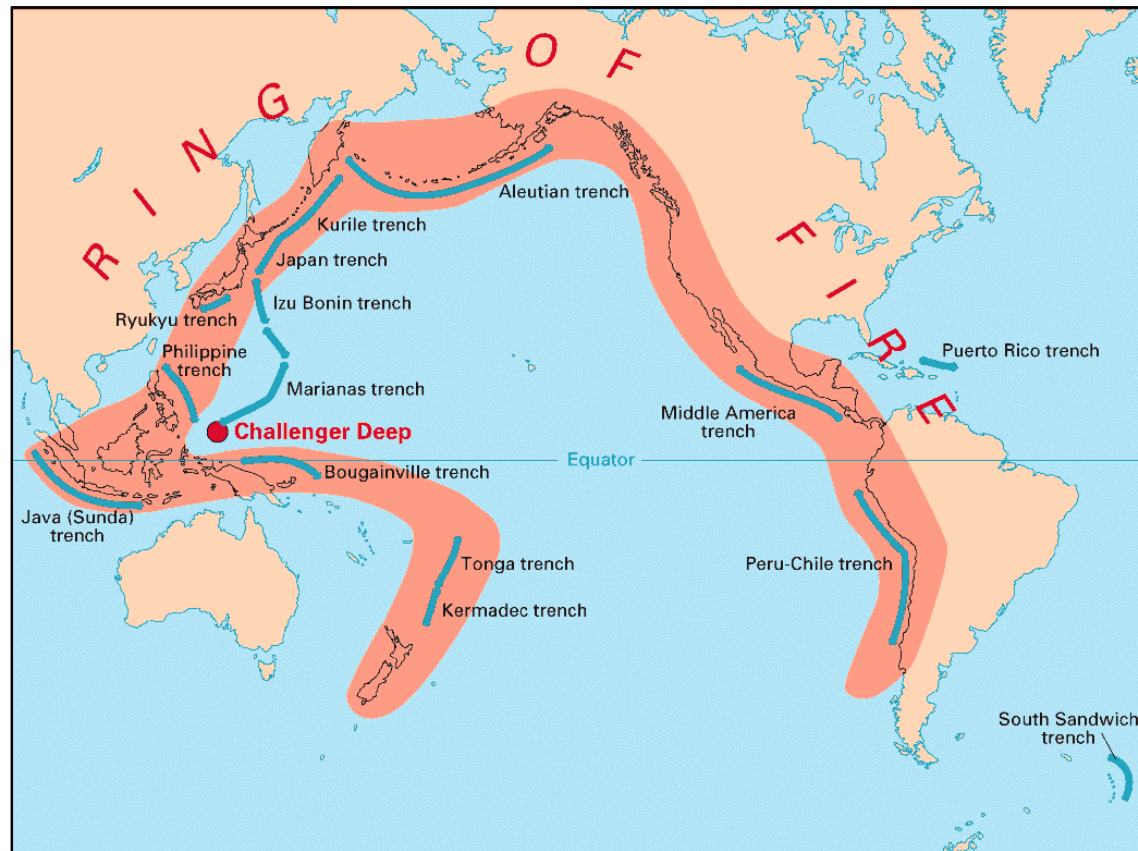


Optimización de la distribución humanitaria usando matemáticas aplicadas

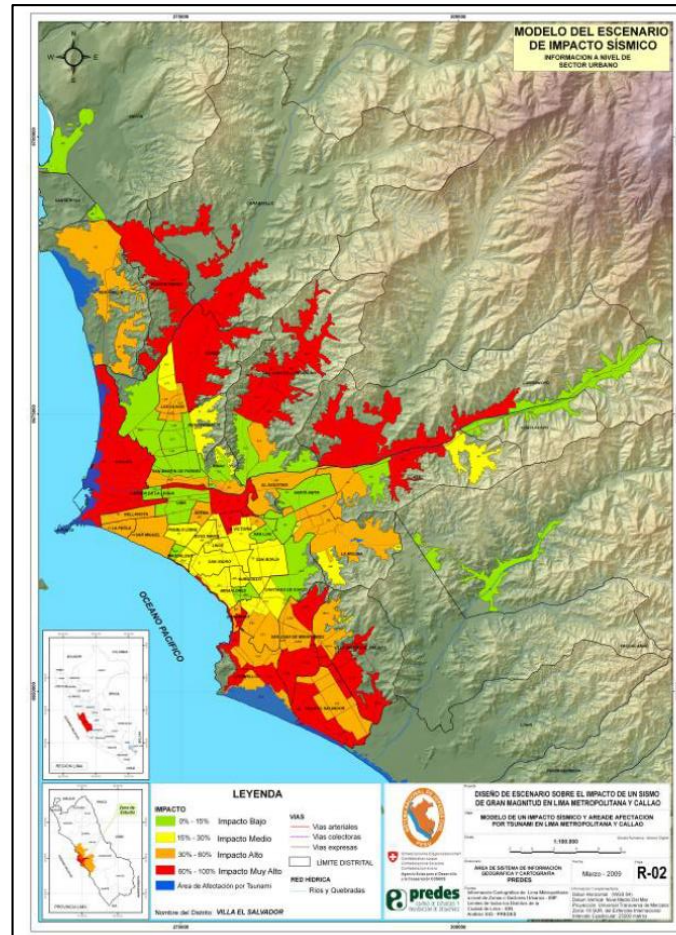
RENZO BENAVENTE SOTELO

ESCUELA DE POSGRADO

Peligro sísmico



Vulnerabilidad sísmica



Estrategias actuales

PLAN DE OPERACIONES DE EMERGENCIA PARA EL ÁREA METROPOLITANA DE LIMA Y LA REGIÓN DEL CALLAO

PLAN DE OPERACIONES
DE EMERGENCIA



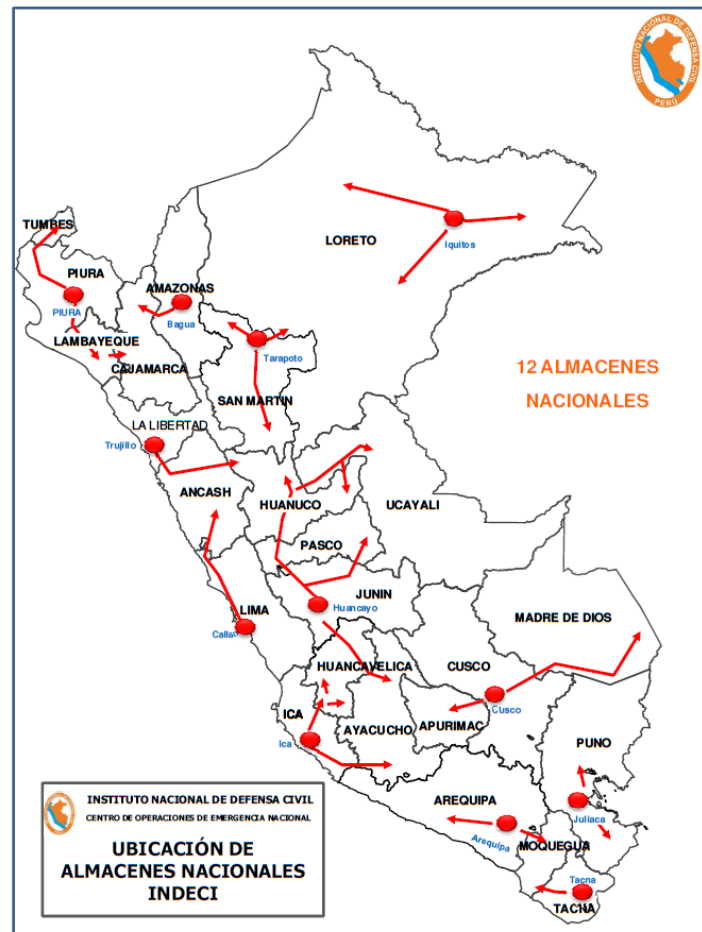
PARA EL ÁREA
METROPOLITANA DE LIMA
Y LA REGIÓN CALLAO



PLAN DE OPERACIONES
DE EMERGENCIA



Proyecto No. 00058530:
"Preparación ante Desastre Sísmico y/o Tsunami y Recuperación Temprana en Lima y Callao"



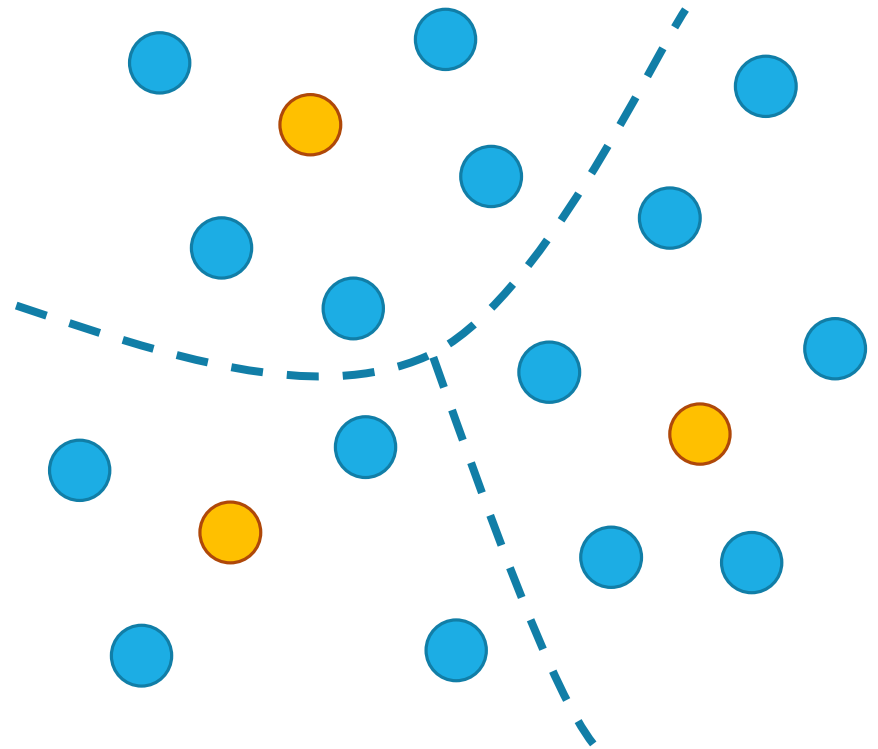
Estrategia a usar

Áreas de decisión:

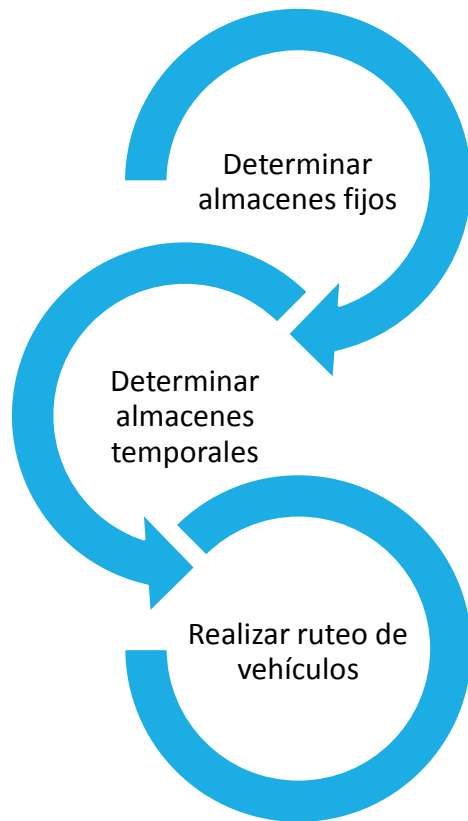
- Cantidad de almacenes
- Tipo de almacenes
- Tipo de ayuda
- Origen de la ayuda

Áreas de comparación:

- Cobertura
- Velocidad de respuesta
- Costo de inversión



Fases de la metodología



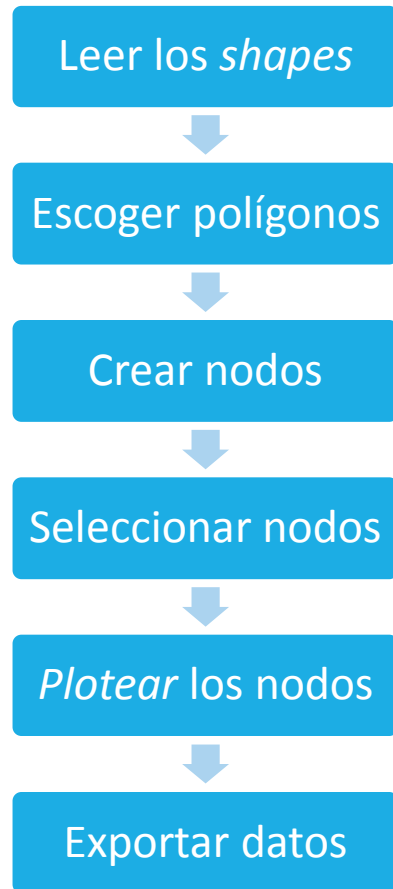
Antes del sismo:

- Clusterizar geográficamente
- Ubicar almacenes fijos

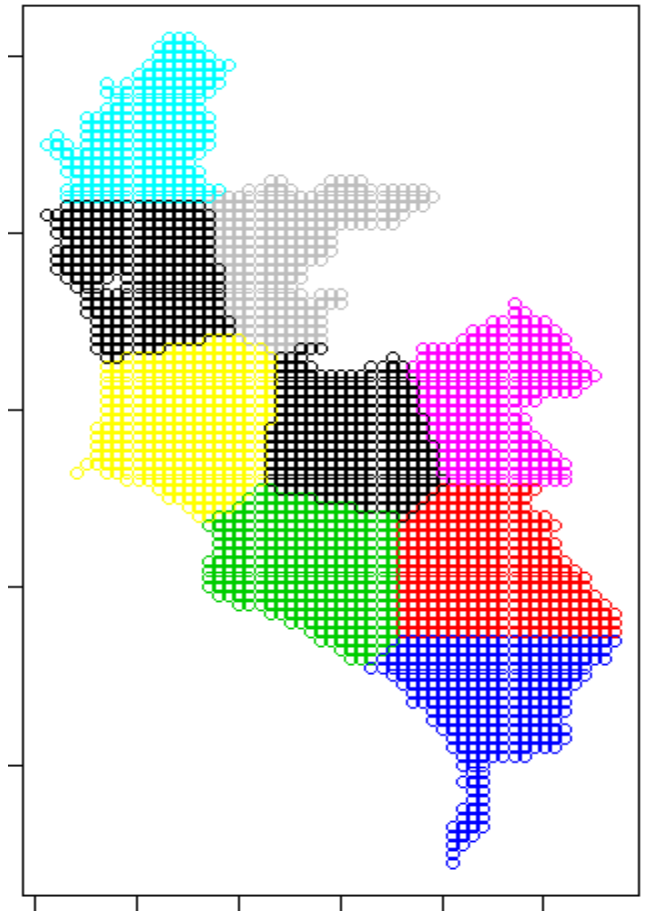
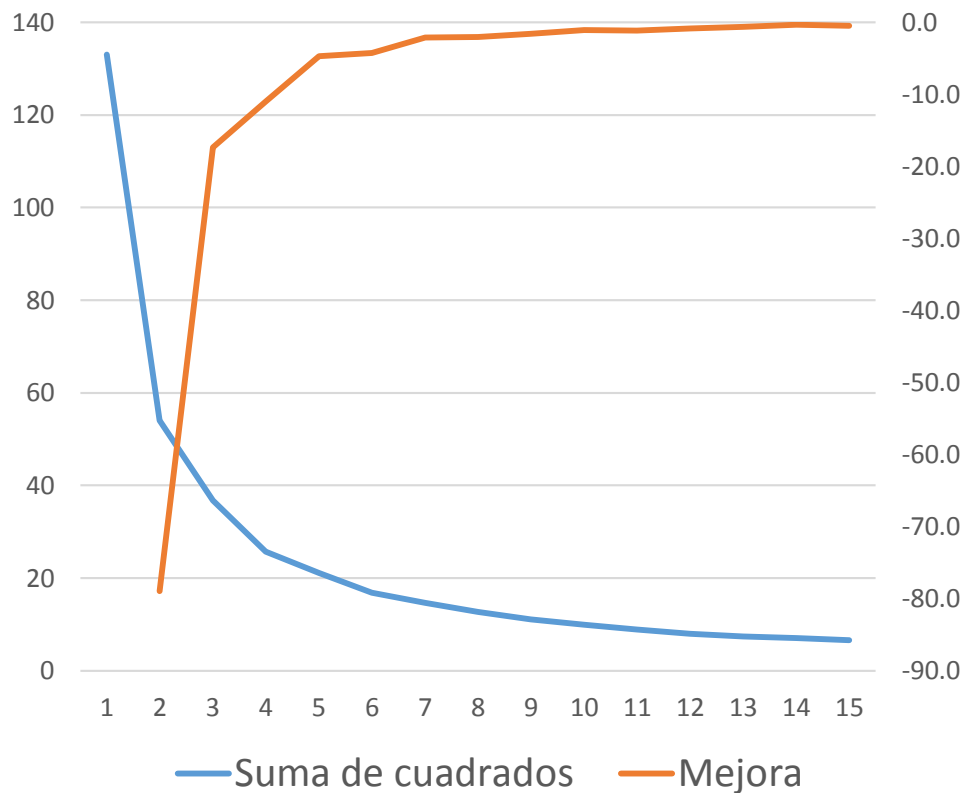
Después del sismo:

- Ubicar almacenes temporales
- Asignar demanda a los almacenes temporales
- Diseñar rutas de distribución

Antes del sismo (1): Generar nodos en el mapa

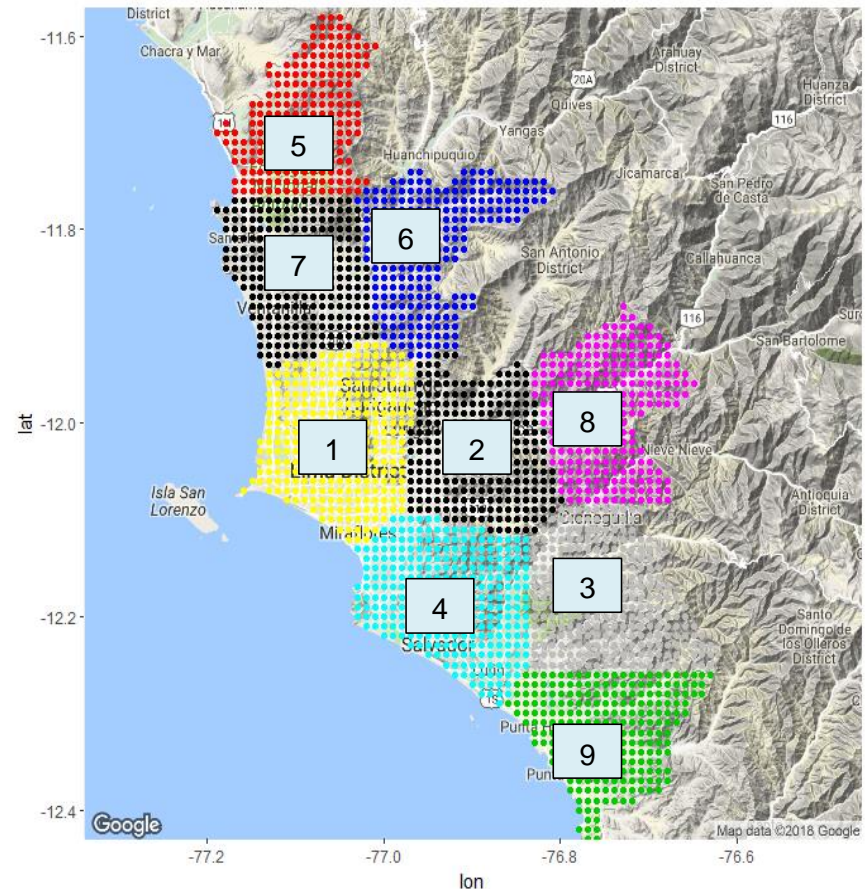


Antes del sismo (2): Evaluar el número de clústeres



Antes del sismo (3): Formar clústeres en el mapa

| Almacén fijo | Distrito | Nodos |
|--------------|-------------------------|-------|
| 1 | Rímac | 291 |
| 2 | Chaclacayo | 246 |
| 3 | Lurín | 275 |
| 4 | Villa María del Triunfo | 283 |
| 5 | Ancón | 215 |
| 6 | Carabayllo | 235 |
| 7 | Puente Piedra | 245 |
| 8 | Lurigancho | 251 |
| 9 | Punta Negra | 256 |



Después del sismo (1): Recolectar información



- 0 – Sin efecto**
- 1 – Muy leve**
- 2 – Leve**
- 3 – Regular**
- 4 – Grave**
- 5 – Muy grave**

Después del sismo (2): Calcular almacenes temporales

$$\text{Min} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \text{Distancia}_{ij} x_{ij} + \sum_{i \in I} \text{Lejanía}_i y_i$$

$$\sum_{j \in J} x_{ij} \leq M y_i \quad \forall i \in I$$

$$\sum_{j \in J} \text{Demanda}_j x_{ij} \leq \text{Cobertura} y_i \quad \forall i \in I$$

$$\sum_{j \in J} \text{Demanda}_j x_{ij} \geq \text{MinCap} y_i \quad \forall i \in I$$

$$\sum_{i \in I} x_{ij} \geq 1 \quad \forall j \in J$$

$$x_{ij} \in \{0; 1\} \quad \forall i \in I, j \in J$$

$$y_i \in \{0; 1\} \quad \forall i \in I$$

Simulación:

- Nodos: 2,297
- Clústeres: 9
- Réplicas: 1,000

Resultado:

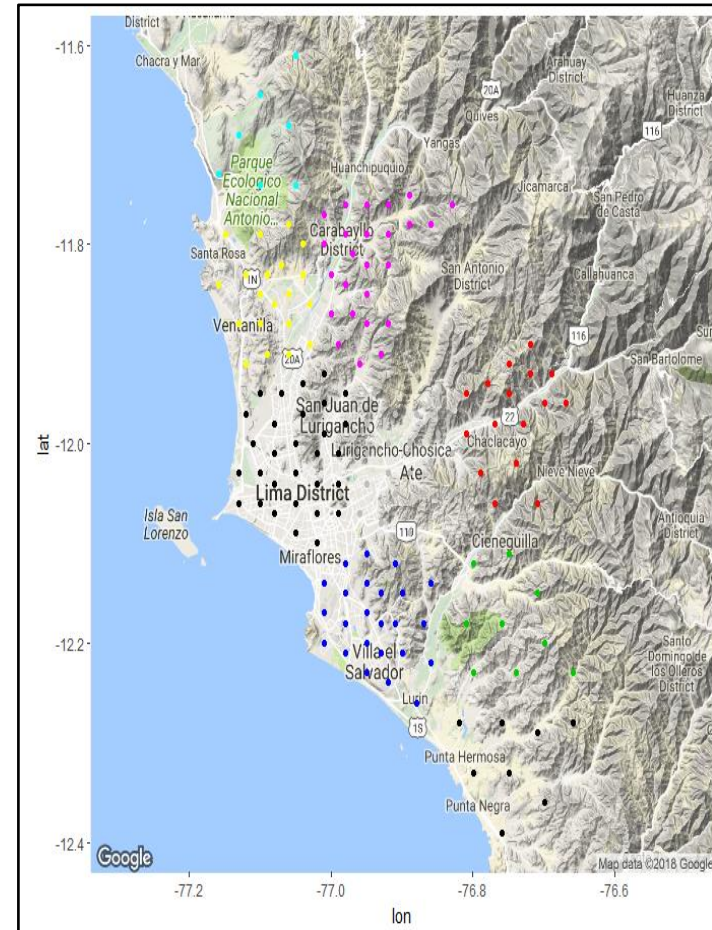
- Almacenes: 161 ± 3



Ejemplo clúster 4 - 24 zonas

Después del sismo (3): Ubicar almacenes temporales

| Almacén fijo | Distrito | Temporales promedio |
|--------------|-------------------------|---------------------|
| 1 | Rímac | 30 |
| 2 | Chaclacayo | 16 |
| 3 | Lurín | 9 |
| 4 | Villa María del Triunfo | 24 |
| 5 | Ancón | 7 |
| 6 | Carabayllo | 25 |
| 7 | Puente Piedra | 20 |
| 8 | Lurigancho | 21 |
| 9 | Punta Negra | 9 |



Después del sismo (4): Plan de abastecimiento

$$\text{Min} \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} C_{ij} x_{ij}$$

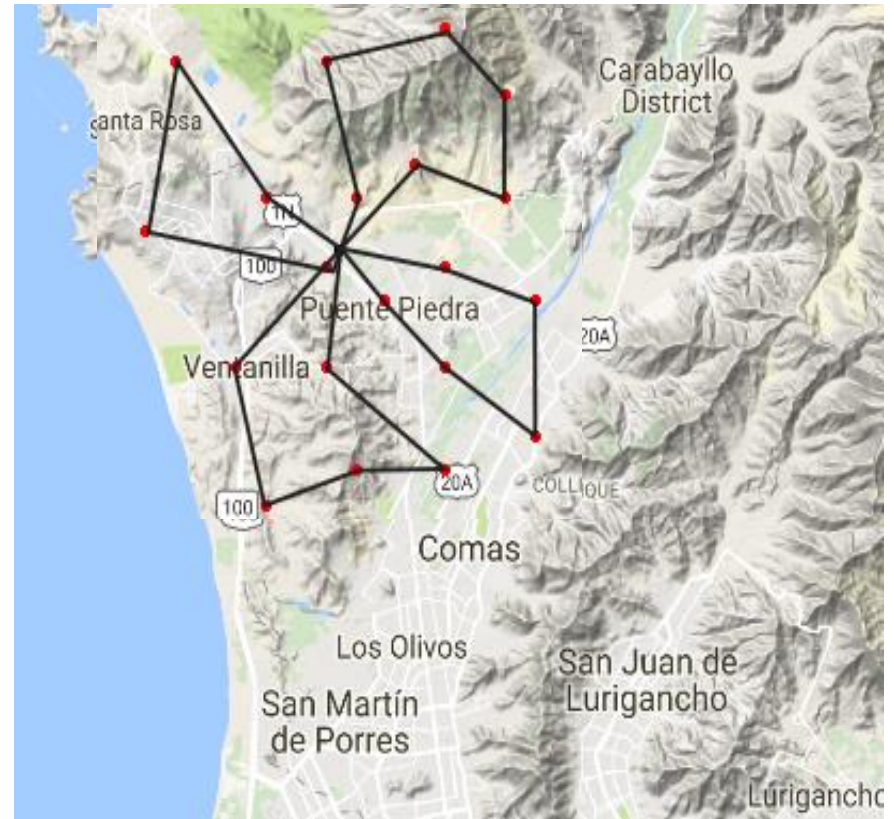
$$\sum_{j \in V} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in N$$

$$\sum_{i \in V} x_{ij} = 1 \quad \forall j \in N$$

$$\sum_{i \in V} x_{i0} = |K|$$

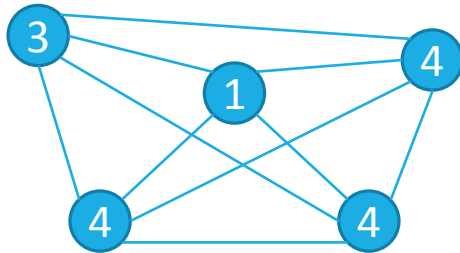
$$\sum_{i \notin S} \sum_{j \in S} x_{ij} \geq r(S) \quad \forall S \subseteq N, S \neq \emptyset$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in V$$

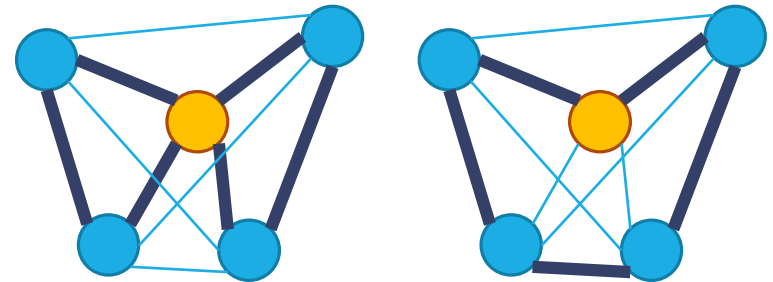


Después del sismo (5): Flexibilidad del modelo

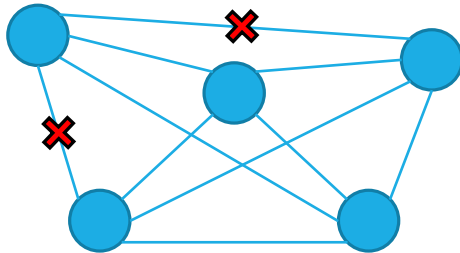
Modificar las demandas:



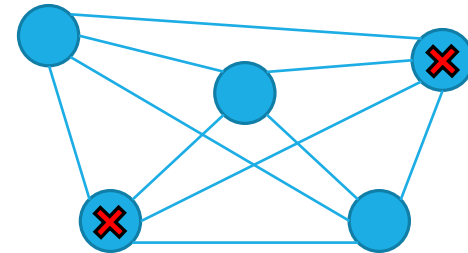
Modificar capacidad de vehículo:



Eliminar vías bloqueadas:



Quitar nodos del análisis:



Conclusiones

- En la fase previa al sismo, se propone dividir Lima Metropolitana y Callao en 9 clústeres de similar extensión territorial, cada uno con un almacén fijo.
- En la fase posterior al sismo, se generó escenarios de ejemplo para cada clúster obteniendo un total de 161 almacenes temporales en Lima Metropolitana y Callao, con su respectivo ruteo.
- En la realidad, cuando suceda un sismo de gran magnitud y se recolecte la información de los daños por cuadrantes, se ejecutarán los modelos de la fase 2 (post sismo).
- La mayor ventaja de esta metodología es su flexibilidad pues cualquier variante planificada solo deberá ajustar los parámetros.

Recomendaciones

- La metodología propuesta puede ser replicable en otras provincias o incluso países, tanto para terremotos como para algún otro desastre en el que se requiera repartir ayuda humanitaria.
- Para garantizar el éxito del plan propuesto es importante tener concientización en la población.
- Se recomienda tener plantillas ya hechas de los modelos listos para completar con parámetros y ejecutarlos una vez ocurrido el sismo de gran magnitud.
- Para futuras investigaciones, se podría incluir restricciones de poblaciones cercanas a los nodos, o cercanía a instituciones como colegios o universidades en los modelos de ubicaciones de almacenes temporales o incluso el número total de almacenes temporales a construir por una limitante presupuestal.