

### 4.1.2. Optimización de ubicaciones

Luego de procesar el código Linear.R nos brinda una lista de establecimientos de salud definidos por sus restricciones, es decir que cumplen con los criterios.

**Tabla 8:** Lista de los establecimientos

Establecimientos	Frecuencia(a)	Código del EESS
PS San Miguel	1	20
PS Omayá	1	21
CS Layo	1	22
PS Kcauri	2	19
PS Ancahuasi	3	18
PS Chirumpiari	4	16
CS Ccatcca	4	17
PS Lamay	5	15
CS Urcos	6	14
PS Alcca Victoria	7	13
CS Quellouno	8	12
PS Livitaca	9	11
CS Ocongate	10	10
Ps Pillpinto	11	9
CS Paucartambo	12	8
Hosp De San Francisco	13	7
Hosp Santo Tomas	16	6
Hosp Espinar	18	5
Hosp Reg Cusco	20	1
Hosp Antonio Lorena	20	2
Hosp Sicuani	20	3
Hosp Quillabamba	20	4

(a) Frecuencia de aparición de los establecimientos en las soluciones.

Los establecimientos de salud siempre se trabajaron con códigos, por ello en esta lista se coloca el código que tuvo cada establecimiento de salud para su reconocimiento. Los hospitales que salieron en todas las iteraciones fueron:

- Hospital de Quillabamba
- Hospital de Sicuani
- Hospital Antonio Lorena
- Hospital Regional de Cusco

Cabe destacar que el Hospital Regional de Cusco y el Hospital Lorena trabajan como si fuera uno sólo dado a su cercanía geográfica.

Los puestos y centros de salud que fueron elegidos sólo una vez por el algoritmo fueron:

- Puesto de Salud San Miguel
- Puesto de Salud Omayá
- Centro de Salud Layo

Cabe destacar que la oportunidad en la que fué seleccionado el Puesto de Salud San Miguel fué forzando al sistema.

**Tabla 9:** Resumen de las iteraciones, la tabla es un resumen de las iteraciones, la población el porcentaje y el código del servicio, que es parte del resultado de la optimización.

Soluciones(b)	CCPP	Población	% de cobertura	Lista de CCSS(c)
04	1723	698995	53.74	1,2,3,4
05 SnMiguel	2356	747050	57.44	1,2,3,4,20
05 Espinar	2339	746282	57.38	1,2,3,4,5
06 Ccatca	2616	779815	59.96	1,2,3,4,5,17
06	2518	768042	59.05	1,2,3,4,5,6
07	2795	801575	61.63	1,2,3,4,5,6,17
08	2851	821458	63.16	1,2,3,4,5,6,17,21
08 SFco	2843	819459	63.01	1,2,3,4,5,6,7,17
09	3028	836226	64.29	1,2,3,4,5,6,7,8,19
10	3202	851740	65.49	1,2,3,4,5,6,7,8,9,19
10 Ocongate	3216	847008	65.12	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10
11	3392	859281	66.07	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11
12	3472	869958	66.89	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12
13	3711	879008	67.58	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13
14	3787	887315	68.22	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14
15	3904	895029	68.82	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15
16	3924	901594	69.32	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16
17	4019	907505	69.78	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,18
18	4068	913379	70.23	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,18,22

(b) Las soluciones sin nombre, representan a los establecimientos de salud que por defecto salen en las soluciones que encuentra el algoritmo, no así las que están identificadas con el nombre del servicio, como: San Miguel, Espinar, Ccatca, etc... estos refieren a que la solución ha forzado la permanencia de dichos establecimientos por ser servicios tipo hospitales con los que se cuenta con servicios obstétricos y que el estado podría preferir alguno de ellos a fin de reducir costos de implementación.

(c) La lista de centros de salud corresponde a los códigos de los servicios que han sido elegidos para se terminada solución. Es decir, para la solución 4 (que significa 4 servicios) los que lograrían atender a la mayor cantidad de población serían los centros 1,2,3 y 4 que corresponden de acuerdo la siguiente tabla:

**Tabla 10:** Tabla de códigos y establecimientos de salud

Establecimiento de Salud	Código
Hosp Reg Cusco	1
Hosp Antonio Lorena	2
Hosp Sicuani	3
Hosp Quillabamba	4
Hosp Espinar	5
Hosp Santo Tomas	6
Hosp De San Francisco	7
CS Paucartambo	8
Ps Pillpinto	9
CS Ocongate	10
PS Livitaca	11
CS Quellouno	12
PS Alcca Victoria	13
CS Urcos	14
PS Lamay	15
PS Chirumpiari	16
CS Ccatcca	17
PS Ancahuasi	18
PS Kcauri	19
PS San Miguel	20
PS Omayá	21
CS Layo	22

De la optimización de las ubicaciones se ha elaborado una tabla resumen de las iteraciones, la que inicia en 4 unidades (establecimientos de salud), en ella se observa la cantidad de centros poblados, la población y su porcentaje si pudieramos fortalecer 4, 5, 6, 7, 8 unidades o servicios y así sucesivamente hasta un total de 20 establecimientos. El nombre de la solución indica en que punto se ha forzado para que cierto servicio se mantenga en la lista por ser un establecimiento que actualmente cuenta con los servicios adecuados para la atención de una gestante y aptos para resolver problemas de emergencia, significa además que si sólo fuera el programa el que eligiera estos no habrían sido considerados.

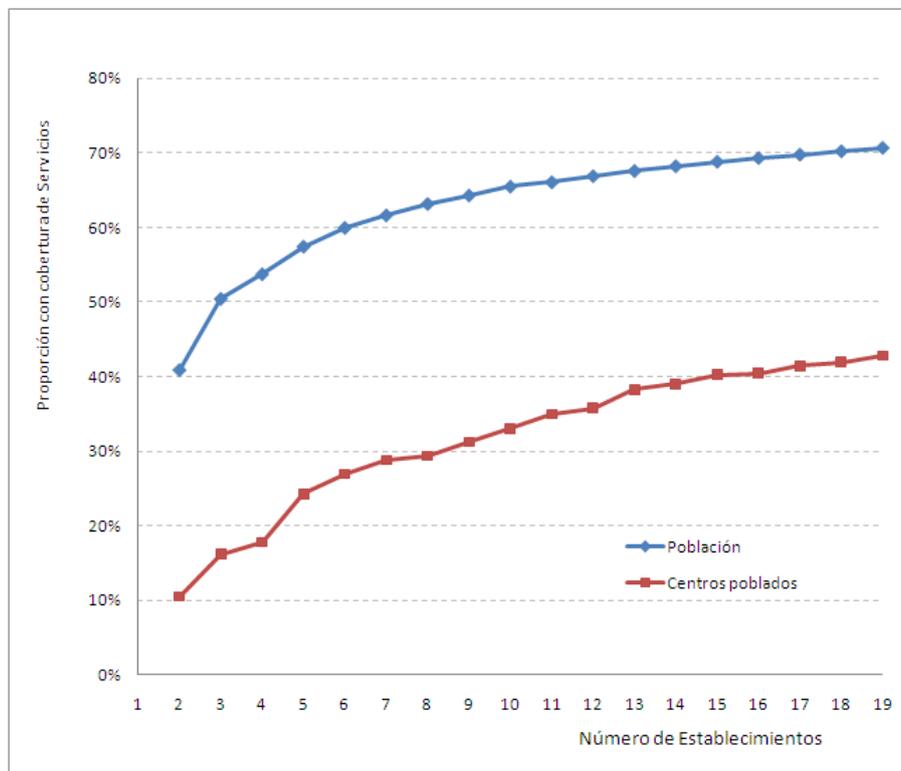
Una alternativa complementaria para obtener un arreglo espacial mejorado de establecimientos de salud, incluye la incorporación del juicio y la valoración de decisores y/o expertos en la evaluación de las alternativas, mediante un proceso sistemático (usualmente en un entorno de software) en el cual el decisor/experto interactúa con el sistema, mediante consultas de indicadores correspondientes a la función ó funciones objetivo que se desean mejorar. Este tipo de evaluación es referida en la literatura como evaluación "What if" (también llamado "Análisis de impacto") (Ritsema van Eck y De Jong, 1999; Klosterman, 1999). En este tipo de análisis se evalúa las consecuencias de distintos escenarios y distintos

esquemas de toma de decisiones. En el caso del análisis del acceso geográfico a servicios, correspondería a la evaluación de modificaciones de los valores de las funciones objetivo como resultado de decisiones acerca de la ubicación espacial de establecimientos identificadas a priori por los decisores y/ó expertos. En este enfoque resulta clave la experiencia y el conocimiento detallado de la situación local, en ausencia de la cual, este enfoque podría conducir a un largo proceso de de ensayo y error antes de obtener un arreglo espacial de servicios aceptable.

También sería posible combinar en un solo sistema ambos enfoques mediante la especificación, por parte de los usuarios, de una variedad flexible de condicionamientos y restricciones a los modelos de optimización que también deberán estar incorporados en el sistema. A partir de este proceso interactivo, sería posible conseguir soluciones para ubicaciones óptimas de servicios de salud, combinando tanto el criterio geográfico cuantitativo como otros criterios que puedan ser definidos por los usuarios.

### 4.1.3. Gráfico de la optimización

Gráfico que resume el resultado de la secuencia de Optimización de Establecimientos de Salud, en función de maximizar la cobertura geográfica de la población en 2 horas.

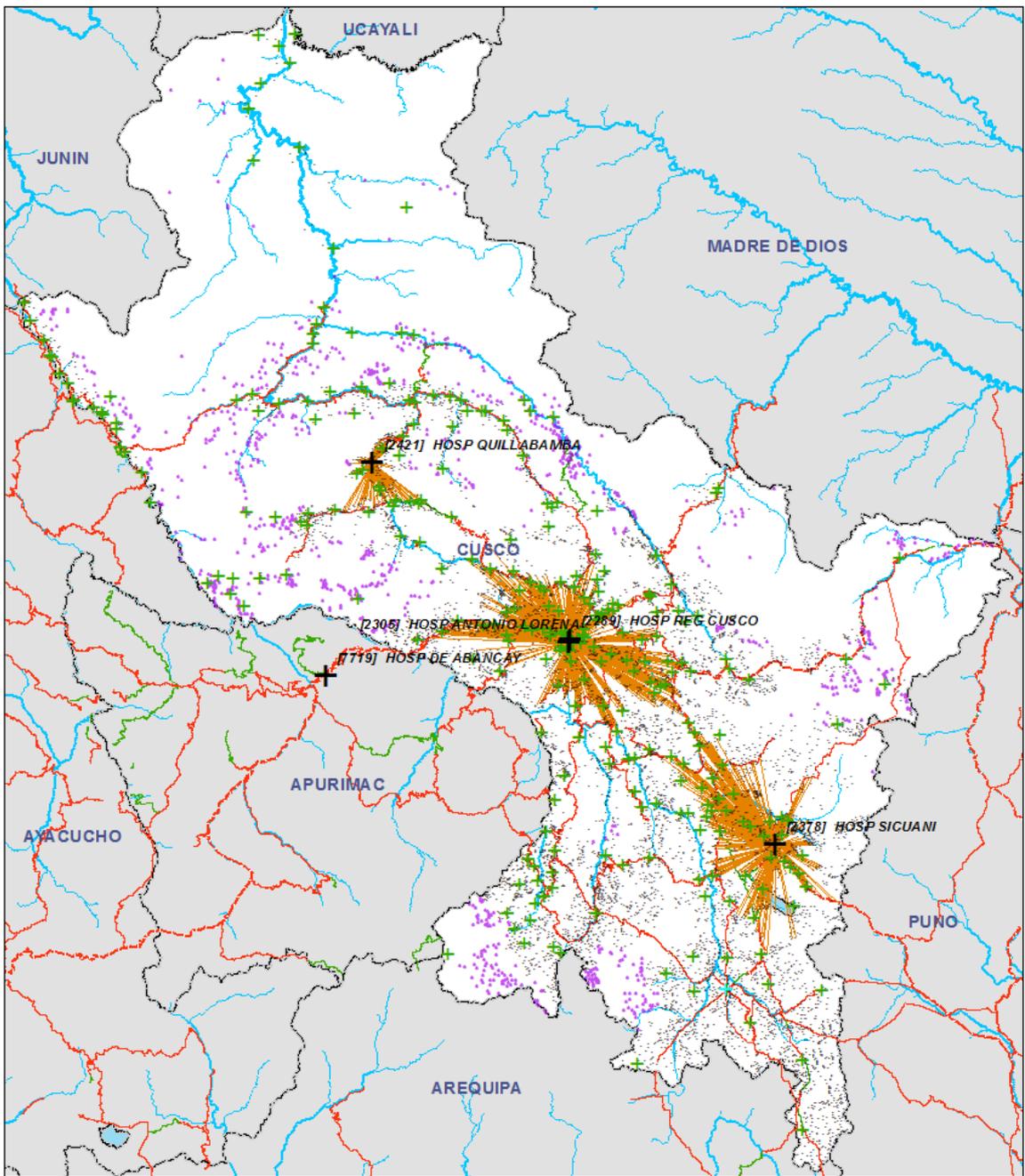


El gráfico parte desde 2 porque el Hospital Regional del Cusco y el Hospital Lorena, trabajan como si fuera uno sólo dada a su cercanía.

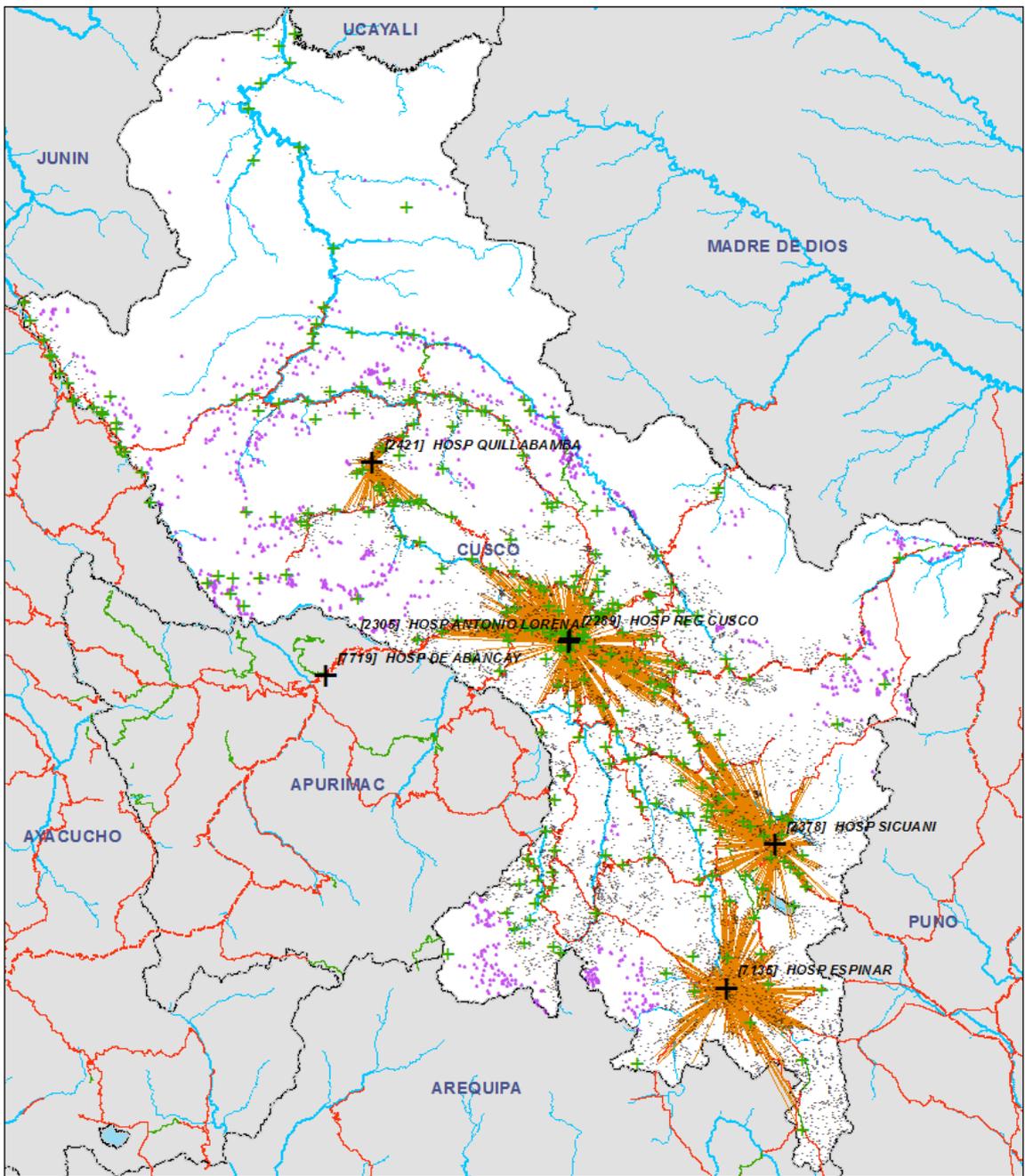
Con 18 establecimientos de salud se cubre a un total de 4068 centros poblados equivalente al 40 % y 913379 personas equivalente a 70.23 % de la población. La gráfica va en modo ascendente y sobre todo al inicio de ella, pero conforme va captando a la población se reduce la variación, haciéndose la curva más plana, sucesivamente, llegando a un punto en que integrar a un establecimiento cambiaría mínimamente la forma de la curva.

### 4.1.4. Diagramas de araña

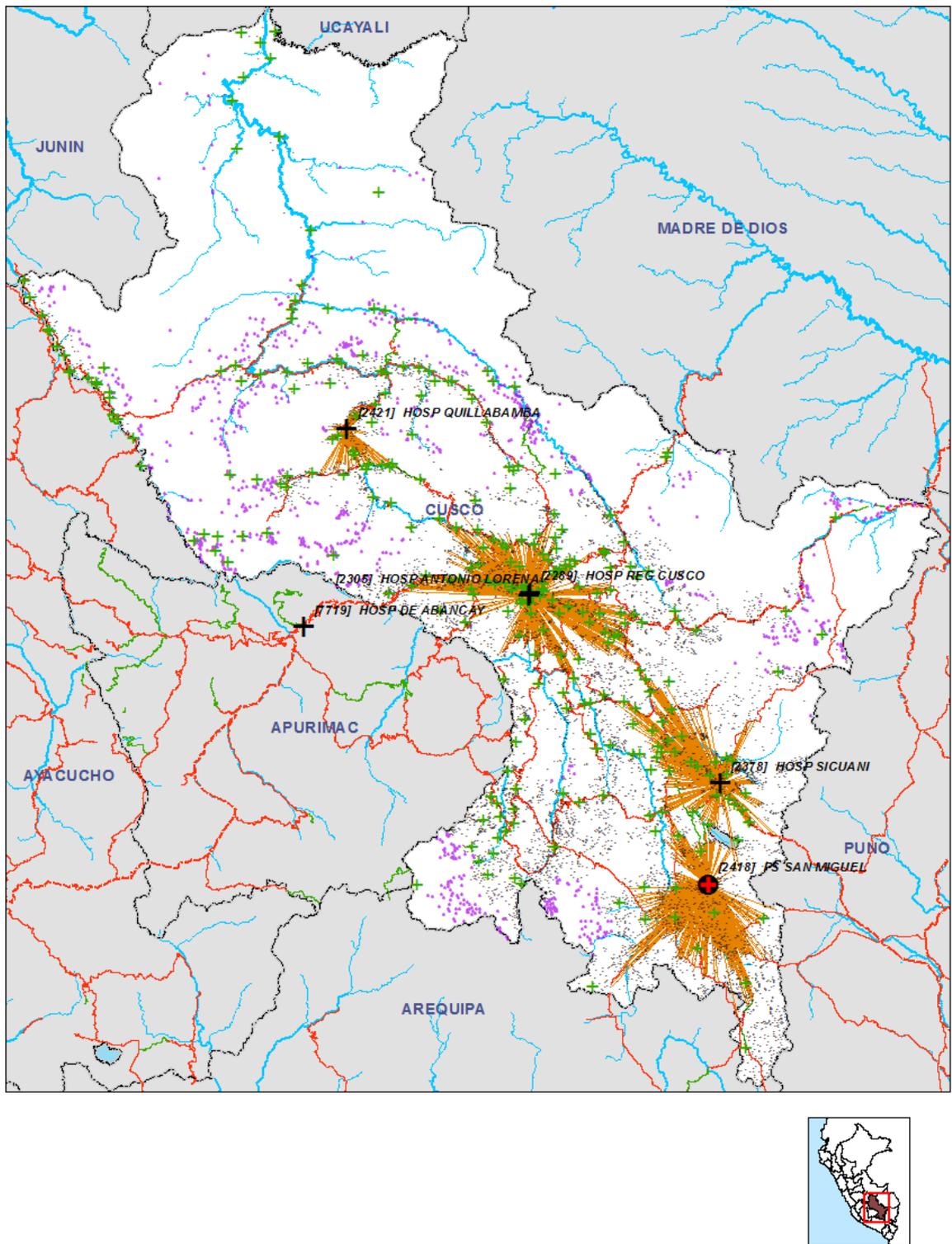
Los diagramas de araña son una serie de rayos procedentes de cada punto de demanda hacia el punto de oferta. Los diagramas de araña ilustran gráficamente la dirección de la tracción de los servicios de salud de la región de Cusco. Las líneas muestran que los usuarios (población que parte de un determinado centro poblado) se atiende en determinados establecimientos de salud como se grafica. Para su construcción se traza una línea desde cada punto (demanda) a su punto de (oferta), facilitando la visualización del área real de influencia de cada establecimiento. Para la elaboración del mapa es necesario tener previamente el mapa de los centros poblados, de los establecimientos de salud y que la asignación haya sido generada previamente.



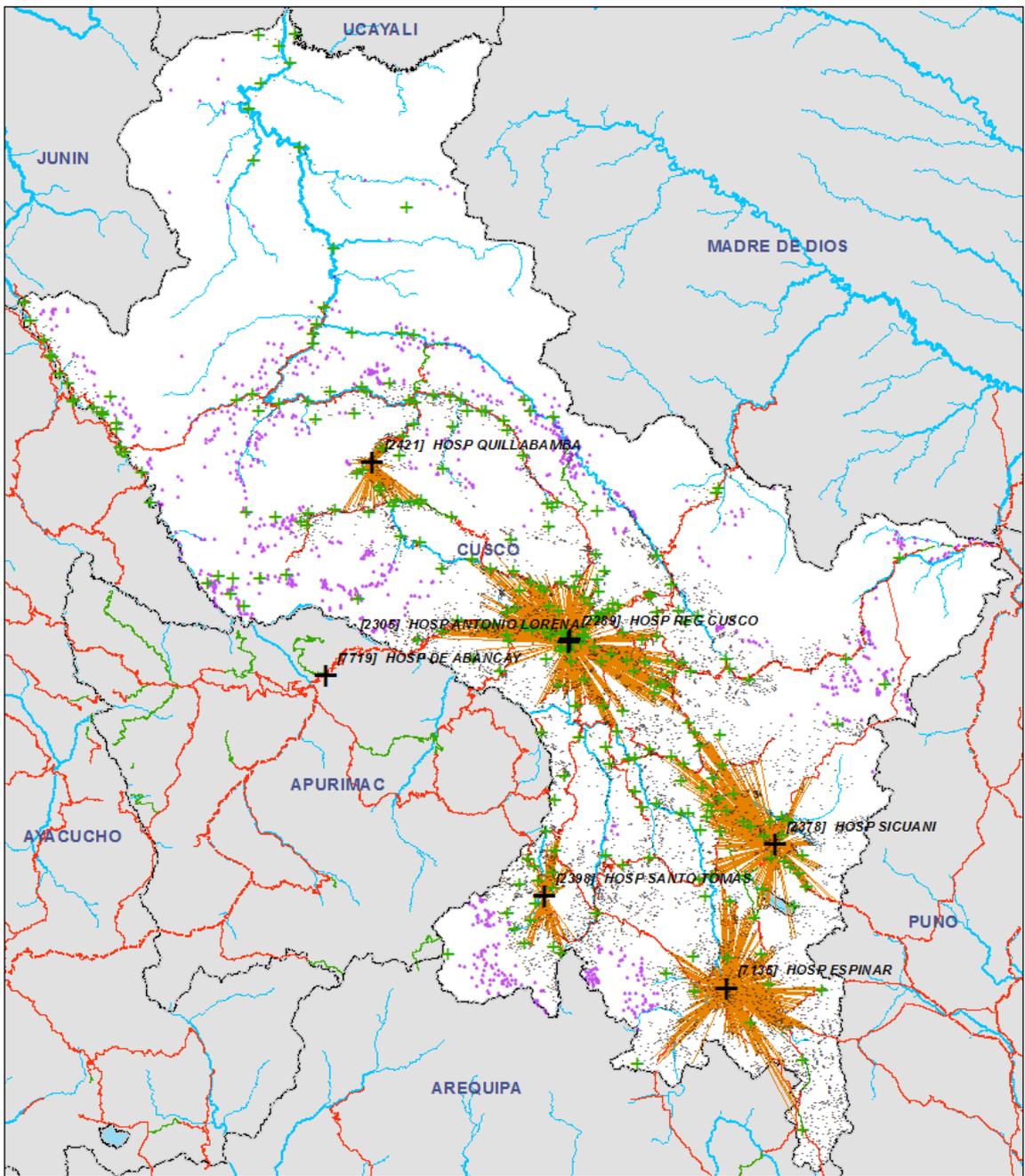
Mapa 32: Solucion con 4 establecimientos de salud



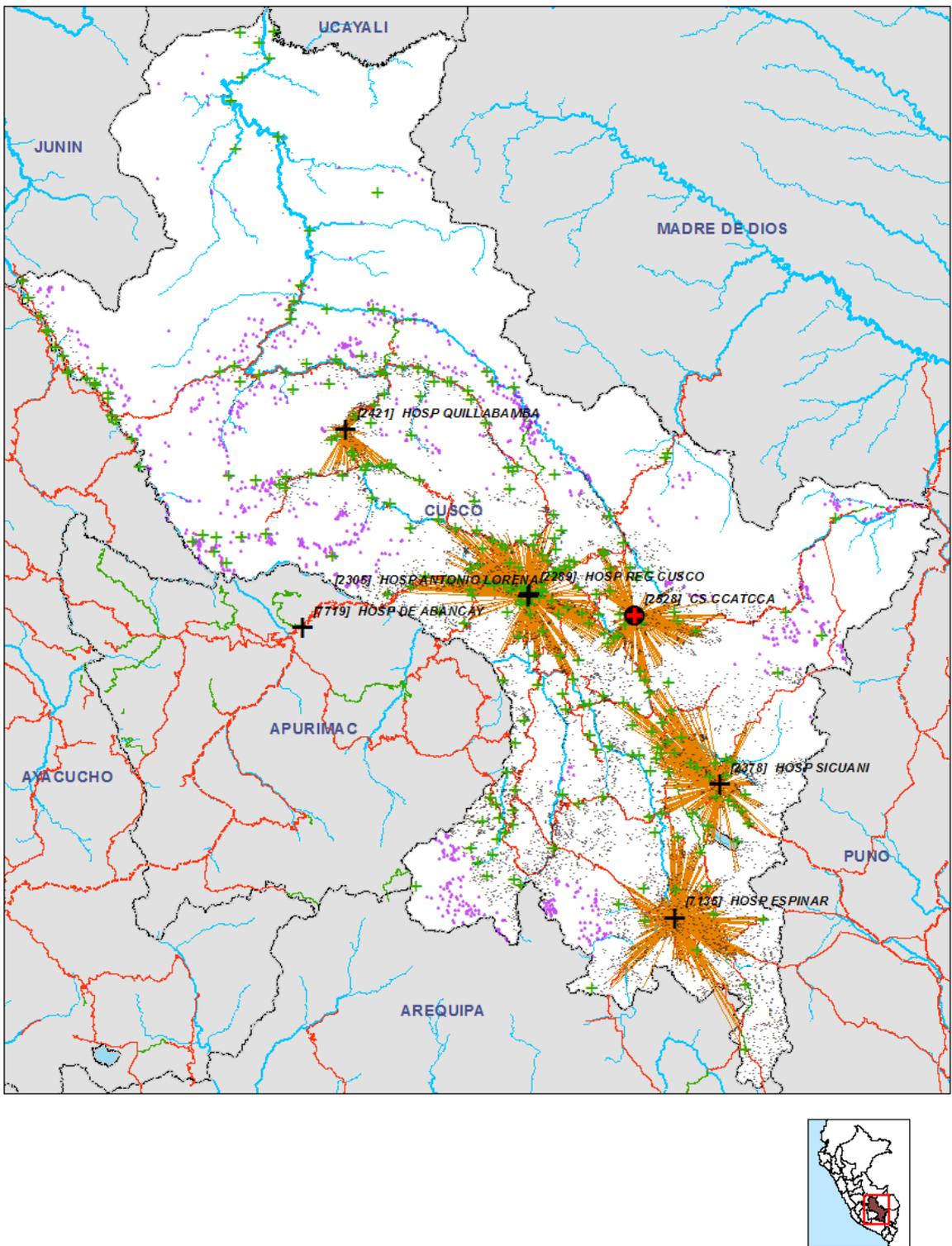
**Mapa 33:** Solucion con 5 establecimientos de salud, con Espinar en la lista



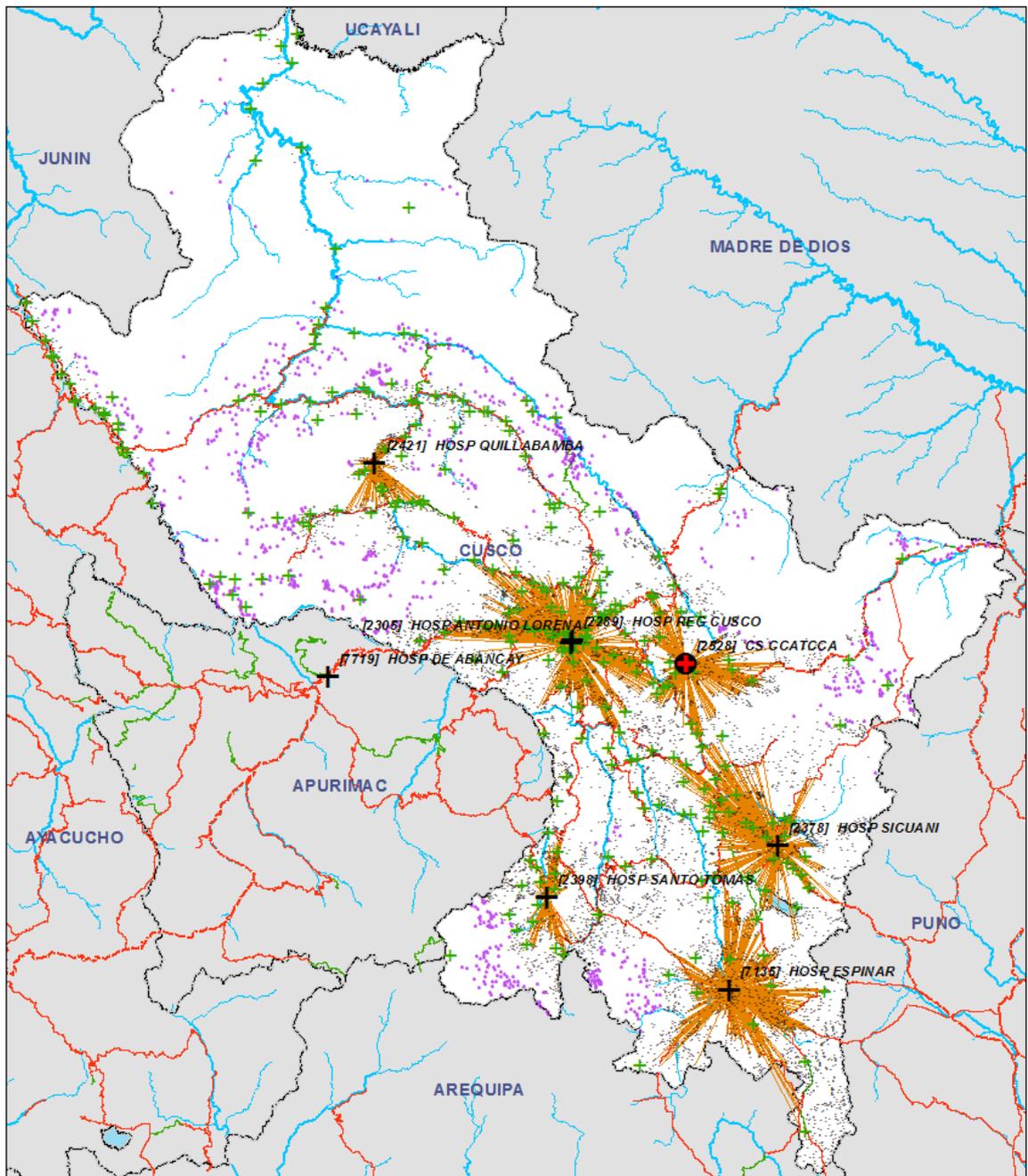
**Mapa 34:** Solucion con 5 establecimientos de salud, con San Miguel en la lista



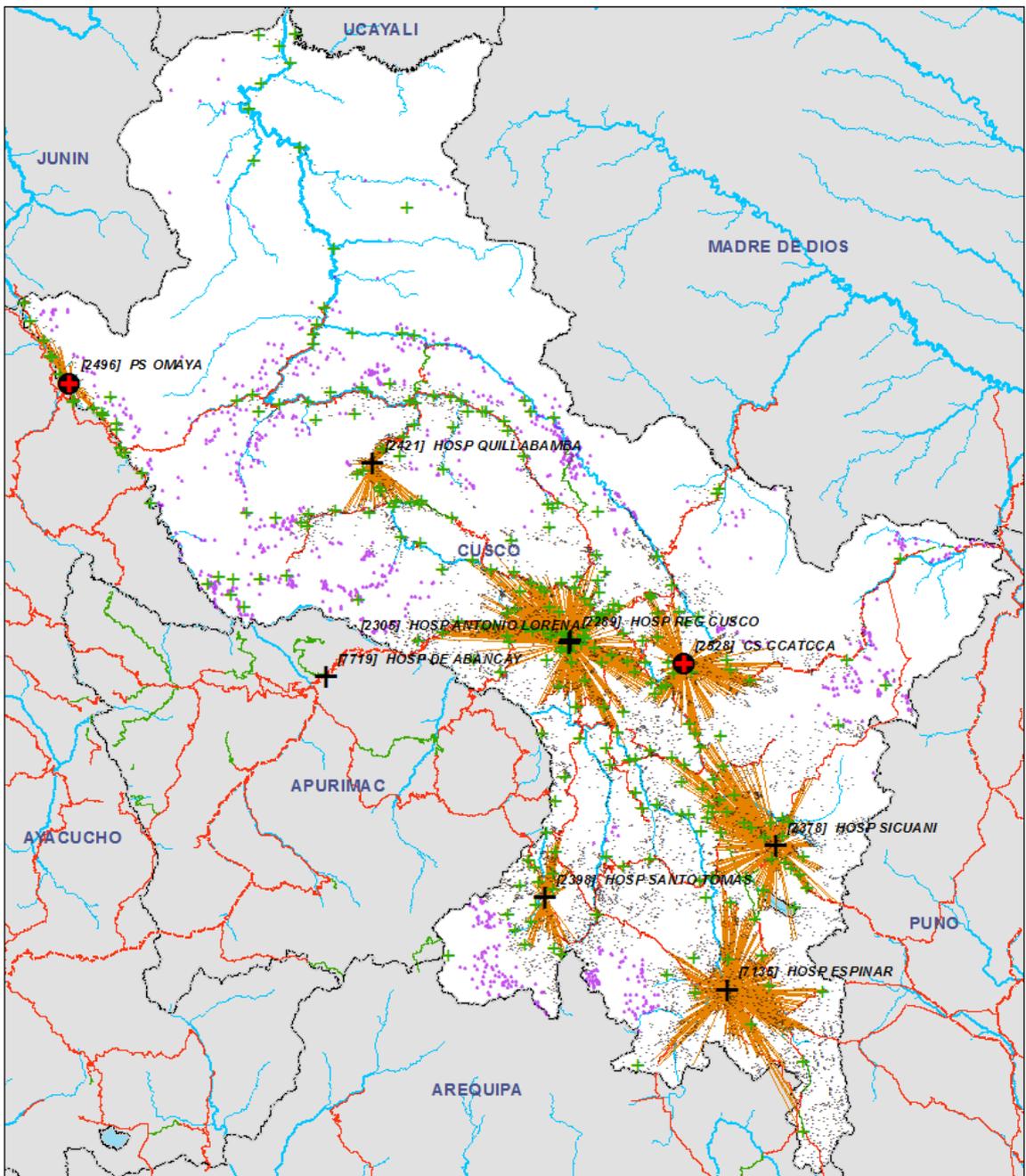
Mapa 35: Solucion con 6 establecimientos de salud



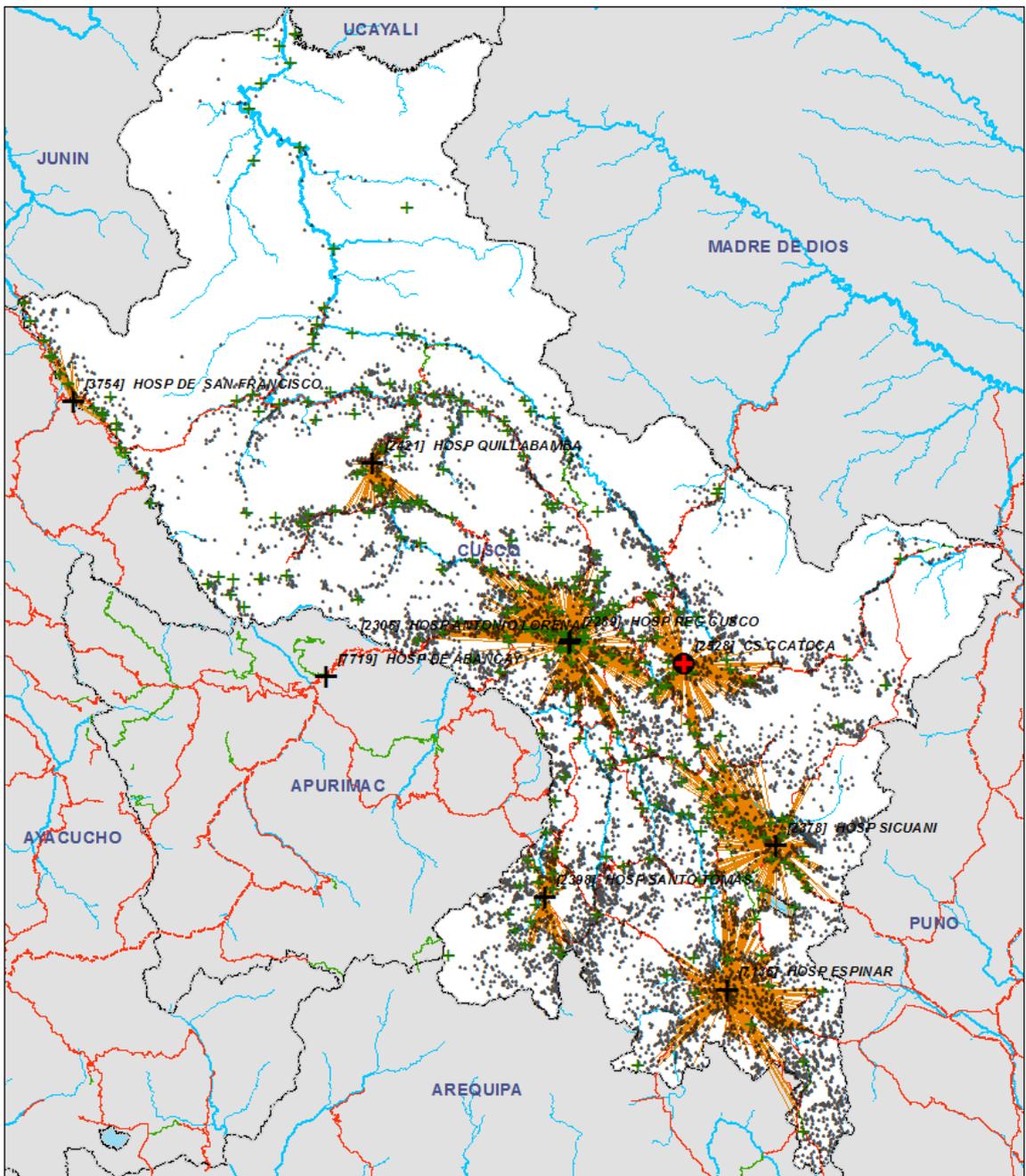
**Mapa 36:** Solucion con 6 establecimientos de salud, con Ccatca en la lista



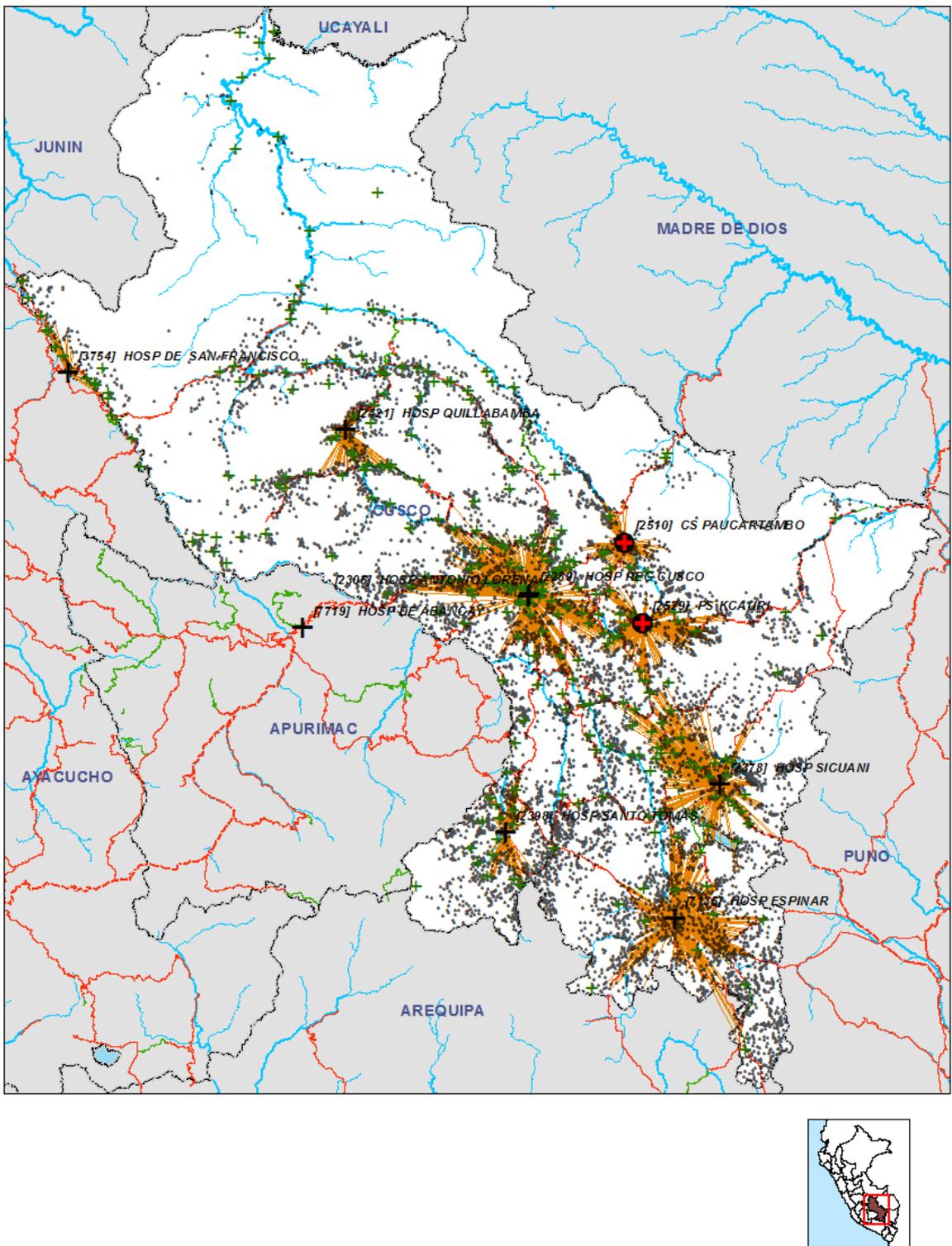
Mapa 37: Solucion con 7 establecimientos de salud



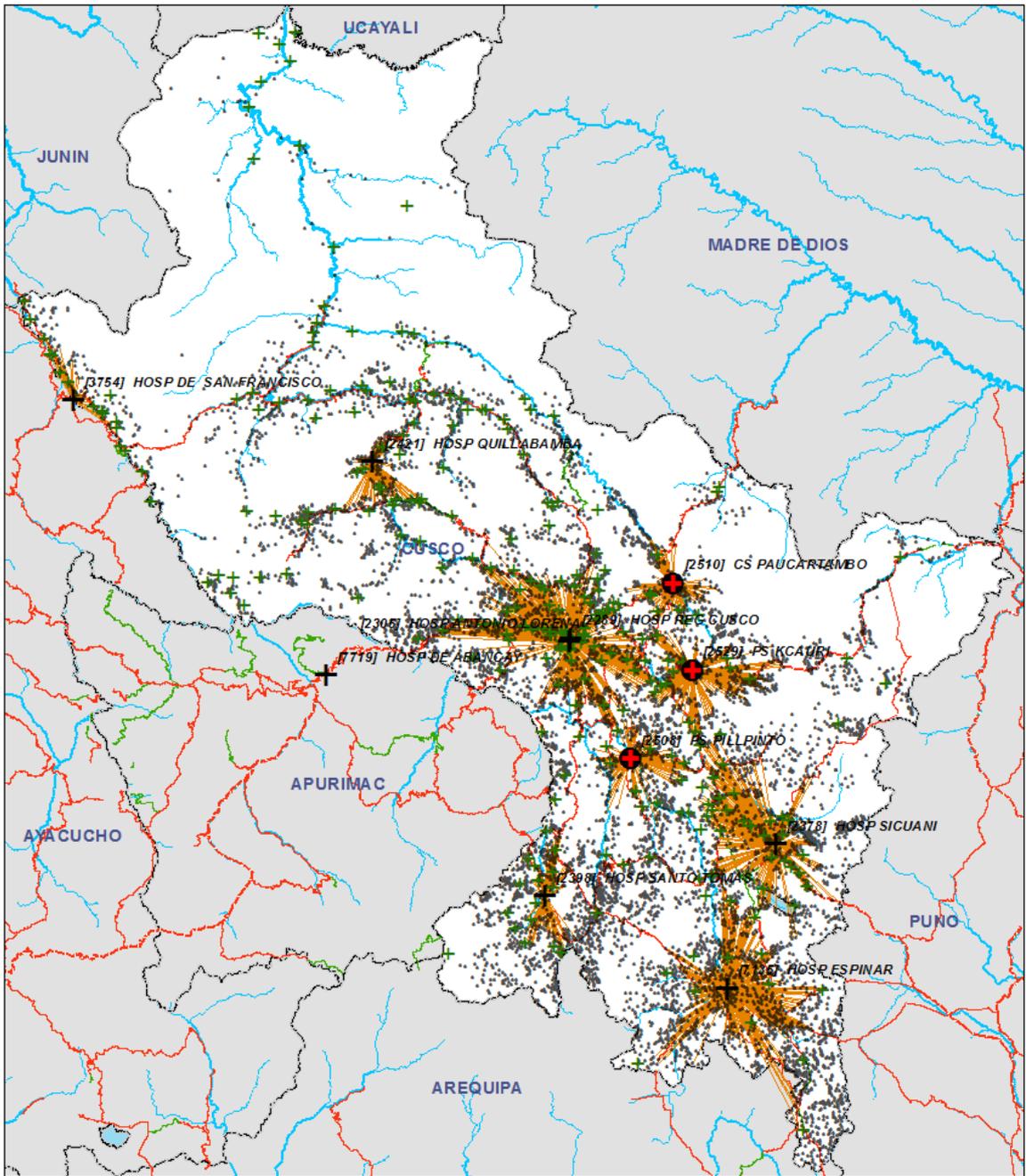
Mapa 38: Solucion con 8 establecimientos de salud



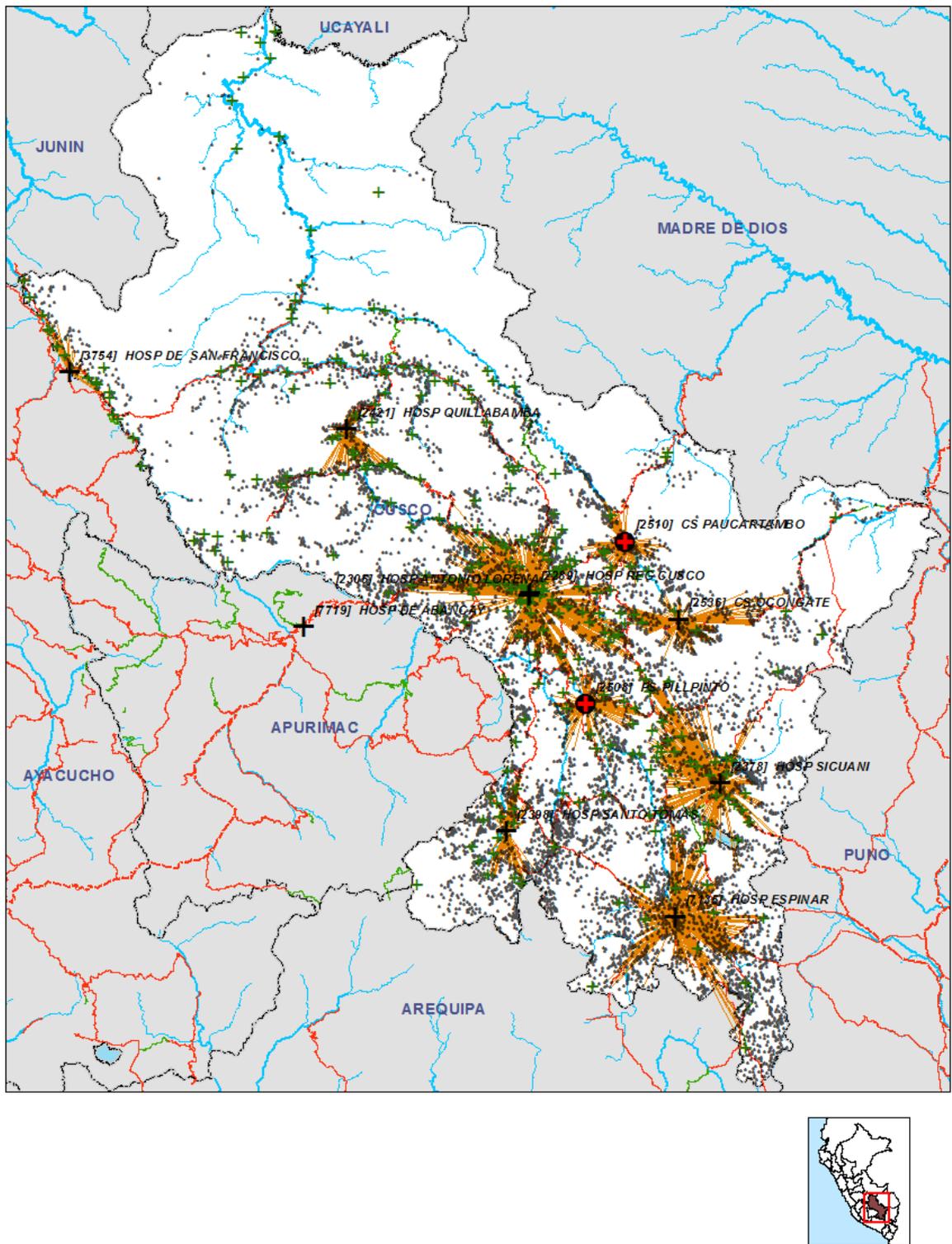
**Mapa 39:** Solucion con 8 establecimientos de salud, con San Francisco en la lista



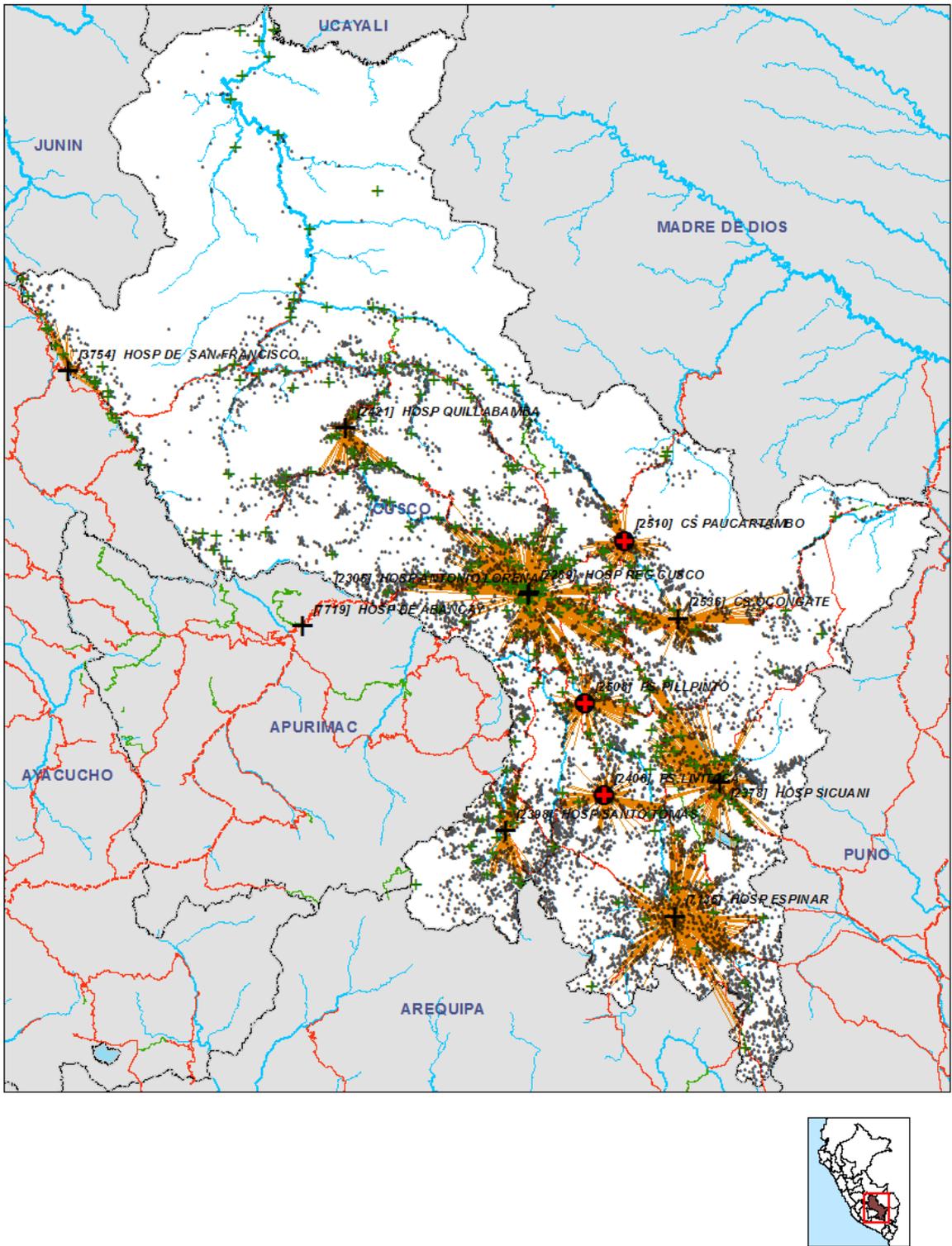
**Mapa 40:** Solucion con 9 establecimientos de salud, con San Francisco en la lista



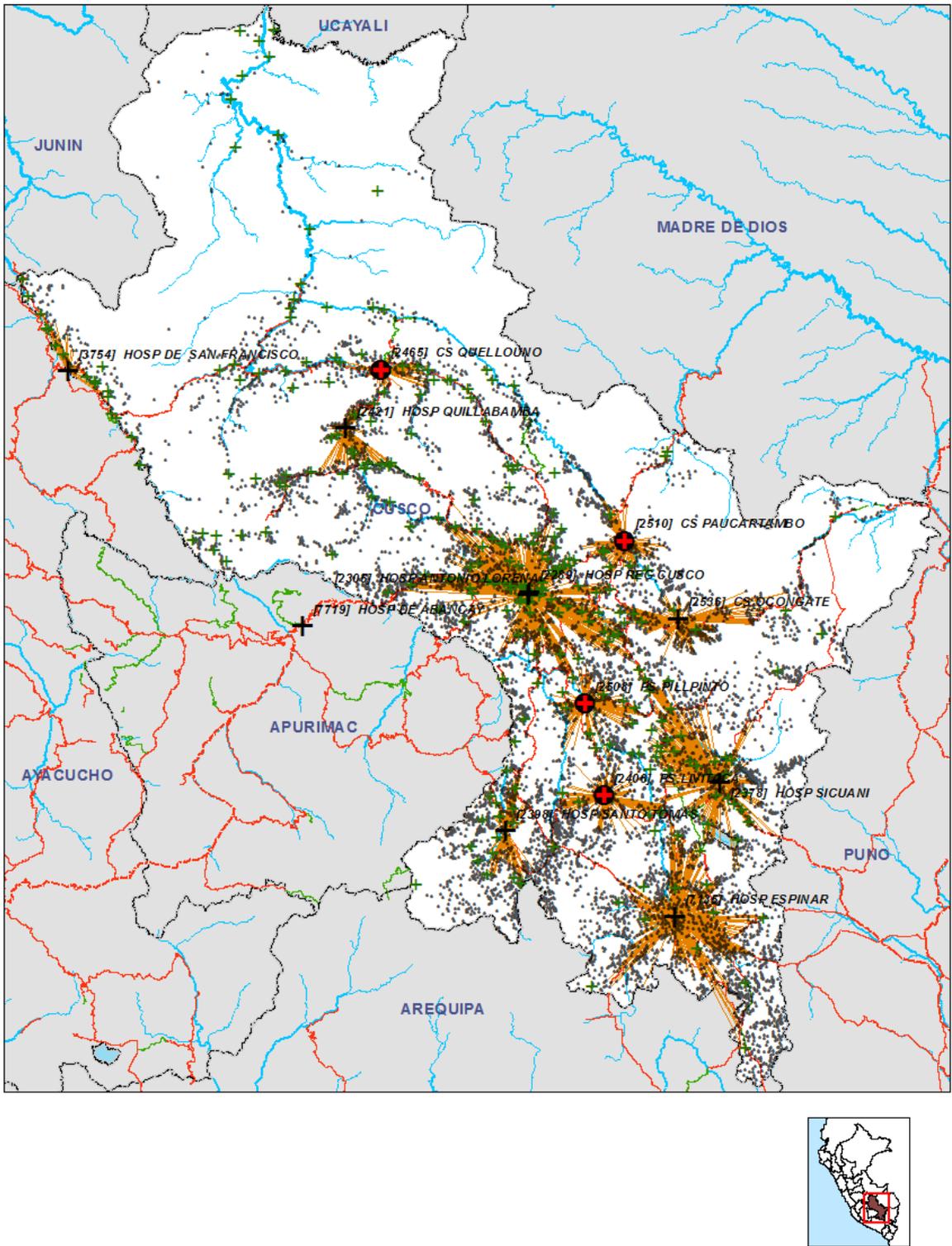
Mapa 41: Solucion con 10 establecimientos de salud



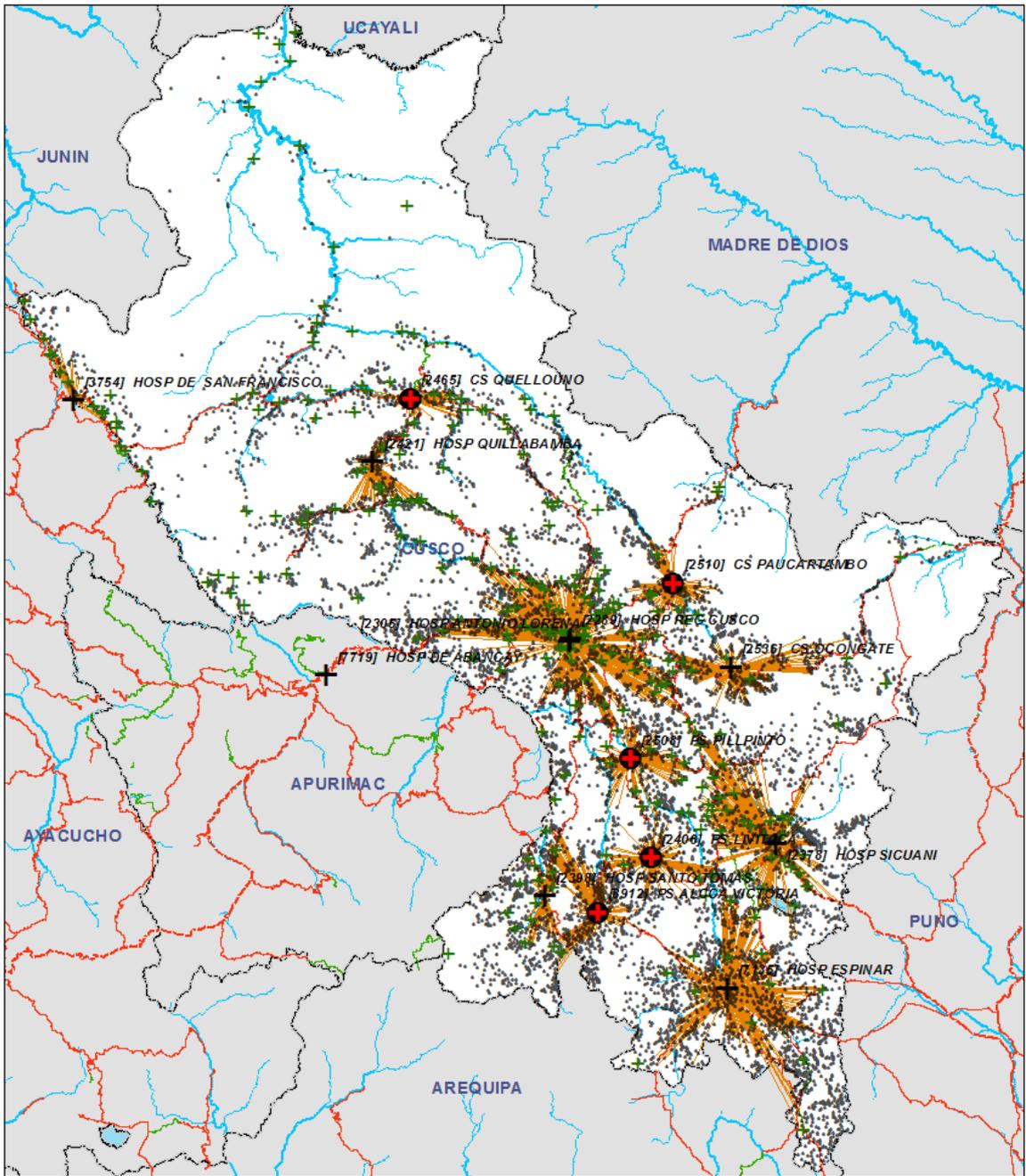
**Mapa 42:** Solucion con 10 establecimientos de salud, con Ocongate en la lista



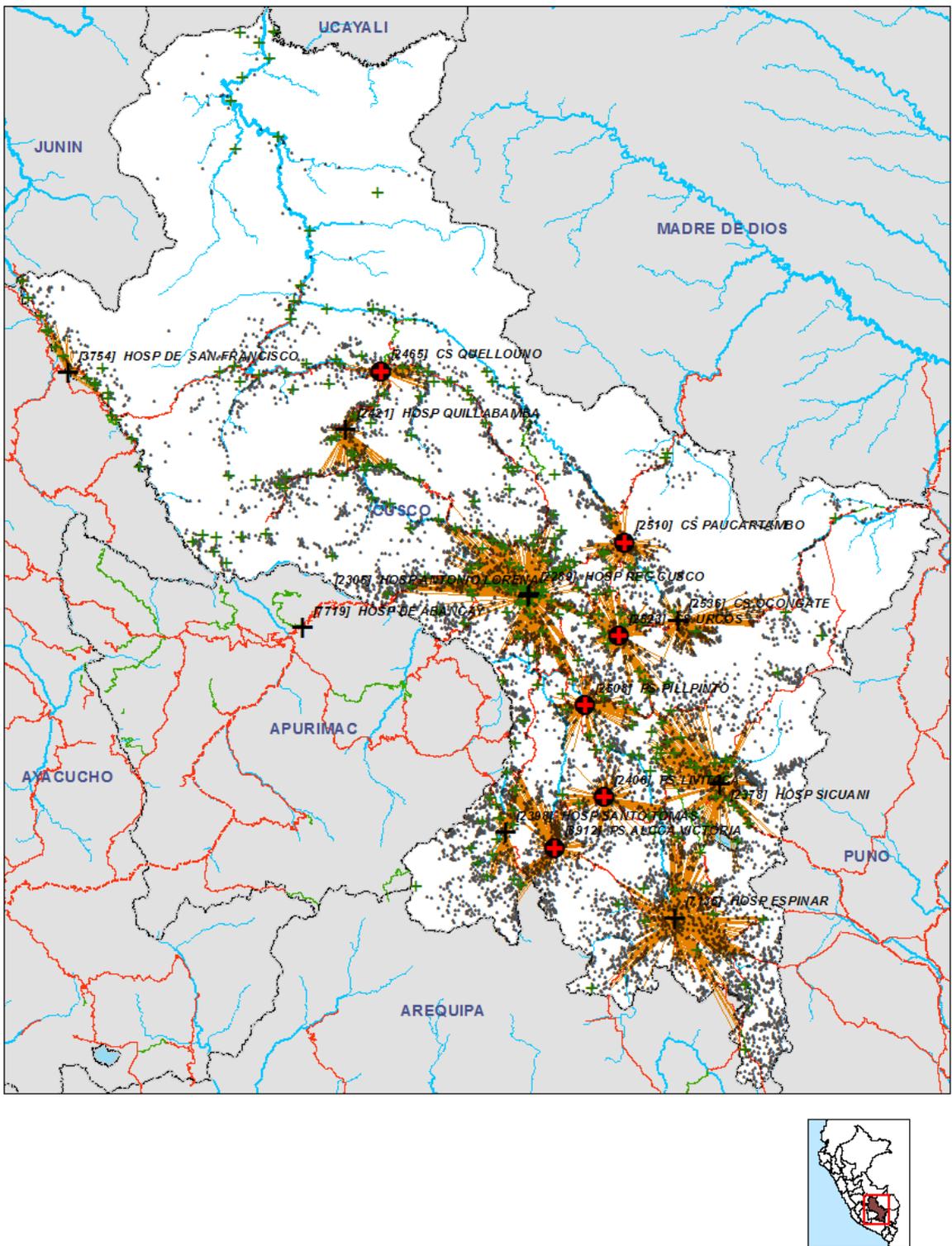
Mapa 43: Solucion con 9 establecimientos de salud



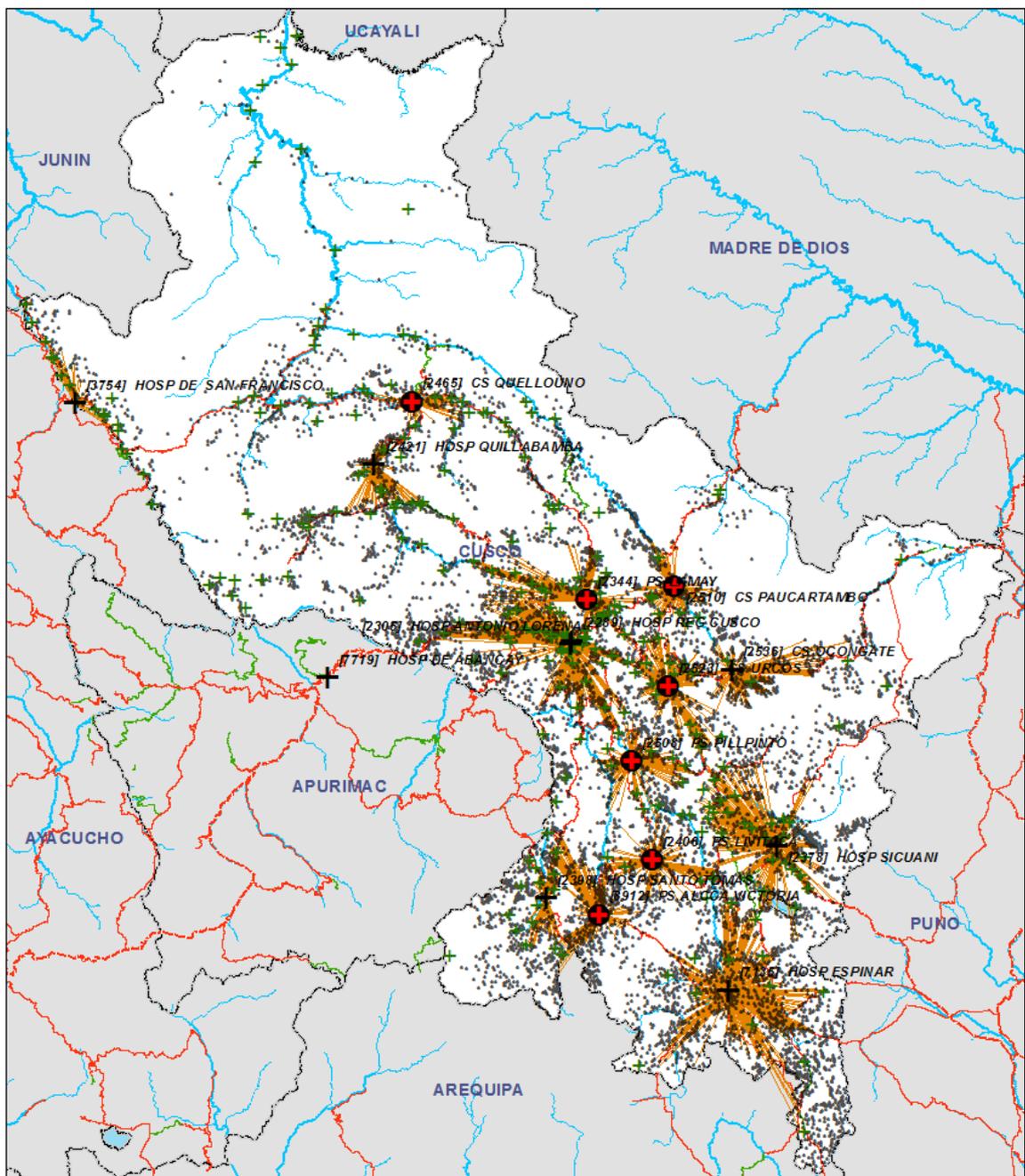
**Mapa 44:** Solucion con 10 establecimientos de salud



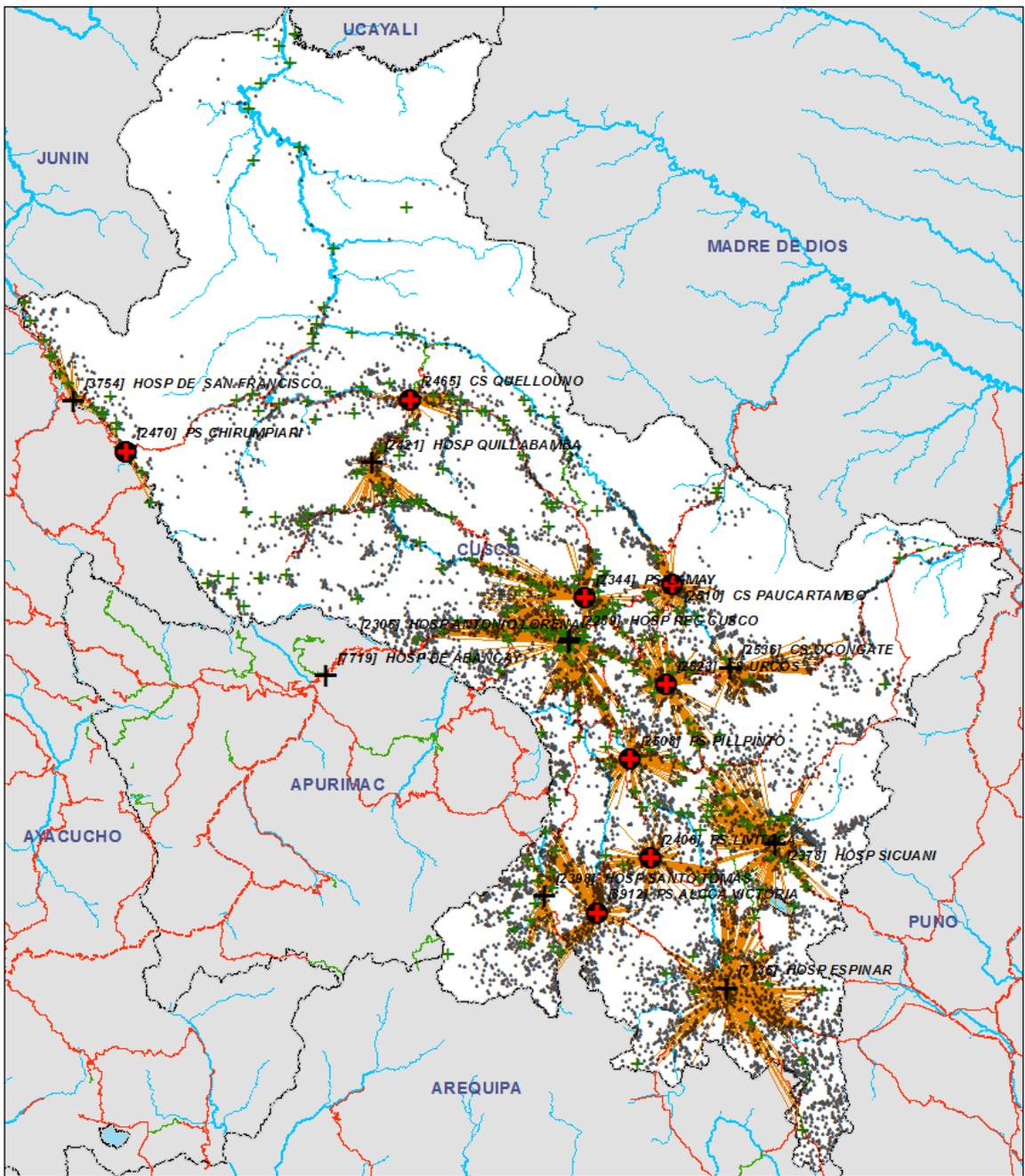
**Mapa 45:** Solucion con 11 establecimientos de salud



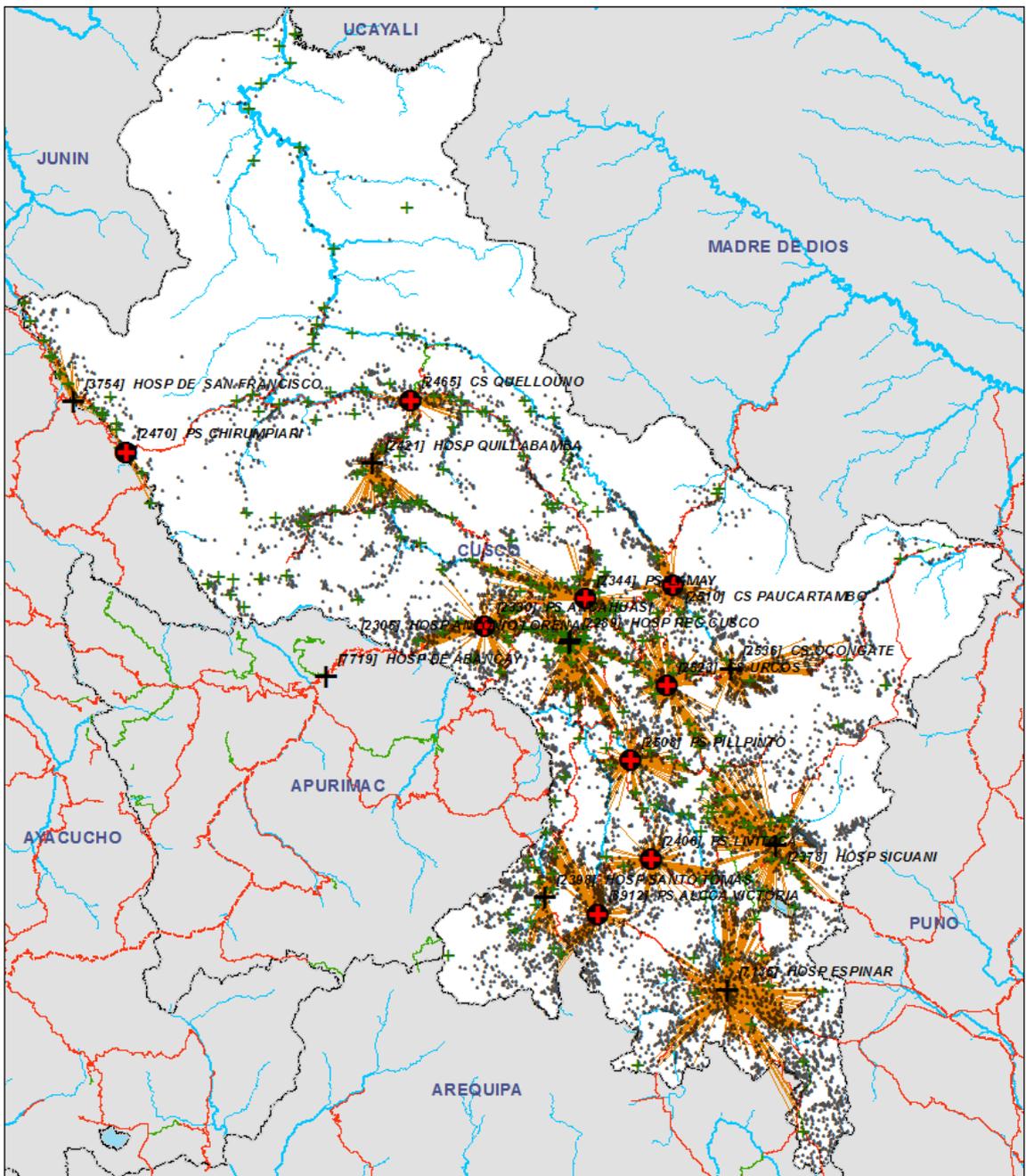
Mapa 46: Solucion con 12 establecimientos de salud



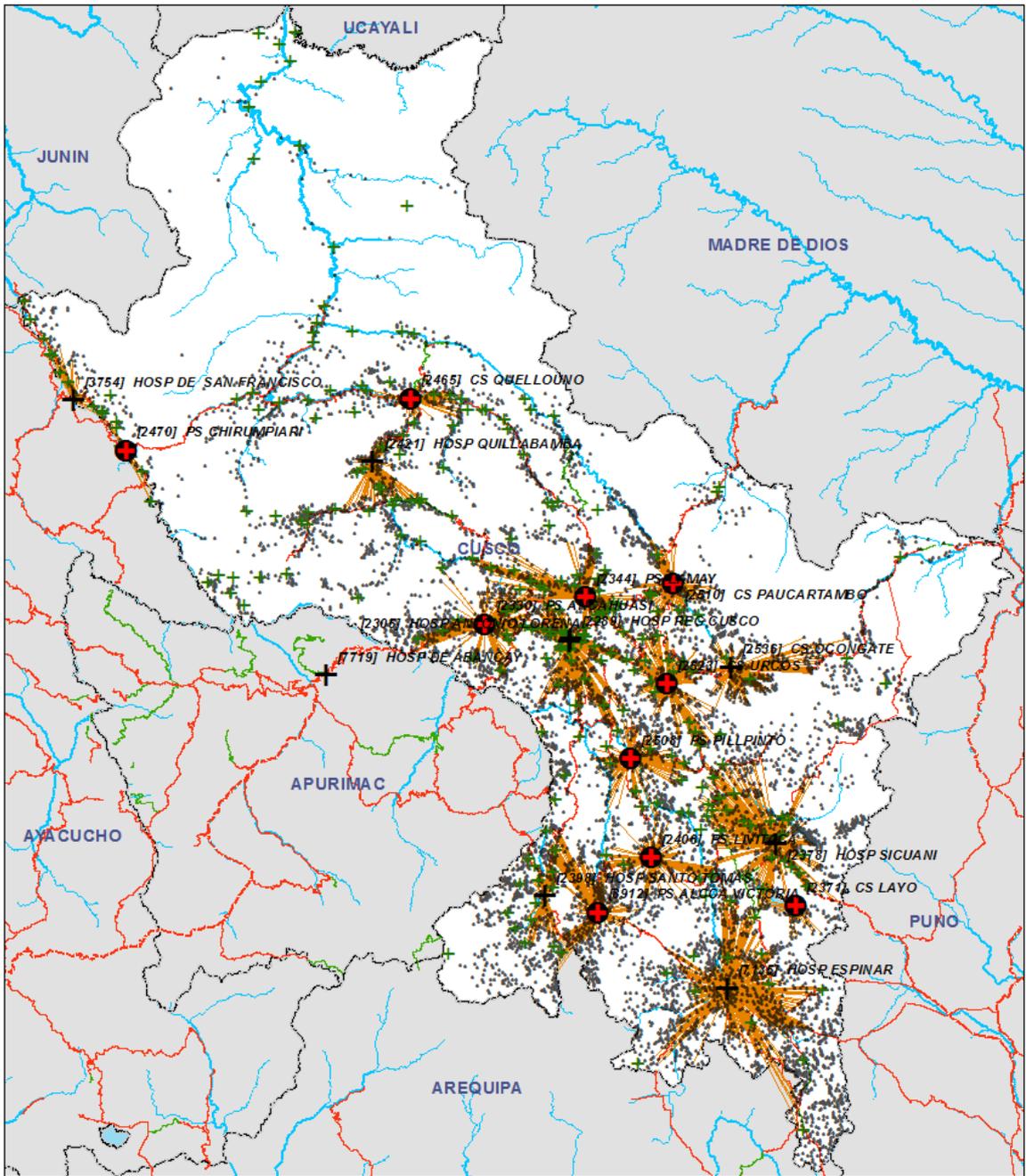
Mapa 47: Solucion con 13 establecimientos de salud



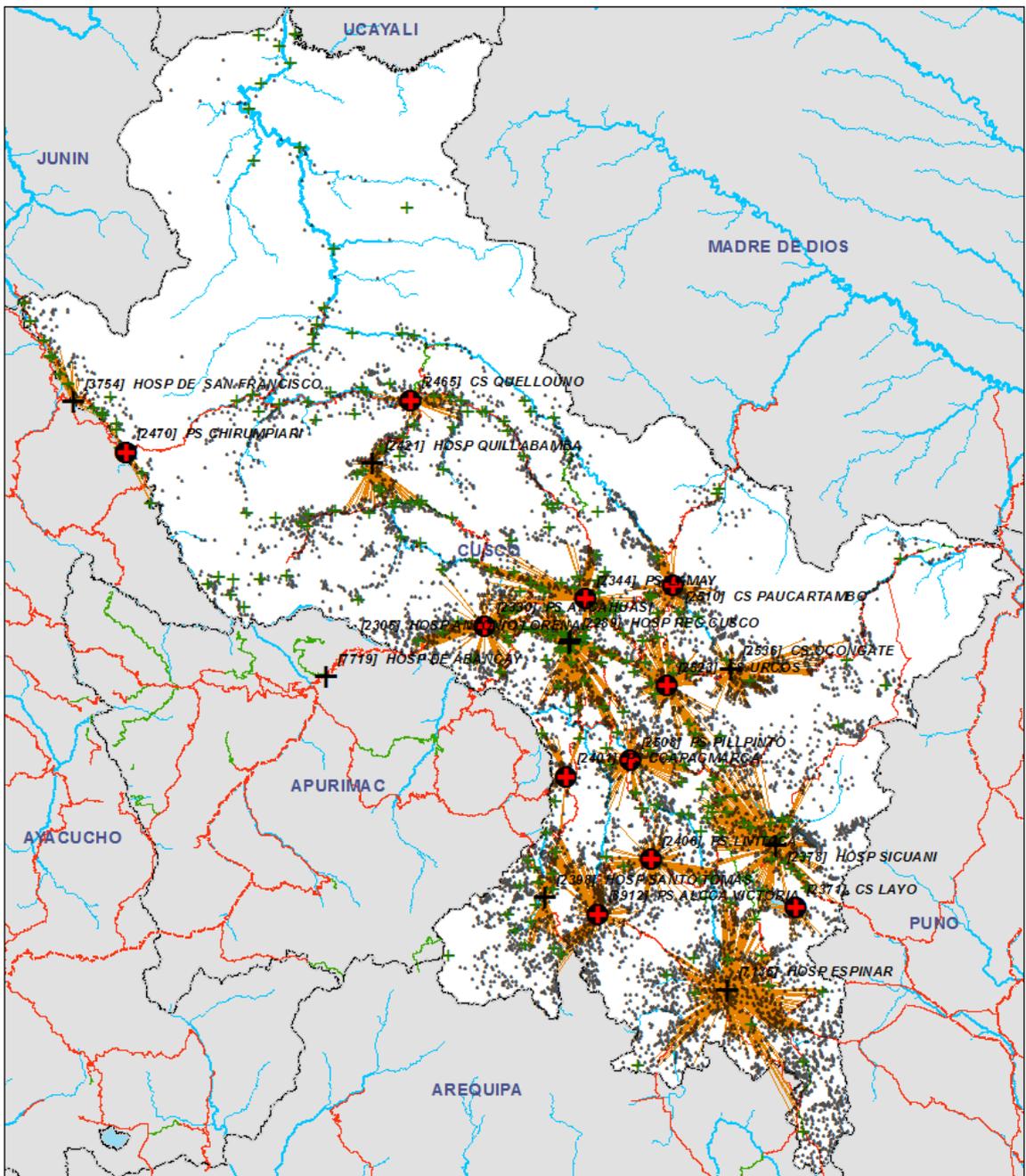
Mapa 48: Solucion con 14 establecimientos de salud



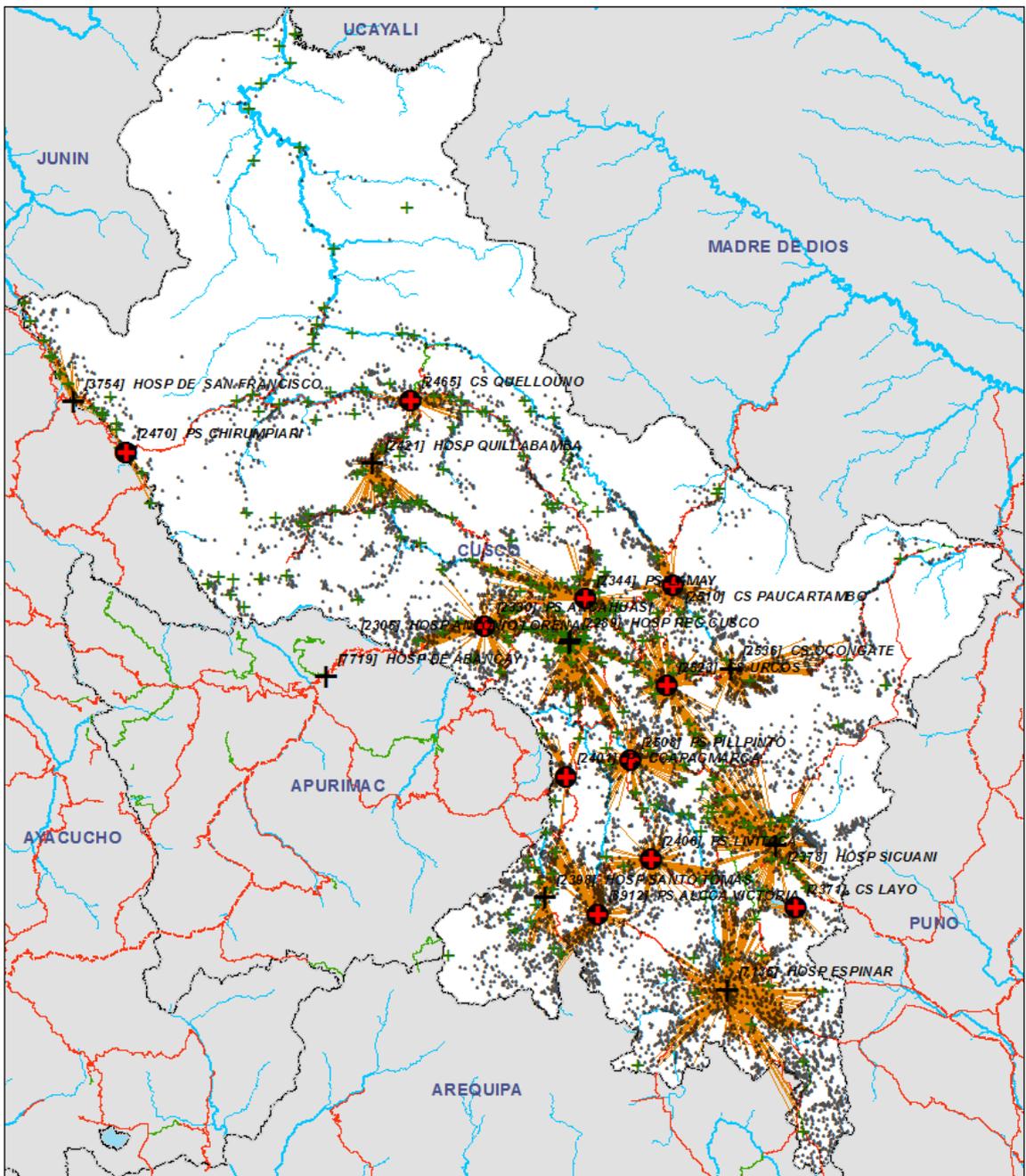
Mapa 49: Solucion con 15 establecimientos de salud



Mapa 50: Solucion con 16 establecimientos de salud



Mapa 51: Solucion con 17 establecimientos de salud



Mapa 52: Solucion con 18 establecimientos de salud

# CAPÍTULO 5

---

## Discusión, Conclusiones y Perspectivas

---

*"Inteligencia es la habilidad de adaptarse a los cambios."  
Stephen Hawking*

### 5.1. *Discusión*

A partir de distintas capas temáticas se obtuvo para este estudio un modelo de superficie de costo que representa, la impedancia del territorio al desplazamiento de las personas hacia los servicios de salud en la Región Cusco, como tiempos de viaje o desplazamiento.

Mediante el empleo de un algoritmo de caminos mínimos (Dijkstra) implementado en SIG se obtuvieron, a partir de la superficie de costo, estimaciones para los tiempos de desplazamiento que separan a las personas de los servicios. Dada la geografía accidentada y heterogénea del ámbito estudiado ha resultado conveniente emplear un método robusto para la obtención de medidas de accesibilidad como las estimaciones de tiempos de viaje derivadas de un modelo de superficie de costo, esta y otras métricas de accesibilidad robustas pueden ser obtenidas mediante SIG (modelo vectorial) sobre una red conectada de localidades y establecimientos, sin embargo en la aplicación actual de la región Cusco, no existe una red conectada por lo que la solución mediante el modelo raster es la ideal.

En general los modelos basados en SIG permiten cuantificar distancias y tiempos de viaje de una manera predecible, replicable y susceptible de perfeccionamiento mediante la mejora de la calidad de insumos (por ejemplo corrección de los errores de posicionamiento) y el ajuste y la calibración de los supuestos.

Se ha empleado un modelo de localización-asignación que ha permitido identificar un subconjunto de los establecimientos de salud de la Región Cusco con las mejores ubicaciones espaciales, de manera que el acceso físico de las gestantes a los servicios de salud obstétrica sea óptimo, con el criterio de maximizar la cobertura de población (normativa) dentro de las dos horas.

La solución a la pregunta de investigación: ¿Cuál es el subconjunto de servicios de salud, que distribuidos espacialmente en toda la región, permitan atender a los puntos de demanda con pesos poblacionales, en un tiempo menor o igual a 2 horas, tal que se maximice la cobertura poblacional?. Está conformada por 18 establecimientos de salud, 7 hospitales, 6 centros de salud y 9 puestos de salud

La Lista de los servicios seleccionados y candidatos a ser fortalecidos están divididos en dos grupos, los hospitales y puestos-centros los cuales son:

Hospitales: Hospital De San Francisco, Hospital Santo Tomas, Hospital Espinar, Hospital Regional de Cusco, Hospital Antonio Lorena, Hospital Sicuani y Hospital Quillabamba.

Los puestos y centros: Puesto de Salud San Miguel, Puesto de Salud Omayá, Centro de Salud Layo, Puesto de Salud Kcauri, Puesto de Salud Ancahuasi, Puesto de Salud Chirumpiari, Centro de Salud Ccatcca, Puesto de Salud Lamay, CS Urcos, Puesto de Salud Alcca Victoria, Centro de salud Quellouno, Puesto de Salud Livitaca, Centro de salud Ocongate, Puesto de Salud Pillpinto, Centro de Salud Paucartambo.

Este resultado implica que los puestos y centros de salud de la lista debieran convertirse en hospitales en un mediano largo plazo a fin de brindar mejores servicios a la población.

Con los 18 establecimientos de salud se cubre a un total de 4068 centros poblados equivalente al 40 % y 913379 personas equivalente a 70.23 % de la población. Eso significa que hay establecimientos de salud pequeños que no serían atendidos.

En la actualidad algunos establecimientos de Cusco, se comportan de acuerdo con el nivel esperado de complejidad, entre ellos figuran: El hospital Regional del Cusco, Hospital de Lorena, Hospital de Sicuani, Hospital de Quillabamba, Centro de salud Santo Tomás, por ello se ha buscado mantener en la solución dichos hospitales a fin de no cargar un costo adicional al estado en la propuesta de nuevos o el fortalecimiento de otros puntos, para lo cual debe primar los criterios (a) Podemos elegir un grupo de servicios de salud que debe estar en la selección por ejemplo, la existencia de instalaciones grandes y eficientes se ven obligados a ser seleccionado, o podemos dejar fuera algunos de ellos. (B) Otra posibilidad es que podemos decirlo en términos de la cantidad de dinero cual es el costo de seleccionar uno u otro centro de salud.

El modelo puede complejizarse o no, de acuerdo con la necesidad y capacidad de manejo de la información, para el caso de la tesis, se ha buscado incluir elementos del paisaje que modifiquen la velocidad de transporte, estos elementos han sido considerados isotrópicos, pero en general pueden ser isotrópicos o no, de acuerdo con los recursos que sean necesarios para su abordaje. Si bien el modelo euclideo sigue siendo el más sencillo nos va a llevar a errores y un modelo demasiado complejo podría ser inmanejable en términos de tiempo y recursos, en la tesis se ha llegado a un punto intermedio entre la complejidad y la realidad.

El uso de algoritmos de ubicación y asignación, en muchas oportunidades busca localizar un conjunto de nuevas instalaciones de tal manera que la el costo de transporte de las instalaciones a los clientes se reduzca al mínimo, sin embargo nuestra investigación no busca ubicar nuevas instalaciones sino el de fortalecer la red de servicios en base a un número óptimo de instalaciones tienen que ser fortalecida en un área de interés con el fin de satisfacer las necesidades de la población.

Estos resultados claramente sirven de insumo para ser tomado en cuenta por los planificadores de servicios de salud en la estructuración de las redes de servicios.

## **5.2. Conclusiones**

Este trabajo presenta un método de selección de centros de de salud con el fin fortalecerlos y maximizar la atención a la población bajo el conocimiento de que la accesibilidad de una salud preventiva es un factor determinante en la mortalidad materna y neonatal, este documento resuelve el problema de la ubicación - asignación de instalaciones en el departamento de Cusco mediante la integración de las tecnologías actuales como las herramientas geoespaciales y las técnicas de optimización, sin embargo, sigue siendo problemática las fuentes de datos, la escala de análisis, las horas de cómputo y del tiempo de dedicación para lograr modelos adecuados.

- El modelo de acceso geográfico, es un modelo en la que confluyen el uso de herramientas, por un lado las herramientas de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección a las que podemos llamar herramientas geoespaciales y de otro, las herramientas matemáticas. La finalidad es brindar soluciones que permitan al estado atender a la mayor cantidad de la población con un número adecuado de unidades de salud. Debido a que su enfoque es normativo porque busca brindar al estado peruano un documento técnico para la planificación del territorio (región Cusco), tiene la necesidad de ser eficiente y equitativo, por esta razón es que se hace uso del maximum covering problem, porque es un nivel intermedio entre la máxima eficiencia como lo es el modelo P-mediana y la máxima equidad como lo diseña el modelo P-Centro.
- En particular, la información empleada para este trabajo procede de versiones actualizadas y mejoradas de productos que han sido utilizados ampliamente en estudios muy diversos, y también en estudios de acceso geográfico (referencias). Los otros insumos mencionados, la capa de carreteras y la capa de ríos, son los que posiblemente establezcan la mayor variabilidad en los datos estimados de tiempos de viaje, pues a ellos se les asocia las mayores velocidades de desplazamiento, teniendo los errores en estos datos el mayor impacto en las estimaciones de tiempos de viaje. Los datos de carreteras proceden del MTC y están actualizados hasta el año 2012 para la red vial nacional.
- El modelo presenta errores en los insumos para la construcción de la superficie de costo, errores en las capas temáticas empleadas como la cobertura de suelos, el modelo de elevación digital, la precipitación, la capa de ríos/ríos navegables y la capa de la red de carreteras. La combinación de errores de todas estas capas podría derivar en una acumulación de sesgos locales en la representación del territorio que al final puedan conducir a estimaciones diversas a la real. De todos los insumos empleados para la superficie de costo, los tres primeros proceden de fuentes primarias procedentes de imágenes de satélite de percepción remota, que tienen ya un largo camino como proveedores de datos de este tipo. Aquí cabe la posibilidad de que algunas carreteras, la mayoría construida de manera informal, no estén registradas en estos datos. También existe la posibilidad que los datos espaciales de algunas carreteras, especialmente las trochas de la red vial vecinal, no representen correctamente la morfología y la ubicación de los caminos, una observación que ha podido evidenciarse en contrastes ad-hoc con imágenes satelitales en algunos casos puntuales. Otra posible fuente de error asociada es que no se emplearon datos espaciales de puentes, por lo que la existencia de éstos debió suponerse en el caso de las carreteras asfaltadas, afirmadas y trochas carrozables que se extienden a través de un río. Donde no se ha asumido que haya puentes es en los caminos.

- Una fuente de error identificada con los modelos de acceso geográfico basados en superficies de costo está asociada con la resolución de datos finales de la cuadrícula obtenida. Los tiempos de viaje en este tipo de modelos son calculados empleando las dimensiones de las celdas y las velocidades asignadas a cada celda, por lo que los tamaños de celda empleados tienen impacto en los resultados obtenidos. A mejor resolución (celdas más pequeñas) las estimaciones del modelo serán más confiables, mientras que a menor resolución las estimaciones serán más “gruesas” y con mayor error. (Upchurch y col, 2004). Por ejemplo, el uso de resoluciones de celdas de más de 1 kilómetro conduce claramente a que variaciones locales en las características del terreno no estén adecuadamente representadas en el modelo. Tal es el caso de los objetos lineales como las carreteras, que estarían representadas por objetos mucho mayores de lo que son en realidad, conduciendo a la generación de artefactos en la superficie de costo.
- La solución presentada en esta investigación no es la primera, sino que previamente se desarrolló un primer modelo en la Fondazione Bruno Kessler (Trento - Italia) en la que se empleó una superficie de costo con un tamaño de celda que representa segmentos de 90x90 metros del territorio. Con este tamaño de celdas se logró la solución con un total de 11 establecimientos de salud, mientras que para el proyecto que se desarrolló en la tesis se abordó con una superficie de costo con un tamaño de celda que representa segmentos de 30x30 metros, consiguiendo la solución con 18 establecimientos de salud, consideramos que este cambio se debe al uso de una superficie de costo mejorada, de este modo quedaría clara la relevancia que tiene la elaboración de la superficie de costo.
- Los procesos empleados en la tesis son totalmente aplicables a otras regiones del país y los resultados pueden ser contrastados con información de los locales. Para lo que será necesario hacer las evaluaciones en diversos momentos, en verano, invierno, de ida y retorno, entre otros, también son necesarias las pruebas para ver que pasa si quito algún establecimiento, como se configura mi nuevo escenario o si en lugar de usar el modelo maximal covering se use el p-centro.
- Para los ámbitos rurales, es mejor el desarrollo de una superficie ráster a un análisis de redes, sobre todo por los problemas en la actualización de la información de redes viales, quedando poblados sin conexión a las redes viales, lo que podría derivar en un subregistro del acceso.
- Si bien la técnica no es nueva no se tiene documentación de que el modelo presentado en la tesis, tal como ha sido elaborado se haya desarrollado en el país por lo que consideramos que es un documento de vanguardia y siendo una técnica de geoespaciales y matemáticas se integra a diversos temas sociales en este caso en particular a temas de salud de las poblaciones rurales.

### **5.3. Limitaciones**

Entre las limitaciones de la tesis está el corte de las 2 horas, esta pudiera no ser exactamente las 2 horas, en general la literatura existente no provee reglas claras sobre como hacer la elección de punto de corte. Con frecuencia se presentan mediciones empleando varios umbrales corte (Paez et al., 2012).

Un punto de partida para identificar puntos de corte sería el conocimiento que se disponga sobre el servicio que se está estudiando y que sirvan de insumo para bosquejar la función de impedancia con dicho servicio, los datos sobre las características del servicio que reciben los usuarios, y en particular cómo y desde que distancia (ó tiempo) se desplazan, por este motivo el punto de corte ha sido definido dado a documentos de salud pública.

Una limitante más es la calidad de los insumos que ingresan al modelo, para la tesis se ha trabajado y asumido algunos errores de la georreferencia de las capas espaciales que a medida de que se mejoren los productos el proceso pueda ser actualizado.

Otra limitante es el tiempo que se consume en los procesos, por lo que se debe poner en la balanza el modelo adecuado a seguir y sobre todo pensando en las replicas para las demás regiones del país.

#### **5.4. *Futuras investigaciones***

La investigación desarrollada abre nuevas posibilidades y necesidades de seguir investigando y desarrollando temas de planificación espacial, en este sentido se puede sugerir un conjunto de investigaciones que complementarían al estudio.

- Diversos GIS incluyen modelos de localización y la posibilidad de construir una interface gráfica para los usuarios finales, mientras que las técnicas de optimización vienen en auge. La utilización de una base de datos GIS que permita la evaluación con los datos del mundo real en diferentes escenarios, que puede ser útil para los tomadores de decisiones en los sectores público y privado. Lo que se plantea es crear una aplicación Web con las herramientas SIG empleadas para ayudar a la toma de decisiones. En la práctica cuando se efectúa la toma de decisiones sobre la priorización de servicios de salud en base al acceso geográfico y otros indicadores, los que toman las decisiones necesitan herramientas que les permita simular escenarios, y que también les sugiera los escenarios con mejor perfil de acceso. Un decisor podría consultar a pag web donde hay un mapa con los centros de salud y centros poblados además de otros datos espaciales como la red vial, la red hidrográfica, entre otros. En ella podría consultar por ejemplo cuánta población se ubica a 2 horas o menos de cierto servicio. Del mismo modo se podría consultar por el tiempo promedio de acceso por habitante a los servicios de primer nivel, o con médico o centros de salud con cierta característica. También se le puede pedir al solucionador que nos optimice el acceso por ejemplo, que elija los 10 establecimientos de salud que maximizan cobertura a 2 horas, o a 1 hora, por medio del Max covering, o que optimice por el criterio del P-centro, o incluso la P-mediana. Lo ideal es que el sistema proponga varios escenarios con buena cobertura, no solamente el optimo, pues la solución optima podría tener problemas para ser implementada en la práctica. La idea es que el decisor pueda juzgar y contrastar las soluciones propuestas por el optimizador con otra información disponible y también con la información que ellos disponen y que muchas veces es subjetiva y no cuantificable.
- Se debe procesar una superficie de costo que contemple parámetros que puedan lograr reflejar la realidad, como la estacionalidad, que sea anisotrópico pero que a su vez el procesamiento sea ligero, con la idea de que pueda ser realizado para el ámbito nacional.

- Hay una necesidad mayúscula de elaborar un estudio que implique el conocimiento de la red de los servicios de salud a profundidad, y esta necesidad no es local, también lo tienen los demás países y los ámbitos fronterizos, a estos modelos se les denomina modelos jerárquicos, en el podemos definir una red para el análisis del uso de los servicios, de tal modo que los vértices son Establecimientos de Salud, y entre cada par de establecimientos se establece un arco direccionado que denotamos (A hacia B) si B recibe pacientes referidos desde A, considerándose en este caso que B es un Establecimiento de referencia para A. Si el número de pacientes referidos es cero o alguna cifra que por cuestiones prácticas se considera despreciable, entonces B no es un Establecimiento de referencia para A. En este caso, el atributo natural para los arcos es la cantidad de pacientes que se refieren. Con este tipo de información sería posible identificar los nodos de referencia para cada establecimiento, los cuales podrían establecerse de manera jerárquica, es decir podríamos tener tres o más vértices que se vinculen de la siguiente manera. Por ejemplo si se tienen los arcos (A hacia B) y (B hacia C), y posiblemente (A hacia C), que relacionan a los establecimientos A, B y C. En este ejemplo tenemos definidos hasta 3 niveles, siendo C el de mayor jerarquía, seguido de B, siendo el establecimiento A el de menor jerarquía, por la aplicación de este modelo se requeriría de un equipo multidisciplinario y con conocimiento de las redes de salud, así como las bases de datos en las que consigne las referencias y contrareferencias, estos documentos existen pero no han sido validados mediante modelos.

# APÉNDICE A

---

## Apendice

---

### ***A.1. Algunos códigos empleados***

Presento alguno de los códigos empleados para el desarrollo de la tesis. Los códigos fueron trabajados en mi periodo de pasantía en FBK-Trento, Italia. Gracias al apoyo de de Andrea Gobbi y Matteo Poletti.

#### ***A.1.1. Confeccionar el mapa de araña en GRASS***

```
. To see the firs row of the table: cat es_cp08.csv | grep -v "c2k" |
awk -F ',' '{printf "%f,%f\n%f,%f\nNaN,NaN\n",$9, $10, $11, $12}'
> input_vinlines.csv

. To see the result: cat es_cp08.csv | awk -F ',' '
{printf "%f,%f\n%f,%f\nNaN,NaN\n",$9, $10, $11, $12}' | more

. To make the spidermap: for file in sel*; do      cat $file | grep -v "V1" |
awk -F ',' '{printf "%f,%f\n%f,%f\nNaN,NaN\n",$2, $3, $4, $5}'
>> cuscov_vinlines.csv; done

. remove rm sel*_vinlines.csv
. cat input_vinlines.csv | more
. cat sel_1.csv | more

emacs script.sh
emacs crea_matrice.sh
cd script_matrice/
```

```
find . | grep .csv
find . | grep tabella
cp -r spider_map/ /media/Elisa/
qgis spider_map/cusco_line_with_cat.shp
gedit crea_matrice.sh
cd script_matrice/
```

### A.1.2. Crear la matriz de tiempos

```
OSPEDALI=porcion
CITTA=cpcusco_2
COSTO=cuscoscosto

codici_ospedali='echo "SELECT C2K FROM ${OSPEDALI}" | db.select | tail -c +5'
for codice in $codici_ospedali; do echo $codice
    coordinate='v.out.ascii input=${OSPEDALI} where="C2K = ${codice}" | sed 's/|/ /g'
    | awk '{ print $1 ", " $2}''
    r.cost --overwrite input=${COSTO}@PERMANENT output=temp
    coordinate=${coordinate} max_cost=2
    v.db.addcol $CITTA columns="C2K_${codice} double precision"
    v.what.rast vector=$CITTA raster=temp column=C2K_${codice}
done
v.db.addcol map=$CITTA columns="x double precision, y double precision"
v.to.db map=$CITTA opt=coord columns="x,y"
db.out.ogr input=$CITTA dsn=${CITTA}.csv format=CSV
```

### A.1.3. Confección de la matriz de tiempos

Con la tabla `cpcusco_2.csv` obtenida mediante el proceso `bash matrice`, debemos de ejecutar `elabora_tabella.py` con la tabla `csv` obtenida.

Servicios de salud

Centros poblados

Población

Colocar el nombre de salida del archivo `"es_cp08_vecino"`

Este proceso toma algunas horas.

Algunas partes del código se encuentran escritos en italiano debido a que se preparó el

```
*****
"""
tabella ospedali:
    terz'ultima colonna:      C2K: id dell'ospedale
    quarta colonna:          EESS: nome dell'ospedale
    sedicesima colonna:      CATEGORIA: categoria dell'ospedale
    penultima: x             x: coordinata x
                             y: coordinata y

tabella citta:
    terza colonna:           IDCARTOGR: id della citta
    da colonna 24 fino alla t C2K_{cod}: colonne con le distanza dalla citta
    all'ospedale nell'intestazione
    colonna 6:               NOMCCPP: nome citta
    penultima: x             x: coordinata x
                             y: coordinata y

    ultima: y

tabella popolazione:
    prima colonna:           idcartogr: id della citta
    settima colonna:         nviv: numero di edifici
    sesta colonna:           nperscen: popolazione
"""
from sys import argv
import csv
from sys import exit

try:
    csv_ospedali = argv[1]
    csv_citta = argv[2]
    csv_popolazione = argv[3]
    output = argv[4]
except IndexError:
    print "usgae: python elabora_tabella.py csv_ospedali csv_citta
    csv_popolazione output"
    exit(0)

#lettura tabelle
ospedali = {}
file_ospedali = csv.DictReader(open(csv_ospedali),delimiter=',')
```

```

for row in file_ospedali:
    ospedali[row["C2K"]] = row
citta = {}
file_citta = csv.DictReader(open(csv_citta),delimiter=',')
for row in file_citta:
    citta[row["IDCARTOGR"]] = row
popolazione = {}
file_popolazione = csv.DictReader(open(csv_popolazione),delimiter=',')
for row in file_popolazione:
    popolazione[row["idcartogr"]] = row

#creazione output
lines_output = []
temp = []
temp.append("c2k")
temp.append("d_est")
temp.append("cresolutiva")
temp.append("categoria")
temp.append("idcartogr")
temp.append("nomccpp")
temp.append("nviv")
temp.append("nperscen")
temp.append("cp_x")
temp.append("cp_y")
temp.append("es_x")
temp.append("es_y")
temp.append("tpo")
lines_output.append(temp)
mancanti = []
osp_mancanti = []
for cit in citta:
    #print "citta:"+cit
    if (cit != 'IDCARTOGR'):
        for osp in citta[cit]:
            if osp.startswith("C2K_") and citta[cit][osp]:
                temp= []
                c2k = osp[len("C2K_"):]
                temp.append(c2k)                                #c2k
                #print "c2k "+temp[-1]
                try:
                    temp.append(ospedali[c2k]["EESS"])          #d_est

```

```

except KeyError:
    if c2k not in osp_mancanti:
        print "L'osp "+c2k+" non e' presente nel csv ospedali"
        osp_mancanti.append(c2k)
    temp.append("") #d_est
#print "d_est "+temp[-1]
temp.append("") #cresolutiva
#print "cresolutiva "+temp[-1]
try:
    temp.append(ospedali[c2k]["CATEGORIA"]) #categoria
except KeyError:
    temp.append("")
#print "categoria "+temp[-1]
temp.append(cit) #idcartogr
#print "idcartogr "+temp[-1]
temp.append(citta[cit]["NOMCCPP"]) #nomccpp
#print "nomccpp "+temp[-1]
try:
    temp.append(popolazione[cit]["nviv"]) #nviv
    #print "nviv "+temp[-1]
    temp.append(popolazione[cit]["npercen"]) #npercen
    #print "npercen "+temp[-1]
except KeyError:
    if cit not in mancanti:
        print "L'idcartogr "+cit+" non e' presente nel
        csv popolazione"
        mancanti.append(cit)
    temp.append("")
    temp.append("")
temp.append(citta[cit]["x"]) #cp_x
#print "cp_x "+temp[-1]
temp.append(citta[cit]["y"]) #cp_y
#print "cp_y "+temp[-1]
try:
    temp.append(ospedali[c2k]["x"]) #es_x
#print "es_x "+temp[-1]
    temp.append(ospedali[c2k]["y"]) #es_y
except KeyError:
    temp.append("")
    temp.append("")
#print "es_y "+temp[-1]

```

```
        temp.append(citta[ci][osp])           #tpo
        #print "tpo "+temp[-1]
        lines_output.append(temp)
        #raw_input()

#stampa output
out = csv.writer(open(output,"w"),delimiter=",")
for row in lines_output:
    out.writerow(row)
```

### A

**Accesibilidad geográfica ó Acceso geográfico** Se refiere a la facilidad para desplazarse hacia un destino particular siendo los destinos más accesibles aquellos con menor costo de desplazamiento en términos de distancia, tiempo, o la cantidad de recursos financieros y no financieros necesarios para movilizarse hacia dicho destino. La accesibilidad a cierto tipo de destinos no solo está determinado por su distribución espacial del origen y el destino, sino también por factores de movilidad tales como tenencia de transporte privado, o la existencia de redes de transporte público.

**Adyacencia** Propiedad asociada con dos objetos espaciales. Dos objetos espaciales son adyacentes si comparten un punto o frontera común.

**Agregación** Proceso o técnica que involucra la creación de un nuevo objeto a partir de de varios objetos más pequeños tomados como insumos.

**Agregación** Se refiere a la ubicación de un objeto espacial en un sistema de coordenadas determinado. En el caso de objetos geográficos, la georreferenciación implica asignar a dichos objetos números (coordenadas) que permitan ubicarlo en un sistema de coordenadas geográficas.

**Algebra de mapas (Map algebra)** Reglas y procedimientos u operaciones matemáticas ó lógicas aplicadas a una o más superficies que representan distintos atributos del territorio (inputs) para obtener una nueva superficie (output).

**Area de servicio (Área de influencia)** Zona alrededor de un establecimiento de donde éste obtiene la mayoría de sus usuarios.

**Asignación** Proceso que permite determinar la demanda (población) que será servida por cada establecimiento.

**B**

**Base de Datos** Colección estructurada de registros creada con el propósito de administrar los datos en un sistema de información.

**Base de datos Relacional (RDBMS)** Base de datos que organiza registros en tablas, las que se relacionan mediante campos clave., Buffer Son bordes o perímetros, establecidos alrededor de objetos espaciales (puntos, líneas, áreas), a partir de una escala de distancia predefinida. Por ejemplo un buffer de 2 kilómetros alrededor de establecimientos de salud (puntos) corresponde a un perímetro circular de 2 kilómetros alrededor de cada establecimiento de salud.

**C**

**Capa (Layer)** (1) Subconjunto de datos espaciales asociados a un conjunto de elementos o un tema específico. (2) Función presente en un SIG que permite representar distintas clases de atributos pudiendo superponer o remover cada clase como si se dibujara en hojas transparentes.

**Capacidad resolutive** Es la facultad que tiene un establecimiento de salud de dar respuesta integral y oportuna a los aspectos de prestación y gestión en concordancia con la demanda.

**Cartografía** Serie de técnicas utilizadas para la construcción de mapas.

**Cobertura espacial** Se refiere a la cantidad de demanda (población, manzanas o bloques urbanos, centros poblados, etc.) que se ubican dentro de un área definida alrededor de uno o más establecimientos. Esta área suele definirse especificando un umbral de separación (distancia ó tiempo) de referencia. La demanda ubicada dentro de este umbral, respecto de un grupo uno o más establecimientos, se considera cubierta; y la demanda ubicada más allá de ese umbral se considera sin cobertura.

**Cobertura espacial maxima** Configuración o arreglo espacial de establecimientos que permite obtener la mayor cobertura espacial posible.

**Competencia** La existencia de dos o más establecimientos que capturan la demanda de servicios de la misma población.

**Continuidad de la Atención** Corresponde al grado en que una serie de eventos discretos de la atención de salud son experimentados por los usuarios como coherentes

y conectados entre sí en el tiempo, y son congruentes con sus necesidades y preferencias en salud.

**Coordenadas geográficas** Conjunto de números que especifican la ubicación de un punto en un espacio dimensional referido a un espacio geográfico ó territorio.

## **D**

**Datos Geoespaciales** Objetos o entidades abstraídos del espacio geográfico real; pueden corresponder con elementos de la Naturaleza, con elementos producto de la mano del hombre o a meras abstracciones numéricas derivadas del tratamiento de cifras relacionadas con aquellos objetos o entidades. Su característica sine qua non es la referencia espacial en dos o tres dimensiones., pág. 8.

**Demanda de servicios de salud** Representa la necesidad y/o deseo de las personas de consumir servicios de salud, y por lo tanto hace referencia a la potencialidad de uso de los servicios.

**Demanda efectiva de servicios de salud** Es la cantidad de servicios demandada que es finalmente utilizada por las personas. Coincide cuantitativamente con el volumen de uso de servicios.

**Distancia De Manhattan (distancia rectilinear)** Distancia que asume que, entre dos puntos, sólo es posible desplazarse siguiendo rectas horizontales ó verticales.

**Distancia Euclidiana** Distancia en línea recta entre dos puntos en el mapa.

## **E**

**ECM** Evaluación multicriterio (EMC), es un conjunto de técnicas orientadas a asistir en procesos de decisión con el fin de generar alternativas a partir de múltiples criterios en conflicto. Su objetivo se basa en la ponderación y compensación de variables que van a influir de manera positiva (aptitud) o negativa (impacto) sobre la actividad objeto de decisión y que deben ser inventariados y clasificados previamente. El proceso de evaluación multicriterio se divide en cinco fases: 1. Estructuración, que corresponde a la especificación de factores y limitantes sobre los que se basará el análisis de acuerdo con los objetivos planteados; 2. Estandarización de los criterios, se refiere a la transformación de los valores de cada uno de los factores a unidades que puedan ser comparables entre sí. Este valor estará en función del costo o beneficio que se adopte para ese factor y puede ser de tipo lineal y no lineal. 3. Ponderación, peso o

importancia que va tener cada factor dentro del proceso de análisis. 4. Obtención de alternativas, las áreas con las condiciones más óptimas y análisis de sensibilidad para determinar el grado de confianza de los resultados, pág. 19.

**Economías de Escala** En muchos sistemas de producción (ej. industrias) al incrementar el volumen de producción el costo promedio de cada unidad disminuye. Esto obedece a que los costos de producción y otros costos fijos se distribuyen sobre un mayor número de unidades.

**Equidad en Salud** Se refiere a la ausencia de diferencias injustas en el estado de salud, en el acceso a la atención de salud y a ambientes saludables, y en el trato que se recibe en el sistema de salud y en otros servicios sociales.

**Espectro electromagnético** Se divide en: (a) Espectro Visible (0,4 a 0,7  $\mu\text{m}$ ): Es la única banda electromagnética que puede ser visualizada por el ojo humano. Dentro de esta región se encuentra el azul (0,4 a 0,5  $\mu\text{m}$ ), el verde (0,5 a 0,6  $\mu\text{m}$ ) y el rojo (0,6 a 0,7  $\mu\text{m}$ ). (b) Infrarrojo cercano (0,7 a 1,3  $\mu\text{m}$ ): Es importante por su capacidad de discriminación de masas vegetales y concentraciones de humedad. (c) Infrarrojo medio (1,3 a 8  $\mu\text{m}$ ): En esta región se entremezclan los procesos de reflexión de luz solar y de emisión de la superficie de la tierra. En dicha banda se sitúan otras dos, la infrarrojo de onda corta (1,3 a 3  $\mu\text{m}$ ), útil para estimar el contenido de humedad en la vegetación y los suelos, y la cercana a los 3,7  $\mu\text{m}$  conocida como la infrarrojo medio, imprescindible para la detección de focos de alta temperatura (incendios, volcanes activos, etc.). (d) Infrarrojo lejano o térmico: varía entre los 8 y 14  $\mu\text{m}$  sirve para detectar el calor emitido por la mayor parte de las cubiertas terrestres. (e) Microondas: superior a 1  $\mu\text{m}$ , este tipo de energía es bastante transparente a la cobertura nubosa. En este sector se ubican los sensores de radar., pág. VIII.

## **F**

**Función lineal** Función lineal matemática basada en la suma de términos lineales donde cada término es una constante o un múltiplo escalar de una variable.

**Función objetivo** Función matemática o indicador empleado para evaluar las bondades de distintas soluciones a un problema.

**G**

**Geoprocesamiento** Operación SIG empleada para manipular datos espaciales. Una operación de geoprocesamiento toma como insumos datos espaciales (y tabulares), obteniendo como resultado otros datos (espaciales o tabulares). Operaciones comunes de geoprocesamiento son: Sobreposición de capas, selección por ubicación espacial, procesamiento de rasters mediante algebra de mapas, entre otros.

**I**

**Impedancia** Se denomina así a la resistencia de un espacio al paso.

**Interferometría** Se denomina así a la técnica de hallar mediciones de alturas, basado en interferogramas., pág. 64.

**L**

**Línea** Objeto espacial representado en un SIG vectorial, que se define por una serie de pares de coordenadas conectadas por segmentos de línea recta:  $(x_1, y_1)$ ,  $(x_2, y_2)$ ,  $(x_3, y_3)$ , . . . ,  $(x_n, y_n)$ . La línea resultante puede ser curvilínea.

**M**

**Mapa** Una representación visual de un área (usualmente un área geográfica). Un mapa que busca resaltar las relaciones entre los elementos que se ubican en el espacio representado.

**Mapa de coropletas** Mapa temático que presenta información por áreas empleando colores o gradaciones de colores para mostrar atributos ó magnitudes asociadas a dichas áreas.

**Mapa temático** Mapa que demuestra ciertos atributos temáticos de ciertos elementos ubicados en el espacio representado por el mapa.

**MDT** Modelo digital del terreno (MDT): Forma de representación del relieve mediante ordenador, que se vale de un conjunto de puntos perfectamente ubicados en el espacio (coordenadas en x,y y z) y distribuidos en forma organizada o aleatoria. El MDT no toma en cuenta los objetos que se encuentran sobre el terreno, como las plantas y los edificios. Un Modelo Digital de Elevación es

una representación de las elevaciones sobre un terreno, incluyendo las plantas y los edificios. La adquisición puede realizarse de varias formas: (1) mediante interferometría radar, (2) mediante estereoscopía, (3) a partir de pares de imágenes aéreas (fotogrametría) o tomas por satélite, (4) mediante digitalización de las curvas de nivel de un mapa, (5) mediante la entrada directa de las coordenadas (x, y, z) de los puntos del terreno, medidas por GPS, (6) triangulación (por topógrafos) o lasergrametría (técnica que permite capturar las coordenadas de un punto en x,y,z por medio de un telémetro láser), (7) mediante un sistema láser aerotransportado (Lidar)., pág. 60.

**Modelo** Una abstracción utilitaria de un fenómeno o un problema del mundo real, que permite formalizarlo de manera abstracta; con frecuencia, en un conjunto de enunciados matemáticos.

**Modelo descriptivo** Modelo orientado a la obtención de indicadores descriptivos de un fenómeno. En el caso del Acceso geográfico a servicios, los modelos descriptivos permiten obtener indicadores para el diagnóstico situacional del acceso físico potencial de la población a los servicios.

**Modelo prescriptivo** Modelo orientado a la asistencia en la toma de decisiones. En el caso del Acceso geográfico a servicios, los modelos prescriptivos permiten identificar alternativas de localización espacial de los servicios que optimizan uno o varios indicadores de acceso geográfico de la población a estos servicios.

## O

**Oferta de servicios de salud** Representa la cantidad y tipo de servicios de salud que se ofrecen a los potenciales usuarios de los mismos.

## P

**Polígono o área** Objeto espacial representado en un SIG vectorial, que se define por una serie de pares de coordenadas conectadas por segmentos de línea recta, con el último par de coordenadas conectándose con el último par : (x1, y1), (x2, y2), (x3, y3), . . . , (xn, yn).

**Problema de la cobertura máxima** Problema donde el objetivo es la identificación de una configuración espacial de p establecimientos de manera que se obtenga la máxima cobertura espacial de la demanda.

**Problema de los caminos mínimos (Shortest Path problem)** El problema de identificar la ruta de la menor costo (ej. distancia ó tiempo) para desplazarse entre dos ubicaciones dadas.

**Punto** Objeto espacial representado en un SIG vectorial, definido por un par de coordenadas x, y en el espacio de dos dimensiones.

## **R**

**Raster** Formato de datos SIG que consiste cuadrículas de celdas cuadradas de idéntico tamaño a la cual se le asigna un valor o atributo., pág. 24.

**Red de Servicios** Conjunto articulado de unidades productoras de servicios (no necesariamente homogéneos), con un referente geográfico común, cuya combinación de recursos y complementariedad de servicios producidos, busca asegurar la mejor entrega de servicios de acuerdo de las necesidades de los usuarios.

## **S**

**Separacion espacial** La magnitud de la distancia o tiempo (u otra medida apropiada) que separa dos ubicaciones en el espacio.

**SIG (Sistemas de Información Geografica)** Conjunto de software, y procedimientos asociados que permiten dar soporte a la toma de decisiones mediante procesos que incluyen la adquisición, manejo, manipulación, análisis y presentación de información espacialmente referenciada.

**Sistema de coordenadas** Sistema de referencia espacial que mediante un sistema de números, permite la localización de un punto (o un conjunto de puntos) en un espacio abstracto. Un ejemplo frecuente es el sistema que asigna dos números (longitud y latitud) para localizar coordenadas geográficas.

**Sistema de coordenadas geográficas** Sistema de coordenadas que permite que cada ubicación sobre la superficie de la tierra sea representada por un conjunto de números (coordenadas). Usualmente las coordenadas se eligen de manera que uno de los números representa la posición norte-sur (Latitud), y un segundo número representa la ubicación este-oeste (Longitud). Adicionalmente es posible especificar un tercer número para la Elevación en un sistema coordinado de tres dimensiones.

**Sistema de Salud** Conjunto identificable de organizaciones, individuos y acciones, dentro de una estructura formal, cuya intención primordial está orientada a promover, recuperar y/o mejorar la salud de una población.

**SQL** Siglas para (Structured (standard) query language). Estructura sintáctica para identificar objetos (almacenados en columnas) en una base de datos.

## V

**Vector SIG** Datos SIG basado en la representación del espacio como una colección de objetos puntos, líneas, polígonos, etc.

---

## Bibliografía

---

- Acosta Espejo Luis Gonzalo, G. R. D. and Boffey, B. (2003), 'Dual-based heuristics for a hierarchical covering location problem', *Computers and OR* **30**(2), 165–180.
- Adams B.J. and Huyck C.K. (2006), 'The emerging role of remote sensing technology in emergency management, infrastructure risk management processes natural, accidental, and deliberate hazards', *ASCE, Virginia* .
- Aday L. A. and Andersen R. M. (1981), 'Equity of access to medical care: A conceptual and empirical overview.', *Medical Care* **19**, 4–27.
- Ahuja R. K., Magnanti T. L., Orlin J. B. (1993), *Network Flows, Theory, Algorithms and Applications*, Prentice Hall.
- Andries, N., Tom, D. J. and Pieter, V. T. (1999), 'Measuring accessibility with gis-tools: A case study of the wild coast of south africa', *Transactions in GIS* **3**(4), 381–395.  
**URL:** <http://dx.doi.org/10.1111/1467-9671.00033>
- Anja, S., Sabine, G., Louis, N., Ali, S. and Heiko, B. (2011), 'The effect of distance to health-care facilities on childhood mortality in rural burkina faso', *American Journal of Epidemiology* .  
**URL:** <http://dx.doi.org/10.1093/aje/kwq386>
- Annis S. (1981), 'Physical access and utilization of health services in rural guatemala.', *Soc Sci Med D* **15**(4), 515–523.
- Antonio, P., G., M. R., Steven, F., Catherine, M. and Matthew, R. (2010), 'Accessibility to health care facilities in montreal island: an application of relative accessibility indicators from the perspective of senior and non-senior residents.', *Int J Health Geogr* **9**, 52.  
**URL:** <http://dx.doi.org/10.1186/1476-072X-9-52>
- Antonio, P., Ruben, G. M., Steven, F., Catherine, M. and Matthew, R. (2010), 'Relative accessibility deprivation indicators for urban settings: Definitions and application to food deserts in montreal', *Urban Studies* **47**(7), 1415–1438.  
**URL:** <http://usj.sagepub.com/content/47/7/1415.abstract>

- Apparicio Philippe and Abdelmajid Mohamed and Riva Mylène and Shearmur Richard (2008), 'Comparing alternative approaches to measuring the geographical accessibility of urban health services: Distance types and aggregation-error issues.', *Int J Health Geogr* **7**, 7.  
**URL:** <http://dx.doi.org/10.1186/1476-072X-7-7>
- Berry Brian j. L. (1976), 'The geography of economic systems', *Prentice-Hall* .
- Berry JK. (1987), 'Fundamental operations in computer assisted map analysis', *International Journal of Geographical Information System* **1(2)**, 119–136.
- Black, M., Ebener, S., Aguilar, P. N., Vidaurre, M. and Morjani, Z. E. (2004), 'Using gis to measure physical accessibility to health care'.  
**URL:** <http://www.who.int/kms/initiatives/Ebeneretal2004a.pdf>
- Boffey B., Yates D., and Galvao RD (2003), 'An algorithm to locate perinatal facilities in the municipality of rio de janeiro', *Journal of the Operational Research Society* **54**, 21–31.
- Bosque Sendra J. (2001), 'Planificación y gestión del territorio. de los sig a los sistemas de ayuda a la decisión espacial (sade)', *El Campo de las Ciencias y las Artes* **138**, 137–174.
- Bosque Sendra J., Gómez Delgado M., M. J. A. and F., D. P. (2000), 'Hacia un sistema de ayuda a la decisión espacial para la localización de equipamientos.', *Estudios Geográficos* **tomó LXI, no. 241**, pp. 567–598.
- Bosque Sendra J. and Moreno Jiménez (2004), 'Sistemas de información geográfica y localización de instalaciones y equipamientos', *RA-MA* pp. 17–51.
- Buzai G. and Baxendale C. (2011), *Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográfica- Tomo I*, Lugar Editorial S.A.
- Carstensen L.W. (1986), 'Developing regional land information systems: Relational databases and/or geographic information systems', *Surveying and Mapping* **46**.
- Castillo-Salgado C., Loyola E., Vidaurre M., Martínez Piedra R. , Nájera Aguilar P. (2002), *SIG Epi, Manual de Usuario*, Área de Análisis de Salud y Sistemas de Información (AIS) - Organización Panamericana de la Salud (OPS).
- Cerda L. Jaime, Valdivia C. Gonzalo (2007), 'John snow, la epidemia de cólera y el nacimiento de la epidemiología moderna', *Revista Chilena de Infectología (Rev Chil Infect)* .
- Church R. and ReVelle C. (1974), 'The maximal covering location problem', *Papers of the Regional Science Association* **32**, 101–118.

Church R.L. and Murray A.T. (2009), *Business site selection, location analysis, and GIS*, John Wiley & Sons.

**URL:** <http://books.google.com.pe/books?id=LgNNAQAIAAJ>

Chuvieco Emilio (2004), *Teledeteccion Ambiental: La observacion de la Tierra desde el Espacio*, Ariel ciencia.

Cromley E.K. and McLafferty S. (2002), *Gis and Public Health*, Guilford Press.

**URL:** <http://books.google.com.pe/books?id=B-r76rLZJLgC>

Cunningham D., Grebby S., T. K. G. A. and V., K. (2006), 'Application of airborne lidar to mapping seismogenic faults in forested mountainous terrain, southeastern alps, slovenia.', *Geophysical Research Letters* .

Daskin Mark S. (1995), *Network and Discrete Location: Models, Algorithms, and Applications*, Wiley-Interscience John Wiley & Sons, INC.

Deborah Maine, Tessa M. Wardlaw, V. M. W. J. M. A. B. M. Z. A. and Brown, J. E. (1997), 'Guidelines for monitoring the availability and use of obstetric services'.

Delamater Paul L. and Messina Joseph P. and Shortridge Ashton M. and Grady Sue C. (2012), 'Measuring geographic access to health care: raster and network-based methods.', *Int J Health Geogr* **11**(1), 15.

**URL:** <http://dx.doi.org/10.1186/1476-072X-11-15>

Direccion General de Epidemiologia (2003), *Análisis de Situación de Salud*, Ministerio de Salud de Perú.

Dirección General de Salud de las Personas (2009), Política nacional de calidad en salud, Technical report, Ministerio de Salud de Perú.

Donnay J.-P., Barnsley M. J., L. P. A. (2001), *Remote sensing and urban analysis.*, Taylor and Francis.

Drezner Zvi and Hamacher Horst W. (2004), *Facility location, applications and theory*, Springer.

Duarte, O. M. and Gwyn, B. (2006), 'Modelling the redistribution of hospital supply to achieve equity taking account of patients behaviour.', *Health Care Management Science* **9**(1), 19—30.

**URL:** <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JSPAGE=referenceD=emed7NEWS=NAN=16613014>

Eguchi R., Huyck C. Adams B. Mansouri B. Houshmand B. and Shinozuka, M. (2003), 'Resilient disaster response: Using remote sensing technologies for post-earthquake damage detection', *MCEER Research and Accomplishments* .

- Felicísimo A. M. (1994b), 'Parametric statistical method for error detection in digital elevation models', *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* **49(4)**, 29–33.
- Fisher Peter (2006), *Twenty years of the International Journal of Geographical Information Science and Systems*, Taylor & Francis Group.
- Foote Kelly Davis (1975), *Tratado de Topografía*.
- Garrocho C. (1992), *Localización de servicios en la planeación urbana y regional: aspectos básicos y ejemplos de aplicación*, El Colegio Méxicuense.
- Gary Jedlovec (2009), *Advances in Geoscience and Remote Sensing*, In-Teh.
- Gatrell Anthony C. and Senior M. L. (1999), Health and healthcare applications, in P. Longley, D. Maguire, M. Goodchild and D. Rhind, eds, 'Geographical Information Systems : Principles, Techniques, Applications and Management', Vol. 2nd, John Wiley, New York, chapter 66, pp. 925–938.
- Goodchild MF (1985), 'Geographic information systems in undergraduate geography: A contemporary dilemma', *The Operational Geographer* **8**, 34–38.
- Grund Christian L. and Sandberg Scott P. (1996), *Advances in Atmospheric Remote Sensing with Lidar*, Springer.
- Guagliardo Mark F. (2004), 'Spatial accessibility of primary care: concepts, methods and challenges.', *Int J Health Geogr* **3(1)**, 3.  
**URL:** <http://dx.doi.org/10.1186/1476-072X-3-3>
- Guillaso S. and Ferro-Famil L. and Reigber A. and Pottier E. (2005), 'Building characterization using I-band polarimetric interferometric sar data', *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*.
- Handy S L and Niemeier D A (1997), 'Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives', *Environment and Planning A* **29(7)**, 1175–1194.  
**URL:** <http://www.envplan.com/abstract.cgi?id=a291175>
- Hartfield V.J. (1980), 'Maternal mortality in nigeria compared with earlier international experience', *International Journal of Gynaecology and Obstetrics* **18**, 70–75.
- Hibbard L.T. (1978), 'Complications of pregnancy and delivery', *Current Obstetric and Gynecological Diagnosis and Treatment* pp. 664–86.
- Higgs Gary (2004), 'A literature review of the use of gis-based measures of access to health care services', *Health Services and Outcomes Research Methodology* **5**, 119–139.

- 10.1007/s10742-005-4304-7.  
**URL:** <http://dx.doi.org/10.1007/s10742-005-4304-7>
- Higgs Gary (2009), 'The role of gis for health utilization studies: literature review', *Health Services and Outcomes Research Methodology* **9**, 84–99. 10.1007/s10742-009-0046-2.  
**URL:** <http://dx.doi.org/10.1007/s10742-009-0046-2>
- Hu T.C. (1982), *Combinatorial Algorithms*, Addison-Wesley Publishing Company.
- Ingram D.R. (1971), 'The concept of accessibility: A search for an operational form', *Regional Studies* **5**(2), 101–107.  
**URL:** <http://rsa.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09595237100185131>
- Jamie, P., Karen, W. and Phil, B. (2006), 'Neighbourhoods and health: a gis approach to measuring community resource accessibility.', *J Epidemiol Community Health* **60**(5), 389–395.  
**URL:** <http://dx.doi.org/10.1136/jech.2005.043281>
- Jilda C.G. Hyndman and C.D. Arcy J. Holman and Douglas A. Pritchard (2003), 'The influence of attractiveness factors and distance to general practice surgeries by level of social disadvantage and global access in perth, western australia', *Soc Sci Med* **56**(2), 387 – 403.  
**URL:** <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0277953602000448>
- Joseph, A. E. and Phillips, D. R. (1984), *Accessibility and Utilization: Geographical Perspectives on Health Care Delivery*, Harper & Row.  
**URL:** [http://books.google.com.pe/books?id=nTtu\\_weDou0C](http://books.google.com.pe/books?id=nTtu_weDou0C)
- Joyce Karen E., Wright Kim C., S. V. S. A. V. G. (2009), 'A review of the status of satellite remote sensing and image processing techniques for mapping natural hazards and disasters', *Progress in Physical Geography* .
- J.R, R. and de Jong T (1999), 'Accessibility analysis and spatial competition effects in the context of gis-supported service location planning', *Computers, Environment and Urban Systems* **23**(2), 75 – 89.  
**URL:** <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971599000162>
- Karst T. Geurs and Bert van Wee (2004), 'Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions', *Journal of Transport Geography* **12**(2), 127 – 140.  
**URL:** <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692303000607>

- Kelly M. and Flowerdew R. and Francis B.J. and Harman, J.C. (2003), Measuring accessibility for remote rural populations, in D. Kidner, G. Higgs and S. White, eds, 'Socio-Economic Applications of Geographic Information Science, Innovations in GIS 9', Taylor and Francis, London, chapter 14, pp. 197–209.
- Khan A. A. (1992), 'An integrated approach to measuring potential spatial access to health care services.', *Socioecon Plann Sci* **26**(4), 275–287.
- Koenig J. G. (1980), 'Indicators of urban accessibility: Theory and application', *Transportation* **9**, 145–172. 10.1007/BF00167128.  
**URL:** <http://dx.doi.org/10.1007/BF00167128>
- Love D. and Lindquist P. (1995), 'The geographical accessibility of hospitals to the aged: a geographic information systems analysis within illinois.', *Health Serv Res* **29**(6), 629–651.
- Marble DF (1984), 'Geographic information systems: an over-view', *Spatial Information Technologies for Remote Sensing. Today and Tomorrow* .
- Marianov V and ReVelle C. (1995), *Siting emergency services. In Drezner Z, editor. Facility Location*, Berlin Springer.
- Massam Bryan H. and Akhtar Rais and Askew Ian D. (1986), 'Applying operations research to health planning: locating health centres in zambia', *Health Policy and Planning* **1**(4), 326–334.  
**URL:** <http://heapol.oxfordjournals.org/content/1/4/326.abstract>
- McLafferty Sara L. (2003), 'Gis and health care.', *Annu Rev Public Health* **24**, 25–42.  
**URL:** <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.publhealth.24.012902.141012>
- Mei-Po, K. (1998), 'Space-time and integral measures of individual accessibility: A comparative analysis using a point-based framework', *Geographical Analysis* **30**(3), 191–216.  
**URL:** <http://dx.doi.org/10.1111/j.1538-4632.1998.tb00396.x>
- Mennis, J. and Tomlin, C. D. (2005), 'Cubic map algebra functions for spatio-temporal analysis', *Cartography and Geographic Information Science* **32**, 17–32.
- Ministerio de Salud (2001), Lineamientos para la conformación de redes de salud, Technical report, Ministerio de Salud, Lima-Perú. Elaborado por el grupo de trabajo "Metodología de delimitación de redes", por encargo de la Direccion General de Salud de las Personas del Ministerio de Salud del Peru.
- Muller JC. (1985), 'Geographic information systems: A unifying force for geography', *The Operational Geographer* **18**, 41–43.

- Nadine, S., S., F. R., W., G. S. C. and Darrin, G. (2006), 'Defining rational hospital catchments for non-urban areas based on travel-time', *International Journal of Health Geographics* **5**, 43+.  
**URL:** <http://dx.doi.org/10.1186/1476-072X-5-43>
- Nicholls S. (2001), 'Measuring the accessibility and equity of public parks: a case study using gis', *Managing Leisure* **6**(4), 201–219.  
**URL:** <http://www.ingentaconnect.com/content/routledg/rmle/2001/00000006/00000004/art00002>
- Nordberg E.M. (1984), 'Incidence and estimated need of caesarean section, inguinal hernia repair, and operation for strangulated hernia in rural africa', *British Medical Journal* **289**, 92–93.
- Oppong Joseph R. and Hodgson M. John (1994), 'Spatial accessibility to health care facilities in suhum district, ghana', *The Professional Geographer* **46**(2), 199–209.  
**URL:** <http://dx.doi.org/10.1111/j.0033-0124.1994.00199.x>
- Paez, A., Scott, D. M. and Morency, C. (2012), 'Measuring accessibility: Positive and normative implementations of various accessibility indicators', *Journal of Transport Geography* (0),–.  
**URL:** <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692312000798>
- Parker E. B. and Campbell J. L. (1998), 'Measuring access to primary medical care: some examples of the use of geographical information systems.', *Health Place* **4**(2), 183–193.
- Patino Jorge E. and Duque Juan C. (2013), 'A review of regional science applications of satellite remote sensing in urban settings', *Computers, Environment and Urban Systems* **37**(0), 1 – 17.  
**URL:** <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0198971512000567>
- Paul, S., Arnaud, B., Jean-Michel, O., Hélène, C., Romain, C., Chantal, S., Basile, C., Dominique, B. and Christiane, W. (2011), 'Estimating spatial accessibility to facilities on the regional scale: an extended commuting-based interaction potential model.', *Int J Health Geogr* **10**, 2.  
**URL:** <http://dx.doi.org/10.1186/1476-072X-10-2>
- Penchansky R and Thomas JW. (1981), 'The concept of access: definition and relationship to consumer satisfaction.', *Medical Care* **19**(2), 127–40.
- Peng Gong, J. W. e. a. (2013), 'Finer resolution observation and monitoring of global land cover: first mapping results with landsat tm and etm+ data', *International Journal of Remote Sensing* **34**:7, 2607–2654.  
**URL:** <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2012.748992>

- Perry B. and Gesler W. (2000), 'Physical access to primary health care in andean bolivia.', *Soc Sci Med* **50**(9), 1177–1188.
- Peters J. and Hall G. B. (1999), 'Assessment of ambulance response performance using a geographic information system.', *Soc Sci Med* **49**(11), 1551–1566.
- Peuquet DJ (1990), 'A conceptual framework and comparison of spatial data models', *Introductory readings in Geographic Information Systems, Taylor & Francis* .
- Phibbs C. S. and Luft H. S. (1995), 'Correlation of travel time on roads versus straight line distance.', *Med Care Res Rev* **52**(4), 532–542.
- Rashed T and Jürgens C (2010), *Remote Sensing of Urban and Suburban Areas*, Springer.
- Ray Nicolas and Ebener Steeve (2008), 'Accessmod 3.0: computing geographic coverage and accessibility to health care services using anisotropic movement of patients.', *Int J Health Geogr* **7**, 63.  
**URL:** <http://dx.doi.org/10.1186/1476-072X-7-63>
- Redondo J. L., Pelegrin B., Fernandez P., Garcia I. and Ortigosa P. M. (2011), 'Finding multiple global optima for unconstrained discrete location problems', *Optimization Methods Software* **26**(2), 207–224.  
**URL:** <http://dx.doi.org/10.1080/10556780903567760>
- Rezende F. A. and Almeida, R. M. and Nobre, F. F. (2000), 'Voronoi s diagram for defining catchment areas for public hospitals in the municipality of rio de janeiro.', *Cad Saude Publica* **16**(2), 467–475.
- Rhind D. W. (1981), 'Geographical information systems in britain', *Quantitative Geography, Routledge & Kegan Paul* .
- Richards John A., X. J. (2005), *Remote Sensing Digital Image Analysis*, Springer.
- Ricketts Thomas C. (2009), Accessing health care, in T. Brown, S. McLafferty and G. Moon, eds, 'A Companion to Health and Medical Geography', Wiley-Blackwell, chapter 27, pp. 521–539.  
**URL:** <http://dx.doi.org/10.1002/9781444314762.ch27>
- Rispel L. and Doherty J. and Makiwane F. and Webb N. (1996), 'Developing a plan for primary health care facilities in soweto, south africa. part i: Guiding principles and methods.', *Health Policy Plan* **11**(4), 385–393.
- Rizwan, S., Stefania, B., L., K. M. and A., G. W. (2009), 'Comparison of distance measures in spatial analytical modeling for health service planning.', *BMC Health Serv Res* **9**, 200.  
**URL:** <http://dx.doi.org/10.1186/1472-6963-9-200>

- Robin, H., P., J. A., Violet, S. and Hongxin, Z. (2006), 'Validation of travel times to hospital estimated by gis.', *Int J Health Geogr* **5**, 40.  
**URL:** <http://dx.doi.org/10.1186/1476-072X-5-40>
- Sander H A and Ghosh D and van Riper D and Manson S M (2010), 'How do you measure distance in spatial models? an example using open-space valuation', *Environment and Planning B: Planning and Design* **37**(5), 874–894.  
**URL:** <http://www.envplan.com/abstract.cgi?id=b35126>
- Santiago Linares, Martín Meliéndrez, S. M. . I. R. (2009), 'Sistemas de ayuda a y decisión espacial en políticas sociales. una propuesta orientada a la asignación de recursos', *Revista digital del Grupo de Estudios sobre Geografía y Análisis Espacial con Sistemas de Información Geográfica (GESIG). Universidad Nacional de Luján, Argentina.* <http://www.gesig-proeg.com.ar> **1**, 19.
- Sharifi A. and Retsios V. (2003), 'Site selection for waste disposal through spatial multicriteria decision analysis', *3rd International conference on decision support for telecommunications and information society DSTIS, Warsaw, Poland, DSTIS* .
- Shariful, I. M., Rahaman, K. R. and Ahmed, S. J. (2008), "demand of participants" or "supply of opportunities": Measuring accessibility of activity places based on time geographic approach', *J Urban Plann Dev* **134**(4), 159–165.  
**URL:** <http://pubget.com/paper/pgtmpc0f48d7363e1baf32af77ef5b32fa101>
- Sherbinin A. et al. (2002), *Social Science Applications of Remote Sensing: A CIESIN Thematic Guide*, Columbia University, N.Y.
- Sherif Amer (2007), *Towards Spatial Justice in Urban Health Services Planning. A spatial-analytic GIS-based approach using Dar es Salaam, Tanzania as a case study*, PhD thesis, University of Utrecht.
- Soergel Uwe (2010), *Radar Remote Sensing of Urban Areas*, Springer.
- Stramondo S. et al. (2006), 'Satellite radar and optical remote sensing for earthquake damage detection: results from different case studies.', *International Journal of Remote Sensing* **27**.
- Stryer James K. (1989), *Linear Programming and Its Applications*, Undergraduate Texts in Mathematics Series, Springer-Verlag.  
**URL:** <http://books.google.com.pe/books?id=nHQ7cM8zC8EC>
- Talen E. and Anselin L. (1998), 'Assessing spatial equity: an evaluation of measures of accessibility to public playgrounds', *Environment and Planning A* **30**(4), 595 – 613.  
**URL:** <http://www.envplan.com/abstract.cgi?id=a300595>

- Tobler Waldo R. (1993), Three presentations on geographical analysis and modeling, TECHNICAL REPORT 93-1, National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA), Santa Barbara, Calif.
- Tobon C. and Haklay M. (2003), Human-computer interaction and usability evaluation in giscience, *in* 'The CASA book of GIS'.
- Tomlin, C. (1990.), 'Geographic information systems and cartographic modeling', Englewood Cliffs,.
- URL:** <http://www.citeulike.org/user/pajoma/article/3500938>
- Tomlinson R. F. (1998), 'The impact of the transition from analogue to digital cartographic representation', *The American Cartographer* **15**, 249–261.
- Toregas C. and ReVelle C. (1972), 'Optimal location under time or distance constraints', *Papers of the Regional Science Association*, XXVIII .
- Toregas C. and ReVelle C. (1973), *Binary Logic Solutions to a Class of Location Problem*, Geographical Analysis, 5: 145–155.
- Truelove M (1993), 'Measurement of spatial equity', *Environment and Planning C: Government and Policy* **11**(1), 19–34.
- URL:** <http://www.envplan.com/abstract.cgi?id=c110019>
- Upchurch, C., Kuby, M., Zoldak, M. and Barranda, A. (2004), 'Using gis to generate mutually exclusive service areas linking travel on and off a network', *Journal of Transport Geography* **12**(1), 23 – 33.
- URL:** <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0966692303000553>
- Vickerman R W (1974), 'Accessibility, attraction, and potential: a review of some concepts and their use in determining mobility', *Environment and Planning A* **6**(6), 675–691.
- URL:** <http://www.envplan.com/abstract.cgi?id=a060675>
- Walsh S. J. and Page P. H. and Gesler W. M. (1997), 'Normative models and healthcare planning: network-based simulations within a geographic information system environment.', *Health Serv Res* **32**(2), 243–260.
- Wang Fahui (2006), *Quantitative Methods And Applications in Gis*, Environmental science, CRC/Taylor & Francis.
- URL:** <http://books.google.com.pe/books?id=w6Rs-FqDpbQC>
- Wang Fahui (2012), 'Measurement, optimization, and impact of health care accessibility: A methodological review', *Annals of the Association of American Geographers* **0**(0), null.

not-yet-published.

**URL:** <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00045608.2012.657146>

White J. and K. Case (1974), 'On covering problems and the central facility location problem', *Geographical Analysis* **6**, 281–293.

World Health Organization (2009), *Monitoring Emergency Obstetric Care: A Handbook*, Nonserial Publication Series, World Health Organization.

**URL:** <http://www.unfpa.org/public/publications/pid/3073>

Xin-She Yang (2008), *Introduction to Mathematical Optimization - From Linear Programming to Metaheuristics*, Undergraduate Texts in Mathematics Series, Cambridge International Science Publishing.

Zanjirani Farahani Reza and Steadie Seifi Maryam and Asgari Nasrin (2010), 'Multiple criteria facility location problems: a survey', *Applied Mathematical Modelling* **34**, 1689—1709.

**URL:** <http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2009.10.005>

Zanjirani R. and Hekmatfar M. (2009), 'Facility location , concepts, models, algorithms and case studies', *Springer-Verlag Berlin Heidelberg* .