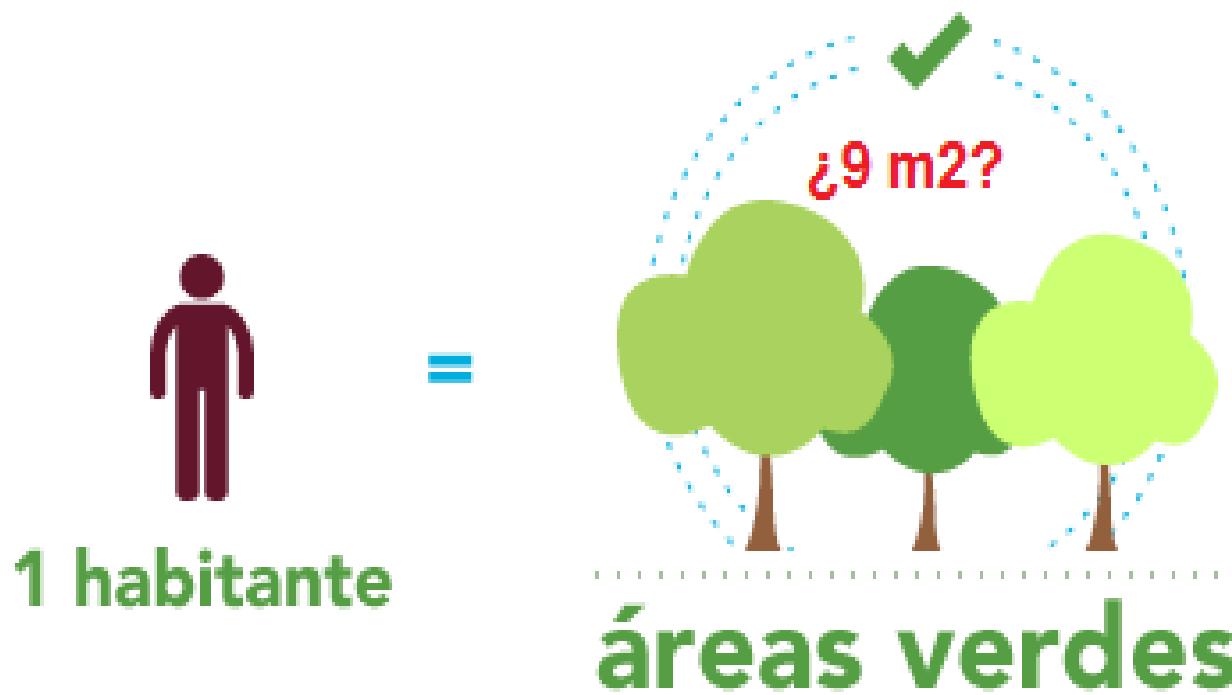


Propuesta de un plan de evacuación óptimo para un slum en Lima, post terremoto



¿Sabes cuántos metros cuadrados de área verde por persona debería haber según la OMS?



¿Sabes cuántos metros cuadrados por persona como mínimo se requiere para una zona de refugio?



El Proyecto Esfera



- Estima como mínimo 3.5 m^2 por persona como el área mínima por persona albergada. (colocar foto de refugio)

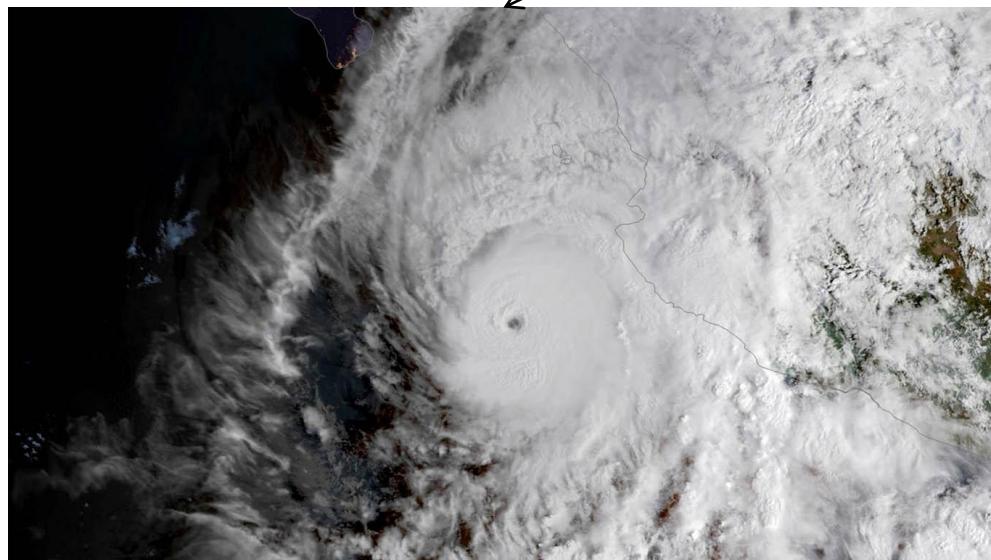
Tipos de evacuación

Z.M. Fang (2012) los clasifica en:

- Evacuaciones de pequeña escala.
- Evacuaciones de mediana escala.
- Evacuaciones de gran escala.



- Según Chiu Y. (2007): Evacuaciones de aviso previo y sin aviso



Slum El Progreso



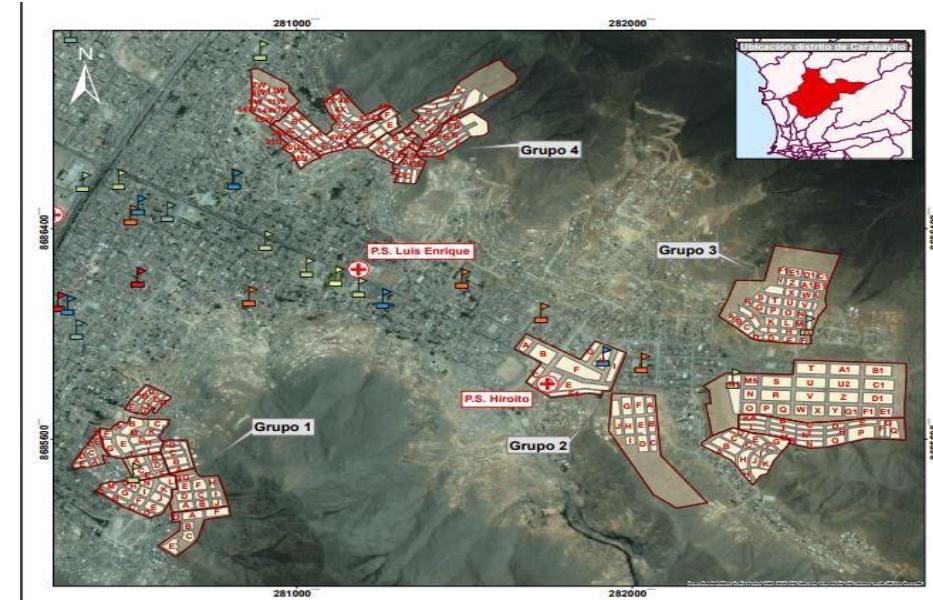
- Metros cuadrados por persona (capacidad actual) = 0.25 m^2

Mapa de prevención de desastres de la Metrópolis de Tokio



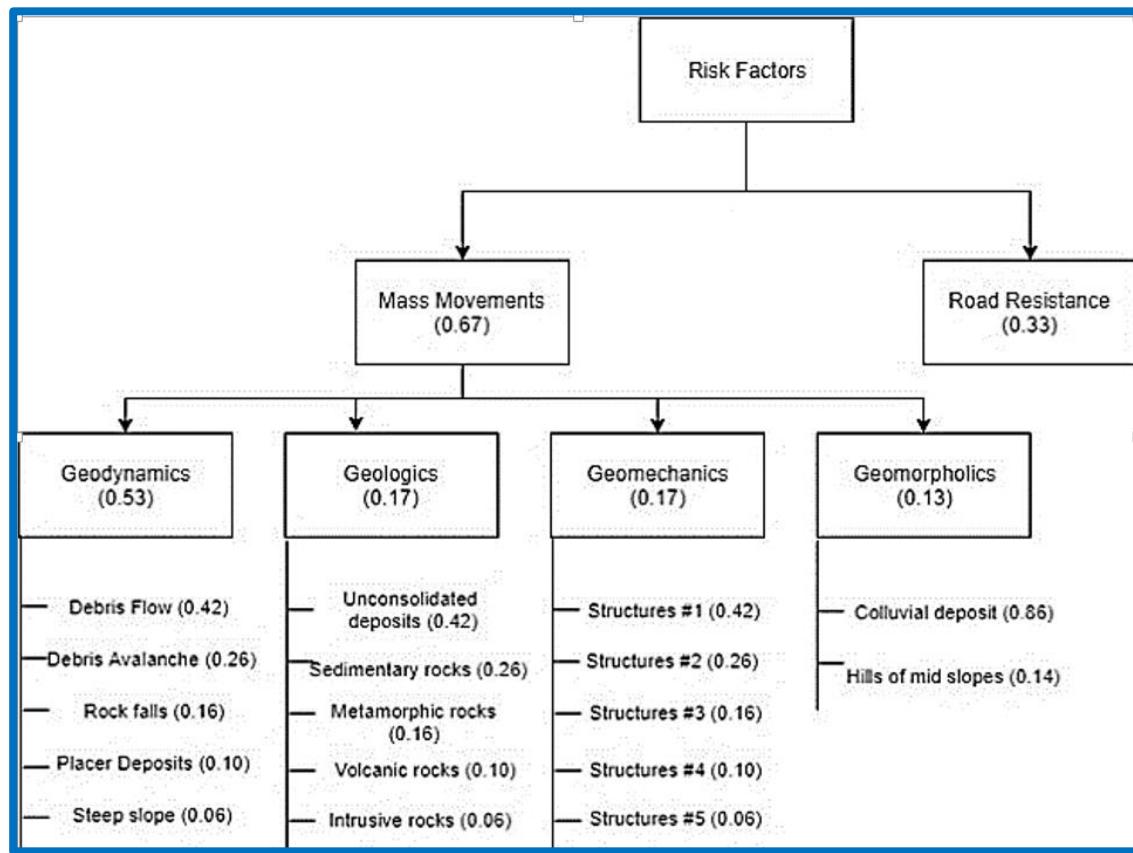
- Refugios permanentes por riesgo de incendios por terremoto, etc

El Progreso



- Aprox. 21 mil habitantes
- Viviendas con alta vulnerabilidad Sísmica
- Alta vulnerabilidad geográfica

Factores de Riesgo Evaluados



Riesgo del camino

$$R_c = m * s_K * \frac{L}{W_{ef}}$$

Costo del Riesgo

$$C_{ij} = w_{rc} * R_c + w_{ma} * a$$

Supuestos de los modelos de evacuación propuestos

- No hay heridos ni muertos en el flujo de evacuación
- Todos los evacuantes tienen las mismas características
- No hay incendios debido al terremoto
- Cada nodo inicial tiene una guía o líder que conoce la ruta apropiada para evacuar
- Todas las personas se encuentran en sus respectivos nodos iniciales en el momento de evacuación, por lo que se puede suponer que la evacuación se produce en la noche.

Modelo 1

$$\text{Min } \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I x_{ij} \cdot c_{ij}$$

Subject to



x_{ij} : Cantidad de personas que salen del nodo I al nodo J

$$\sum_{i=1}^I x_{irf} = Qrun_r, r \in R$$

(1)



Capacidad de los centros de evacuación

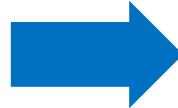
$$\sum_{i=1}^I x_{i,j} - \sum_{j=r}^J x_{i,j} \leq -Qevc_{j-r}, j \geq r+1, i \in I \quad (2)$$



Cantidad de evacuantes en los nodos iniciales

$$x_{ij} \leq C_{arco_{ij}}, i \in I \text{ y } j \in J$$

(3)



Capacidad de arco
$$C_{arco_{ij}} = \frac{L * W_{ef}}{5.5}$$

$$x_{ij} \geq 0 \text{ and integers, } i \in I, j \in J$$

(4)

Modelo 2 con el factor tiempo

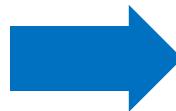
$$\text{Min } \sum_{t=0}^T \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I x_{ijt} \cdot c_{ij}$$



x_{ij} : Cantidad de personas que salen del nodo i al nodo J

Subject to

$$\sum_t^T \sum_{i=1}^I x_{irt} = Qrun_r, r \in R \quad (1)$$



Capacidad de los centros de evacuación

$$\left(\text{if } t \leq 2Lt_{ij} \text{ then } 0 \text{ else } -\sum_{i=1}^I x_{i,j,(t-Lt_{ij})} \right) +$$

$$\sum_{i=1}^I x_{j,i,t} \leq -Qevc_j, j \in J, t \in T \quad (2)$$



Cantidad de evacuantes en los nodos iniciales

$$x_{ijt} \leq C_{arco_{ij}}, i \in I, j \in J, t \in T \quad (3)$$

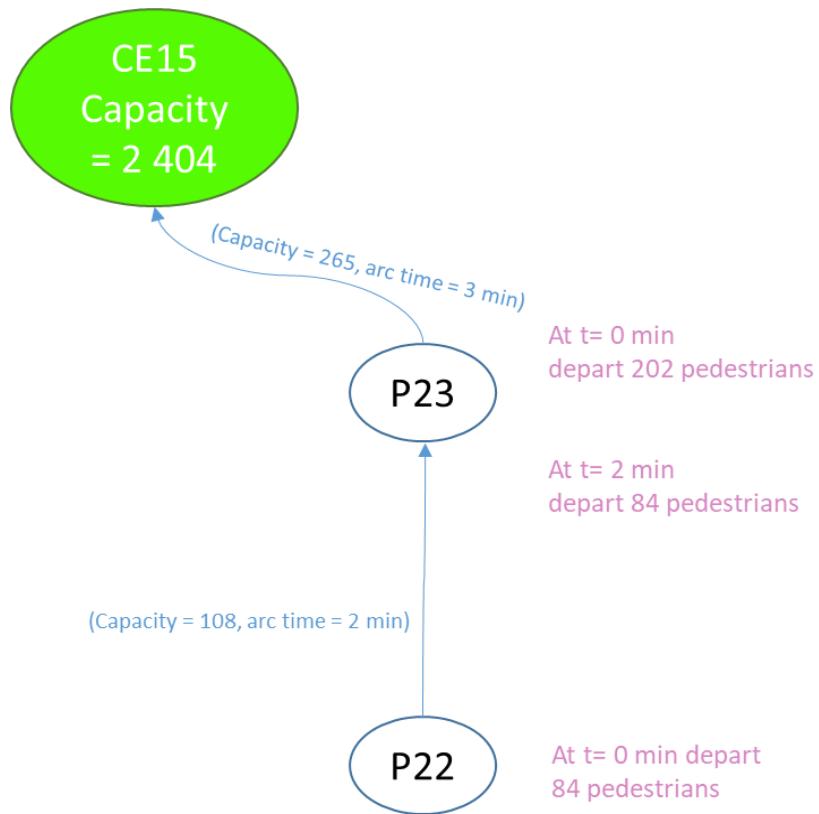


Capacidad de arco

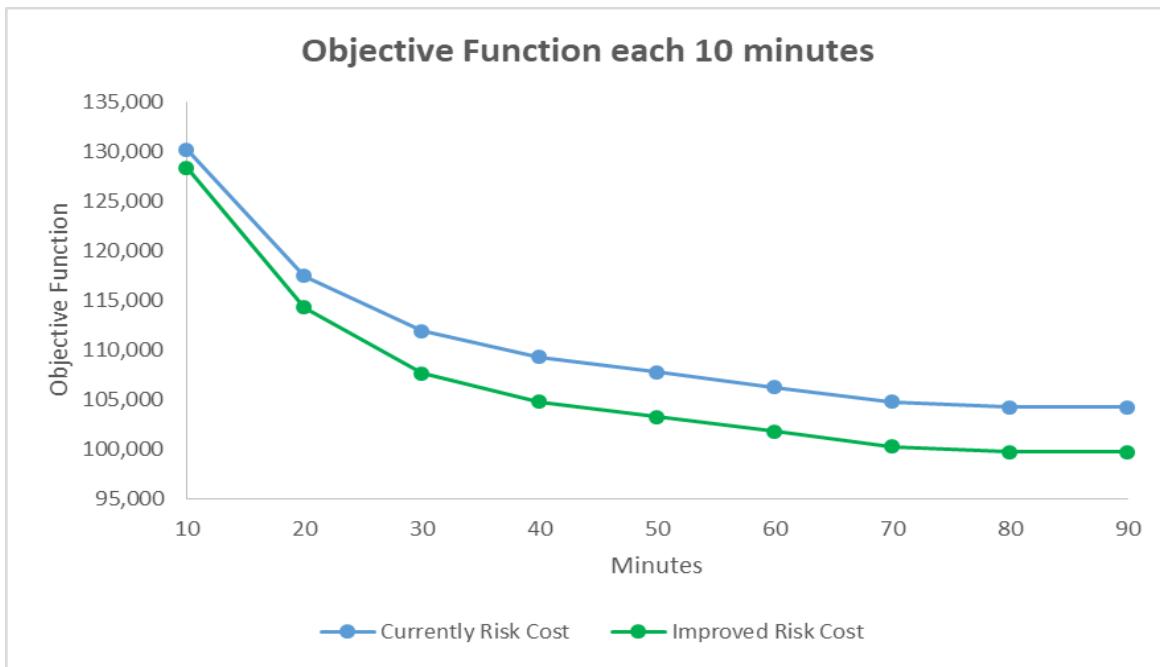
$$C_{arco_{ij}} = \frac{L * W_{ef}}{5.5}$$

$$x_{ijt} \geq 0 \text{ and integers, } i \in I, j \in J, t \in T \quad (4)$$

Modelo 2 con el factor tiempo



Modelo 2 con el factor tiempo



Conclusiones

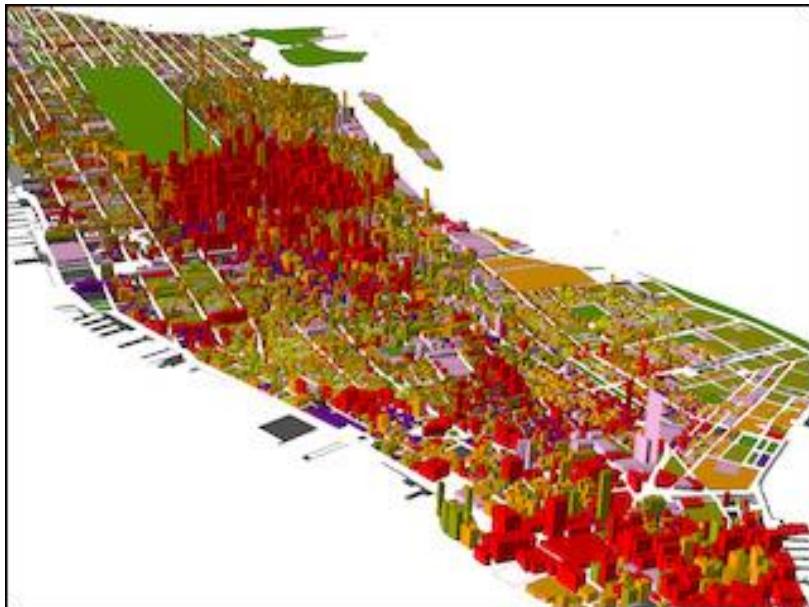
- 1 Con el modelo II, se reduce de manera significativa el riesgo de la evacuación en 99%; sin embargo, este modelo tiene mayor dificultad en la implementación por el esfuerzo de sincronización requerido.

Recomendaciones

- 1 Segmentar a los evacuantes por edad, condición física, grupos familiares y discapacidad.
- 2 Se podría modelar otros escenarios de desastres como por ejemplo, los maremotos.

Siguientes pasos

1 Usar GIS para realizar la geoestadística.



2 Simular la evacuación para diferentes velocidades y demandas (Python)



Gracias...