



FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

**Propuesta de localización de estaciones de carga rápida para
vehículos eléctricos en áreas urbanas. Caso de estudio ciudad de
Cuenca**

**Trabajo de obtención previo a la obtención del título de:
INGENIERO MECÁNICO AUTOMOTRIZ**

**Autor:
FREDDY NORBERTO VÁSQUEZ BERNAL**

**Nombre del director:
MATEO COELLO SALCEDO**

CUENCA – ECUADOR

2019

DEDICATORIA:

Este trabajo es dedicado a mi familia por el apoyo incondicional y todo el cariño. En especialmente a mis padres y hermanos por el ánimo y su incondicional apoyo para culminar esta etapa.

AGRADECIMIENTOS:

A DIOS por la fortaleza y la sabiduría para desarrollar este trabajo.

Un especial agradecimiento a mi director de tesis al Ing. Mateo Coello,
por su paciencia y el aguante durante todo este tiempo.

Además, un sincero agradecimiento a cada uno de los miembros
de ERGON Y LactaLab. por su colaboración.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA:	ii
AGRADECIMIENTOS:	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	3
II. METODOLOGÍA	4
III. APLICACIÓN METODOLÓGICA. ESTUDIO DE CASO: CIUDAD DE CUENCA	6
IV. RESULTADOS	9
V. CONCLUSIONES	10
VI. REFERENCIAS	10
ANEXOS	13

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Metodología para la localización de estaciones de carga en áreas urbanas.	5
Figura 2. Representación general: árbol jerárquico del AHP.	5
Figura 3. Ejemplo de sectorización y localización de alternativas: caso de estudio Cuenca.....	7
Figura 4. Representación jerárquica del caso de estudio: ciudad de Cuenca.....	8

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Escala fundamental para representar las intensidades de los juicios.	6
Tabla 2 Rango de evaluación para los indicadores.	8
Tabla 3 Valores: índice de consistencia por experto.....	9

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Imagen movilidad urbana en la ciudad de Cuenca: Modo vehículos privados.....	13
Anexo 2: Mapa de sectorización del área urbana de la ciudad de Cuenca y localización de las alternativas seleccionadas.....	14
Anexo 3: Tabla de las alternativas seleccionadas para el proceso de evaluación	15
Anexo 4: Tabla de indicadores de las alternativas seleccionadas: Página 1.....	16
Anexo 5: Tabla de indicadores de las alternativas seleccionadas: Página 2.....	17
Anexo 6: Tabla de resultados de la evaluación por rangos de las alternativas.....	18
Anexo 7: Tabla de alternativas seleccionadas	19
Anexo 8: Mapa de sectorización: localización de las nueve alternativas de estudio	20
Anexo 9: Estructuración y representación jerárquica del problema: caso de estudio ciudad de Cuenca.	21
Anexo 10: Información del grupo de Expertos.....	22
Anexo 11: Resultados: matriz combinada de comparación con respecto a los criterios.....	23
Anexo 12: Resultados: matriz combinada de comparación de las alternativas con respecto al criterio accesibilidad.	23
Anexo 13: Resultados: matriz combinada de comparación de las alternativas con respecto al criterio seguridad.	24
Anexo 14: Resultados: matriz combinada de comparación de las alternativas con respecto al criterio potencia de red.....	24
Anexo 15: Resultados: matriz combinada de comparación de las alternativas con respecto al criterio uso dual.....	25
Anexo 16: Resultados priorización de los resultados	25
Anexo 17: Resultado síntesis de resultados.....	26
Anexo 18: Mapa de cobertura de las alternativas: Millenium Plaza y Mall del Río.	27
Anexo 19: Mapa de cobertura de las alternativas: Batán shopping, Monay shopping, Aeropuerto y Hospital regional.	28
Anexo 20: Mapa de cobertura de las alternativas: Coral de las Américas, Universidad Católica, Celec.....	29
Anexo 21: Mapa del área de cobertura de las nueve de las alternativas.....	30

Anexo 22: Resultados del análisis de sensibilidad: Escenario 1.	31
Anexo 23: Resultados del análisis de sensibilidad: Escenario 2.	32
Anexo 24: Resultados del análisis de sensibilidad: Escenario 3.	33
Anexo 25: Resultados del análisis de sensibilidad: Escenario 4.	34

**PROPUESTA DE LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE CARGA RÁPIDA
PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN ÁREAS URBANAS. CASO DE
ESTUDIO: CIUDAD DE CUENCA**

RESUMEN

El vehículo eléctrico actualmente constituye una alternativa de movilidad sostenible que reduce la dependencia de los combustibles fósiles, sin embargo, su masificación se ve limitada por requerimientos de infraestructura de carga. Esta investigación propone un modelo de localización de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en áreas urbanas. La metodología propuesta está fundamentada en el proceso analítico jerárquico (AHP) y se desarrolla en un modelo de cuatro fases: estructuración y representación jerárquica del problema, comparación por pares, priorización-síntesis, y análisis de sensibilidad. Mediante la aplicación del modelo en el caso de estudio ciudad de Cuenca, se demuestra que la propuesta metodológica es capaz de determinar las ubicaciones más idóneas para este tipo de infraestructura. Los resultados alcanzados se corroboran con estudios de movilidad, donde se demuestra que los lugares de mayor preferencia se localizan en los sectores de mayor afluencia de la ciudad.

Palabras claves— Vehículo eléctrico, estaciones de carga rápida, Proceso Jerárquico Analítico, Expert Choice.


Mateo Fernando Coello Salcedo
Director del Trabajo de Titulación


Robert Esteban Rockwood Iglesias
Director de Escuela

UNIVERSIDAD DEL
AZUAY

ESCUELA

Ingeniería en

Mecánica Automotriz

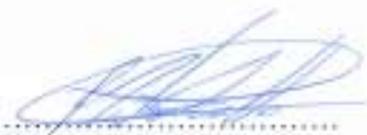

Freddy Norberto Vásquez Bernal
Autor

PROPOSAL TO TRACE FAST CHARGING STATIONS FOR ELECTRIC VEHICLES IN URBAN AREAS. CASE STUDY: CUENCA

ABSTRACT

Currently, the electric vehicle is a sustainable mobility alternative that reduces dependence on fossil fuels. However, its mass distribution is limited by charging infrastructure requirements. This research proposes a location model of fast charging stations for electric vehicles in urban areas. The methodology of the research is based on the analytic hierarchical process (AHP) and is developed in a four-phase model: structure and hierarchical representation of the problem, peer comparison, synthesis-prioritization and sensitivity analysis. It was demonstrated that the methodological proposal was able to determine the most suitable locations for this type of infrastructure by applying the model in Cuenca. The achieved results were corroborated by mobility studies, where it was shown that the preferred places were located in the most affluent sectors of the city.

Keywords— Electric vehicle, fast charging stations, Analytical Hierarchical Process, Expert Choice.


.....
Mateo Fernando Coello Salcedo
Thesis Director


.....
Robert Esteban Rockwood Iglesias
Faculty Director


.....
Freddy Norberto Vásquez Bernal
Author



Dpto. Idiomas


Translated by
Ing. Paúl Arpi

Trabajo de Titulación

Freddy Norberto Vásquez Bernal

Ing. Mateo Fernando Coello Salcedo Msc.

Diciembre, 2019.

**PROPUESTA DE LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE CARGA RÁPIDA
PARA VEHÍCULOS ELÉCTRICOS EN ÁREAS URBANAS. CASO DE
ESTUDIO: CIUDAD DE CUENCA**

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del sector automotriz en los últimos años ha contribuido a mejorar el nivel de vida de la sociedad, sin embargo, estos avances han dado lugar a problemas como: cambio climático, contaminación del aire y contaminación acústica [1]. La energía consumida por el sector del transporte representa el 34% del consumo global [2] y en el Ecuador constituye el 42% del consumo energético [3].

En vista de los problemas asociados con la quema de combustibles, algunos países han puesto su interés en desarrollar e impulsar proyectos de generación eléctrica renovable y movilidad sostenible. Una alternativa en cuanto a movilidad no contaminante es el vehículo eléctrico (VE). En lo que respecta a energías renovables, el gobierno ecuatoriano viene impulsando desde el año 2015 el cambio de la matriz energética; acción mediante la cual el país apunta al desarrollo energético sostenible en el sector del transporte mediante la introducción VE.

No obstante, con la entrada en circulación de este tipo de tecnología, surgen nuevas necesidades: falta de infraestructura de carga pública e insuficientes estudios realizados en el país que ayuden a determinar los lugares urbanos idóneos para este tipo de infraestructura. Por ende, resulta pertinente abordar el problema localización de estaciones de carga rápida para los VE.

A través de la presente investigación se espera estructurar un modelo de localización que ayude a determinar los lugares para este tipo de infraestructura en áreas urbanas y específicamente en la ciudad de Cuenca; con el objetivo de contribuir al desarrollo sostenible del sector transporte.

Objetivo General

Determinar la localización de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en el área urbana de la ciudad de Cuenca, mediante la aplicación del proceso analítico jerárquico.

Objetivos Específicos

- Recopilar y organizar información acerca de la movilidad eléctrica.
- Estructurar un modelo metodológico en base al AHP, que permita determinar la ubicación para las estaciones de carga rápida en áreas urbanas.
- Aplicar la metodología y determinar la ubicación de las estaciones de carga rápida en la ciudad de Cuenca.

Propuesta de localización de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en áreas urbanas. Caso de estudio: ciudad de Cuenca

Freddy Vásquez-Bernal, Mateo Coello-Salcedo, Francisco Torres-Moscoso, Pablo Carvallo-Corral

ERGON - Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Automotriz

Facultad de Ciencia y Tecnología

Universidad del Azuay

Av. 24 de Mayo y Hernán Malo, Cuenca, Ecuador.

fred.nvb@gmail.com, mfcoello@uazuay.edu.ec, ftorres@uazuay.edu.ec, pacarvallo@uazuay.edu.ec

Resumen: El vehículo eléctrico actualmente constituye una alternativa de movilidad sostenible que reduce la dependencia de los combustibles fósiles, sin embargo, su masificación se ve limitada por requerimientos de infraestructura de carga. Esta investigación propone un modelo de localización de estaciones de carga rápida para vehículos eléctricos en áreas urbanas. La metodología propuesta está fundamentada en el proceso analítico jerárquico (AHP) y se desarrolla en un modelo de cuatro fases: estructuración y representación jerárquica del problema, comparación por pares, priorización-síntesis, y análisis de sensibilidad. Mediante la aplicación del modelo en el caso de estudio ciudad de Cuenca, se demuestra que la propuesta metodológica es capaz de determinar las ubicaciones más idóneas para este tipo de infraestructura. Los resultados alcanzados se corroboran con estudios de movilidad, donde se demuestra que los lugares de mayor preferencia se localizan en los sectores de mayor afluencia de la ciudad.

Palabras claves—Vehículos eléctricos, estaciones de carga rápida, Proceso Jerárquico Analítico, Expert Choice.

Abstract — Currently, the electric vehicle is a sustainable mobility alternative that reduces dependence on fossil fuels. However, its mass distribution is limited by charging infrastructure requirements. This research proposes a location model of fast charging stations for electric vehicles in urban areas. The methodology of the research is based on the hierarchical analytical process (AHP) and is developed in a four-phase model: structuring and hierarchical representation of the problem, peer comparison, synthesis-prioritization, and sensitivity analysis. It was demonstrated that the methodology proposal was able to determine the most suitable locations for this type of infrastructure by applying the model in Cuenca. The achieved results were corroborated by mobility studies, where it was shown that the preferred places were located in the most affluent sector of the city.

Keywords – Electric vehicle, fast charging stations, Analytic Hierarchical Process, Expert Choice.

I. INTRODUCCIÓN

El petróleo se ha convertido en la principal fuente de energía para el sector del transporte. Este sector es directamente dependiente del petróleo en un 92%, además supone el 34% del consumo global de energía, según datos de 2018 de la Agencia Internacional de Energía (IEA) [2]. En el Ecuador, las actividades de transporte constituyen el 42% del consumo energético nacional, y son responsables del 39% de las emisiones contaminantes generadas en el país [4].

Los gobiernos y particularmente la industria automotriz han puesto su interés en nuevas tecnologías para ayudar a mitigar los problemas de contaminación asociados con la quema de combustibles fósiles. Uno de los avances tecnológicos más destacables en el transporte es el desarrollo de los vehículos eléctricos (VE) [5]. En los últimos años, los coches eléctricos han logrado posesionarse como una alternativa de movilidad sostenible que contribuye a reducir la dependencia de combustibles fósiles, las emisiones contaminantes y el ruido en las ciudades [6].

A pesar de los beneficios, existen barreras importantes que retrasan la adopción de los VE: (i) Limitado rango de conducción, (ii) el tiempo necesario de recarga y (iii) el impedimento más significativo: la falta de infraestructura de carga eléctrica. Esta última limitación, genera un efecto conocido como “ansiedad de rango”, el temor a tener un rango insuficiente de carga para llegar a un destino[7].

De acuerdo con el informe del International Council on Clean Transportation (ICCT), el 90% de las ventas mundiales de VE se concentran en tres mercados: China, con sus requisitos de Vehículos de Nueva Energía; Europa, con sus estándares de CO₂ y objetivos para vehículos de bajas emisiones; y los EE.UU, con las reglamentaciones de vehículos de emisión cero [8].

A medida que el mercado de VE continúa expandiéndose con más de 3 millones de coches eléctricos en todo el mundo, muchos entornos urbanos están implementando: regulaciones de apoyo, incentivos al consumidor, y la infraestructura de carga, factor que también está recibiendo una importante inversión de los gobiernos, las empresas privadas, y los fabricantes de automóviles. Recientemente, en la Cumbre de Acción Climática

Global (GCAS), empresas como Charge Point, EVbox y otras empresas líderes en infraestructura y tecnología de carga; planean instalar para el año 2025 en América del Norte y Europa, más de 3,5 millones de puntos de carga rápida y regular [9]. Por otra parte, la marca Tesla tendrá alrededor de 1 441 estaciones “Supercharger” en todo el mundo hasta 2019 [10]. También, en los Estados Unidos, California constituye una de las regiones más avanzadas en relación al despliegue de coches eléctricos e infraestructura de carga. De acuerdo a la Alternative Fuels Data Center (AFDC), esta región cuenta con 5 088 estaciones de carga pública; de las cuales 204 son estaciones “Supercharger”. Adicionalmente, cabe señalar que entre incentivos, leyes y regulaciones vigentes, en este estado suman un total de 91 disposiciones[11].

Nic Lutsey señala que la infraestructura de carga para los VE es un requisito clave para la transición hacia la movilidad eléctrica. Sin embargo, dado el alto costo de este tipo de instalaciones, es necesario dirigir las investigaciones hacia la localización de estaciones de carga eléctrica en áreas de máximo impacto[7]. En la actualidad, es posible encontrar estudios relevantes en este campo, por ejemplo: Kun Xu, utilizó un modelo matemático de optimización conjuntamente con un método de razonamiento geométrico basado en el sistema de información geográfica (SIG) para determinar la ubicación de estaciones de carga semi-rápida y rápida [12]. Por otra parte, Andy Ip presentó un modelo de agrupamiento jerárquico para el análisis clúster de demandas, considerando técnicas de optimización para localizar estaciones de carga con costos de operación mínima[5]. Mientras tanto, Frade et al., emplearon un modelo de cobertura máxima para optimizar la demanda cubierta en un nivel aceptable de servicio e identificaron el número de estaciones a instalar[13]. Otros estudios, como el de Hanabusa y Horiguchi, aplicaron un método analítico para la planificación de las ubicaciones de estaciones de carga de VE considerando las prestaciones básicas, las condiciones de tráfico y técnicas de asignación con equilibrio del usuario[14]. Adicionalmente, Shahraki et al., propuso un modelo de optimización basado en patrones de viaje para determinar la demanda de carga y seleccionar la ubicación de estaciones de carga para vehículos de baterías.[15]. No obstante, muchos de estos estudios se limitan generalmente a modelos de elección discreta y de origen-destino, incapaces de hacer frente a las necesidades de usuarios y requerimientos para el funcionamiento de este tipo de instalaciones.

El VE al igual que cualquier otro sistema de transporte, requiere de una infraestructura que permita tener acceso a una fuente de energía para recargar sus baterías. Al respecto, Philipsen R. [16] indica que la solución a este problema es el desarrollo de la carga rápida, cuya infraestructura debe ajustarse a los requerimientos y permitir a los conductores recargar las baterías de sus vehículos hasta en un 80% en menos de 30 minutos.

Por otro lado, Ecuador al igual que muchos países, sustenta su economía de las exportaciones de petróleo. Este recurso no renovable representa el 60 % de las exportaciones del país. No obstante, destina cerca del 1.5 % de su PIB para la importación de derivados, según datos de 2018 del Banco Central del Ecuador [17].

En años recientes, el gobierno ecuatoriano ha realizado esfuerzos importantes para desarrollar nuevas fuentes de generación de energía alternativa. De acuerdo al Balance Nacional de Energía de la Agencia de Regulación y Control de Electricidad (ARCONEL), la generación de energía eléctrica es obtenida en un 60,84% de fuentes renovables, mientras que un 39,16% proviene de fuentes no renovables. Según proyecciones, aprovechado el potencial de los recursos naturales, hasta un 93% de la energía eléctrica del país provendrá de fuentes renovables [18]. Por tanto, resulta útil para el país hacer una transición de la demanda de energía de los combustibles fósiles a la electricidad. Esto se puede evidenciar en el Plan Nacional de Eficiencia Energética y el objetivo 7 del Plan Nacional del Buen Vivir (PNBV), donde el estado promueve la movilidad sostenible en el sector del transporte mediante estrategias adecuadas para su fomento. [19].

Con el cambio de la matriz energética y conforme la Ley de Eficiencia Energética vigente, desde el año 2015 se viene fomentando un plan para el desarrollo energético sostenible en el sector del transporte. Las acciones incluyen estrategias para la introducción, promoción y comercialización de vehículos cero emisiones en el mercado automotriz nacional. Actualmente, en el país circulan 362 vehículos de este tipo; de los cuales el 10% se centra en la ciudad de Cuenca.

Es por ello que, tanto a nivel nacional como local, la infraestructura de carga para VE es un punto de especial relevancia, considerando la carencia de instalaciones y la falta de estudios o modelos de ubicación locales para el emplazamiento de estaciones de carga rápida en zonas urbanas.

En consecuencia, el presente trabajo de investigación propone determinar las ubicaciones urbanas más adecuadas para la infraestructura carga rápida de los VE. Para esto, se diseñó un proceso sistemático basado en la metodología Analytic Hierarchy Process (AHP). Este enfoque permite que muchos sitios sean juzgados en función de varios criterios, permitiendo seleccionar las ubicaciones más idóneas.

II. METODOLOGÍA

En esta sección del estudio, se presenta un enfoque generalizado del AHP para evaluar y seleccionar las ubicaciones más idóneas para estaciones de carga rápida en áreas urbanas.

AHP: Proceso Analítico Jerárquico

Es una teoría de medición para tratar con criterios cuantitativos y cualitativos [20]. La técnica de análisis de decisiones propuesta por Saaty (1980), es un método cuantitativo para seleccionar la mejor entre varias alternativas; basando su desempeño con respecto a uno o más criterios de interés. Se basa en el principio de que, para tomar decisiones, la experiencia y el conocimiento de las personas es tan valiosa como los datos que se utilizan [21].

Esencialmente, las aplicaciones de decisión del AHP se realizan en dos fases: diseño jerárquico y evaluación. El proceso comienza definiendo y organizando los elementos en una jerarquía de niveles sucesivos. La fase de evaluación se basa en el concepto de comparaciones pareadas, donde los elementos en un nivel de la jerarquía se comparan en términos relativos en cuanto a su importancia o contribución al objetivo. Una vez obtenida la matriz de comparaciones, se realiza la sintetización de los resultados, donde son combinados los juicios en un todo para obtener las prioridades generales y un ordenamiento de los resultados [20].

El AHP es una herramienta que ha sido aplicada ampliamente en algunas áreas, entre las cuales se citan los trabajos presentados por: [22], [23], [24], entre otros. Además, de las características descritas anteriormente, el AHP es una metodología aplicable tanto en la toma de decisiones individuales como grupales. Finalmente, cuenta con un software de soporte de decisiones llamado Expert Choice [25].

Los pasos de la metodología para la localización de estaciones de carga rápida en áreas urbanas, se representa en la Fig. 1. y el procedimiento se plantea en un modelo de cuatro fases:

1. Estructuración y representación de la jerarquía
2. Comparación por pares
3. Priorización y síntesis
4. Análisis de sensibilidad

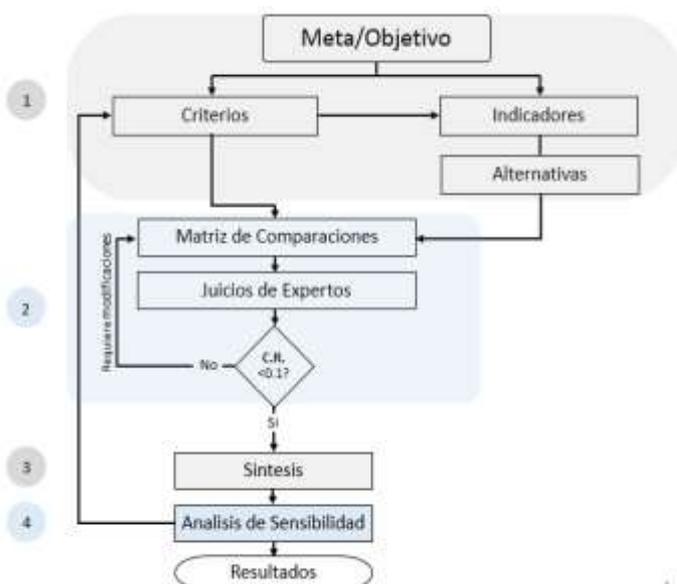


Figura 1. Metodología para la localización de estaciones de carga en áreas urbanas.

Fase 1. Estructuración y representación de la jerarquía

Como primer paso, el AHP organiza los elementos de decisión en una jerarquía. La estructuración jerárquica incluye los siguientes pasos: (a) Identificar los elementos de la jerarquía y (b) Agrupar y organizar estos elementos en diferentes niveles de relevancia en un árbol jerárquico.

a. Identificación de los elementos de la jerarquía.

- Objetivo meta: es el objetivo que se espera resolver con la actividad desarrollada.
- Criterios: son atributos que permiten definirse a favor de una alternativa y en contra de otra. Es una norma o regla de valoración del cumplimiento del objetivo u meta.
- Alternativas: se refiere a todas las posibles soluciones (ubicaciones), sobre las que se evalúan los criterios.
- Indicadores: son una base medible por los cuales se inicia la cuantificación de cada una de las alternativas. Estos guardan relación con los criterios establecidos.

b. Agrupación y organización de la jerarquía.

Al construir una jerarquía, el objetivo/meta se coloca en el nivel superior del árbol jerárquico. Para evaluar el objetivo, se establecen los criterios en un nivel intermedio y en el nivel inferior, se definen las alternativas de decisión [26]. La representación general de una estructura jerárquica se representa en la Fig. 2.

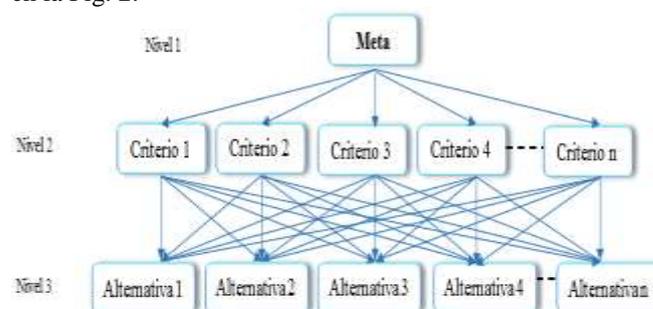


Figura 2. Representación general: árbol jerárquico del AHP.

Fase 2: Comparación por pares

Una vez que se construye el árbol jerárquico, el paso siguiente es evaluar los elementos de la jerarquía. La técnica de evaluación propuesta por Saaty es un proceso sistemático de comparaciones por pares. El método consiste en comparar la importancia relativa o preferencias de dos elementos (criterios) con respecto a otro (objetivo/meta) [26].

- Escala fundamental

El proceso propone una escala de intensidades de importancia numérica que va de 1 a 9 como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1 Escala fundamental para representar las intensidades de los juicios.

INTENSIDAD DE IMPORTANCIA	DEFINICIÓN	EXPLICACIÓN
1	Igual importancia	Dos actividades contribuyen igualmente al objetivo
2	Débil o leve	
3	Importancia moderada	La experiencia y el juicio favorece ligeramente a una actividad sobre otra
4	Moderado Plus	
5	Gran importancia	La experiencia y el juicio favorece fuertemente a una actividad sobre otra
6	Fuerte Plus	
7	Muy fuerte o importancia demostrada	Una actividad es muy favorecida sobre otro; su dominio demostrado en la practica
8	Muy, muy fuerte	
9	Importancia extrema	La evidencia que favorece una actividad sobre otra es del orden de afirmación más alto posible

Fuente: [27]

Los valores 2, 4, 6, 8 suelen utilizarse en situaciones intermedias en estudios de gran precisión.

- Matriz de comparaciones

Una vez definida la escala de evaluación, las comparaciones por pares se organizan en matrices para mostrar los criterios de decisión. Esta matriz es de tamaño $n \times n$, siendo n el número de criterios o alternativas. Es en esta etapa donde interviene el juicio del experto [28].

- Juicios de expertos

Para esta evaluación el experto realiza la comparación del criterio i con el criterio j , según su juicio determina una calificación utilizando la escala de intensidades a favor del criterio que considera más importante para cumplir con la meta, generando un valor “ a_{ij} ” en cada celda de la matriz. Los elementos de la diagonal principal de la matriz de juicios tienen como valores a la unidad, siendo necesario calcular únicamente la parte superior o inferior a la diagonal principal, ya que los valores de la parte no calculada son la inversa del elemento a_{ij} , es decir $(1/a_{ij})$ [28].

- Inconsistencia

Cuando es evaluada la importancia relativa de los criterios o las preferencias con respecto a las alternativas, simultáneamente se obtiene el índice de consistencia C.R., que deberá ser inferior a 0,1. Con esto se verifica la coherencia de cada una de las matrices, para así garantizar que se alcance una solución relevante[24]. La formulación y cálculo se muestra en [29].

Fase 3: Priorización y síntesis de resultados

Una vez que se completan las matrices de comparación, pueden ser calculadas las prioridades, un valor propio de la matriz que implica el orden de prioridad o importancia de los criterios con respecto al objetivo. El proceso propuesto por Saaty T. implica

el cálculo de valores y vectores; el detalle matemático se describe en [29], [30]. Finalmente, se obtienen los resultados sintetizando toda la información.

Es importante señalar que la sintetización de la información se puede realizar de modo lineal y distributivo; es decir, cuando se pretende determinar la mejor alternativa o cuando se busca encontrar varias soluciones.

Fase 4: Análisis de Sensibilidad

Esta fase permite visualizar, analizar la sensibilidad del resultado y ordenar las alternativas ante posibles cambios en la importancia de los criterios [23]. Para ello, se realiza un ajuste en las prioridades con el fin de determinar el grado de importancia de un criterio con respecto al resultado general.

Dada la cantidad de interfaces gráficas (cuatro) que se puede visualizar en Expert Choice, para el estudio se tomarán en cuenta las siguientes: Gráfica de sensibilidad de rendimiento y Gráfica de sensibilidad dinámica.

III. APLICACIÓN METODOLÓGICA. CASO DE ESTUDIO CIUDAD DE CUENCA

Lugar de estudio

La ciudad de Santa Ana de los Ríos de Cuenca, capital de la provincia del Azuay, está ubicada en la región centro-sur de la sierra de Ecuador, está dividida políticamente en 15 parroquias urbanas y 21 rurales y desde el año 1 999 es Patrimonio Cultural de la Humanidad de la UNESCO [31].

Fase 1: Estructuración del problema y representación de la jerarquía

a. Identificación de los elementos de la jerarquía.

- Objetivo o Meta: “Localización de estaciones de carga rápida para VE en la ciudad de Cuenca”.
- Criterios: De acuerdo a Alonso et al., la determinación de los criterios es en general, el paso más importante para la resolución de un problema de toma de decisiones multi-criterio[23]. Con respecto a la evaluación de la ubicación para estaciones de carga rápida, estudios como [16], [12] y [32], revelaron los criterios más importantes para las decisiones de localización y planificación de una red de carga rápida.

Los criterios considerados son:

1. Accesibilidad: es la facilidad real y práctica que un usuario tiene para acceder a una determinada ubicación. Este criterio busca medir la satisfacción, teniendo en cuenta indicadores como: infraestructura, movilidad y el tráfico vehicular.

2. Seguridad: es la sensación de bienestar que una persona percibe de un lugar. Tiene con fin determinar el grado de satisfacción de un usuario en términos de protección para el conductor, ocupantes y el vehículo. Para esto se consideran preocupaciones como: el vandalismo, hurto, etc.
3. Capacidad de red: se refiere a la capacidad de cargar varios vehículos al mismo tiempo. Este criterio evalúa la capacidad de carga eléctrica de una ubicación. Para esto se considera: el tipo de red, la potencia de instalación y las cargas requeridas por una estación de carga.
4. Uso Dual: se refiere a la capacidad de combinar la carga del VE con actividades diarias. Este criterio conlleva aspectos como: la disponibilidad horaria y la proximidad.
 - Alternativas: Se definieron en base a un proceso de levantamiento de información, sectorización del área de estudio y preselección.

Levantamiento de información

En primera instancia, es necesario conocer información acerca de la movilidad en la ciudad de Cuenca. Los datos considerados son: población, movilidad urbana, modo de distribución y motivos de viaje.

De acuerdo al Plan de Movilidad y Espacios Públicos, se realizan 1 330 948 viajes diarios en la ciudad de Cuenca, de los cuales el 48% corresponde a una movilidad cantonal (parroquias rurales hacia el territorio urbano y viceversa) y un 52% a una movilidad urbana. La movilidad urbana emplea en más de la mitad vehículos motorizados, de los cuales un 32% son vehículos privados. Las zonas que mayor cantidad de viajes registran en este medio de transporte se presentan en el Anexo 1. Asimismo, el Centro Histórico y El Ejido, son los sectores que cuentan con la mayor cantidad de centros atrayentes de la ciudad. Los motivos de viajes/día corresponden a actividades: laborales (33%), estudio (18%), compras (17%), gestiones personales (16%), recreación (12%), salud (3%) y otros (1%) [33].

Sectorización del área de estudio

Después de obtener información en términos de movilidad de la ciudad de Cuenca, se generó una división por cuadrantes del territorio urbano. Siguiendo el método aplicado por [5] y con el objetivo de establecer alternativas de estudio dentro de todo la zona urbana, se procedió a sectorizar por cuadrantes el área de estudio. Como resultado se establecieron un total de nueve cuadrantes de (4,06 x 6,86) km cada uno, esto al considerar que el territorio urbano de la ciudad tiene 12,20 km en sentido Norte-Sur y 20,60 km en sentido Oeste-Este.

Definición de alternativas

Conforme al estudio de [16], los lugares preferidos por las personas para la ubicación de la infraestructura de carga son: los centros comerciales, lugares de ocio, de trabajo, educativos y las estaciones de servicio. Además, se menciona que las áreas céntricas y zonas de alto tráfico son aspectos a evitar.

En consecuencia, se definió un conjunto de 42 alternativas distribuidas en los cuadrantes C, D, F, G y H. Cabe señalar que los cuadrantes A, B, F e I carecen de lugares para el análisis al ser zonas sin consolidación urbana, como se puede observar en la Fig. 3. El mapa del proceso y el listado de las alternativas se detallan en el Anexo 2. y Anexo 3. respectivamente.

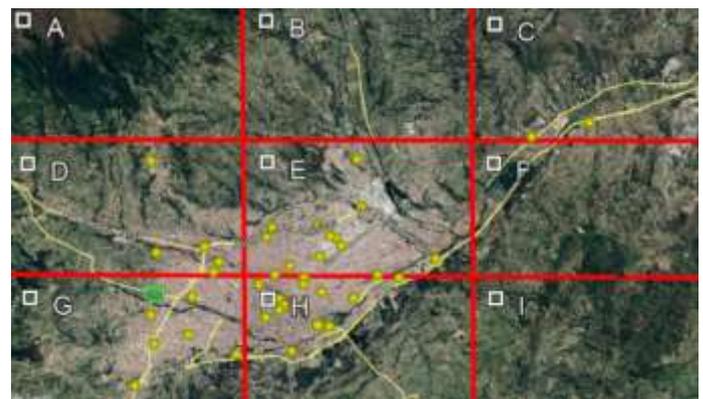


Figura 3. Ejemplo de sectorización y localización de alternativas: caso de estudio Cuenca.

Cuantificación los indicadores para las alternativas de estudio

Dada la cantidad de alternativas y con el fin de determinar las mejores ubicaciones, se realizó un proceso de evaluación por rangos [12]. El método consiste en puntuar con indicadores a cada alternativa, con base en un rango de evaluación que cumple con los requisitos mínimos de utilidad para el usuario y el funcionamiento de este tipo de infraestructura.

Los indicadores considerados para *accesibilidad* son: 1) **infraestructura:** hace referencia a la cantidad de plazas de estacionamiento (PE) disponibles en la ubicación. 2) **movilidad:** se evalúa la cantidad de sistemas de transporte público (STP), buses, taxis, tranvía y bicicleta pública disponibles en la ubicación, y 3) **tráfico vehicular:** considera el grado de saturación vehicular (GS) del viario de acceso a un lugar. Para *seguridad* se consideró el indicador **incidentes**, que hace referencia a la tasa de robo a personas (TRP) originados en la parroquia en la cual se encuentra ubicada la alternativa. En *capacidad de red* se consideró la **fiabilidad técnica**, tomando en cuenta características como la Potencia instalación (PI) y el tendido de la línea eléctrico (TLE) de la ubicación de la alternativa. Finalmente, para el criterio *uso dual* se consideraron como indicadores a: 1) **disponibilidad de tiempo:** el número de horas/días a la semana (H/DS) que el lugar está abierto al público. 2) **proximidad**, que evalúa la distancia (D) o cercanía

de lugar de estudio con áreas de ocio o recreación, laborales, estudio, salud, etc. En la Tabla 2. se especifican los rangos de evaluación para los indicadores con respecto a los criterios.

Para ello, en primera instancia se realizó el levantamiento de información con respecto a cada indicador, mediante datos como el Plan Movilidad de Cuenca, anuarios de seguridad, herramientas del medio y observación de campo. Véase Anexo 4 y Anexo 5. Una vez obtenidos los valores de los indicadores para cada alternativa y con la ayuda de la Tabla 2., se realizó la puntuación de los indicadores. El detalle del proceso y los resultados se muestran en el Anexo 6. y Anexo 7. La localización geográfica se presenta en el Anexo 8.

En consecuencia, se determinaron nueve alternativas, las cuales se detallan a continuación:

- Al 1: CELEC
- Al 2: Batán Shopping
- Al 3: Aeropuerto
- Al 4: Universidad Católica
- Al 5: Coral Centro Av. Américas
- Al 6: Mall del Rio
- Al 7: Hospital Regional Vicente Corral Moscoso
- Al 8: Millenium Plaza
- Al 9: Monay Shopping

b. Agrupación y organización de la jerarquía.

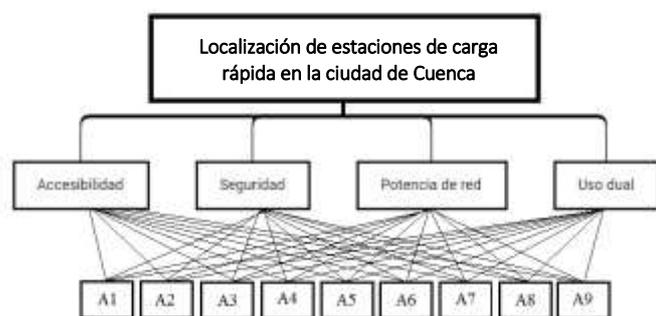


Figura 4. Representación jerárquica del caso de estudio: ciudad de Cuenca

La estructuración se llevó a cabo de forma complementaria en el software. En el Anexo 9 se muestra la estructuración del problema en Expert Choice con los elementos utilizados para este estudio.

Tabla 2. Rango de evaluación para los indicadores.

RANGO	PESO	INFRAESTRUCTURA PE [#]	MOVILIDAD STP [#]	TRÁFICO VEHICULAR GS [#]	INCIDENTES TRP [#]	FIABILIDAD TÉCNICA PI [%]-TLE	DISPONIBILIDAD HORARIA H/DS [#]	PROXIMIDAD D [m]
Confortable	1	≥120	Tres o más	20-40 %	≥120	100 % aérea	≥120	Tres o más
Poco confortable	0,75	> 80 ≤ 120	Existe dos	> 40 - 80 %	> 80 ≤ 120	/	> 80 ≤ 120	Existe dos
Aceptable	0,50	> 40 ≤ 80	Existe uno	80 - 100 %	> 40 ≤ 80	100% subterránea	> 40 ≤ 80	Existe uno
Poco aceptable	0,25	≤ 40	Carece	> 100 %	≤ 40	/	≤ 40	Carece

Fase 2: Comparaciones por pares

Para esta fase evaluación se utilizó el software Expert Choice versión 11. Esta herramienta de interfaz gráfica permite realizar las comparaciones por pares, derivar prioridades, identificar las inconsistencias de los juicios y ejecutar el análisis de sensibilidad de forma automatizada y confiable.

- Escala fundamental

Para el proceso de ponderación, se utilizó la escala numérica de comparación incluyendo los números pares. Es importante mencionar que Expert Choice permite realizar este tipo de evaluación de tres modos diferentes: numérica, verbal, y gráfica.

- Matriz de comparaciones

Para la comparación por pares, el software estableció las siguientes matrices de comparación.

Una **matriz de comparación de criterios** de tamaño 4x4, donde la cantidad de comparaciones se limitan a seis. Por otra parte, y de forma simultánea se constituyó la **matriz de comparación de las alternativas**, una por criterio, por tanto, como resultado se establecieron cuatro de tamaño 9x9, donde se realizan 36 comparaciones en cada una.

- Juicios de expertos

En una primera instancia, el número de expertos participantes fue de siete. Para esto fueron elegidos profesionales con conocimiento y experiencia en las siguientes áreas de interés: **Movilidad y transporte:** arquitectos e ingenieros civiles. **Energías renovables:** ingenieros eléctricos. **Electromovilidad:** ingenieros automotrices **Seguridad:** personas vinculadas a organizaciones públicas de seguridad.

Para esta fase se recurrió a la entrevista, conjuntamente con el software de decisión. En el Anexo 10. se presenta la información de los expertos que realizaron la ponderación.

Es importante indicar que, en términos de muestra el AHP requiere de un limitado número de participantes; estudios como [22] y [23] limitaron la cantidad de participantes a tres; mientras que [34] consideró el juicio de siete expertos.

- Inconsistencia.

El índice de inconsistencia con respecto a las matrices de comparación de los criterios y alternativas se consideró apropiado. A continuación, en la Tabla 3. son detallados los valores alcanzados por cada experto.

Tabla 2. Valores: índice de consistencia por experto

Matriz	ÍNDICE DE INCONSISTENCIA						
	Ex1	Ex2	Ex3	Ex4	Ex5	Ex6	Ex7
Criterios	0,06	0,05	0,09	0,08	0,06	0,10	0,04
Alternativas	0,04	0,03	0,09	0,08	0,08	0,09	0,06

Nota: "Ex" =Experto

En general, el índice de inconsistencia alcanzó un valor de 0,01 con respecto a las prioridades y de 0,02 con respecto a la síntesis de resultados.

Fase 3: Priorización y síntesis de resultados.

Los resultados de este proceso se detallan en la sección de IV Resultados.

Fase 4: Análisis de sensibilidad

Para comprobar el grado de importancia de un criterio con respecto al resultado general alcanzado, se realizó el análisis por escenarios. El proceso consistió en realizar un ajuste hasta el 50% en la importancia de cada criterio, para esto se utilizó la interfaz gráfica de sensibilidad dinámica y de rendimiento.

IV. RESULTADOS

Tomando en cuenta la Fase 2: comparación por pares, se puede observar en la matriz combinada de comparación de criterios que accesibilidad y uso dual son los factores que denotan una mayor importancia, esto en cuanto al objetivo de estudio. *Ver Anexo 11*. Por otra parte, la matriz combinada de comparación de las alternativas con respecto a accesibilidad indica una mayor preferencia hacia Mall del Río y Millenium Plaza. *Ver Anexo 12*. En cuanto al criterio seguridad Millenium Plaza y Mall del Río son los de mayor preferencia como se muestra en el Anexo 13. Por otra parte, con el criterio de potencia de red las alternativas CELEC, Hospital Regional y Monay Shopping presentan un alto nivel de preferencia. *Ver Anexo 14*. Finalmente, en uso dual, Millenium Plaza y Batán Shopping son los lugares de mayor preferencia. *Ver Anexo 15*.

Con respecto a la Fase 3, la priorización de los resultados indica que accesibilidad y uso dual con 0,362 y 0,294 respectivamente; son los criterios de mayor prioridad en cuanto a localización de estaciones de carga rápida en Cuenca, mientras que con 0,175 y 0,169 capacidad de red y seguridad individualmente tiene un menor grado de prioridad. Es necesario mencionar que los valores de priorización sumados son igual a 1. Además, el índice de inconsistencia de la priorización es 0,01; por tanto, los resultados son apropiados por la metodología AHP. El Anexo 16. exhibe la gráfica de los resultados de este proceso.

Por otra parte, con respecto a síntesis, los resultados muestran que Millenium Plaza y Mall Río son las alternativas más idóneas para las estaciones de carga rápida en Cuenca, esto de acuerdo a los criterios analizados. En tanto, que las alternativas Monay Shopping, Batán Shopping, Aeropuerto y Hospital Regional Vicente son una opción de un nivel de preferencia medio. Finalmente, Universidad Católica, Coral de las Américas y CELEC son lugares menos preferidos. Con respecto al índice de inconsistencia, el valor es 0,02; es decir los resultados obtenidos son válidos. Este proceso fue realizado utilizando el modo distributivo, ya que el objetivo no es determinar únicamente la mejor ubicación. El detalle de la síntesis de los resultados se presenta en el Anexo 17.

Análisis de Cobertura

Tomando en cuenta la síntesis de resultados, se realizó el análisis de cobertura de las alternativas mediante el software Google Maps y conforme a [12], es determinado un radio de cobertura de 1,6 km como la distancia que los conductores están dispuestos a conducir únicamente para recargar sus vehículos.

En un primer caso, se analizó la cobertura de Millenium Plaza y Mall de Río. Con el radio de cobertura establecido, estos lugares abastecerían las zonas residenciales, de ocio, recreación, laboral y de educación que se localizan en Centro Histórico y la parroquia Yanuncay. Asimismo, estas dos alternativas presentan una zona de sobre cobertura tal como lo precisa el Anexo 18.

Un segundo caso, fueron analizadas las cuatro alternativas siguientes. Batán Shopping cubriría las zonas residenciales y laborales de las parroquias Sucre, El Batán y San Sebastian. Por otro lado, Monay Shopping, Aeropuerto y Hospital Regional tendrían zonas de sobre cobertura y abastecerían las siguientes áreas: Sucre, Huayna Capac, Monay, Totoracocha, y gran parte del Centro Histórico. En el Anexo 19. se muestra la cobertura de estos lugares.

En tanto, las alternativas CELEC, Universidad Católica y Coral de las Américas; darían cobertura a las parroquias Machangara Nulti (Chaulabamba), El vecino y Yanuncay. Cabe destacar que en los lugares mencionados no existe una sobre cobertura de las alternativas, tal como se indica en el Anexo 20.

Finalmente, tomando en cuenta todas las alternativas se puede concluir que las nueve alternativas darían cobertura a gran parte del área urbana, concentrándose la cobertura en los sectores de mayor afluencia de la ciudad. El detalle del análisis se presenta en el Anexo 21.

Escenarios de análisis

- Escenario 1

Con un ajuste del 50% en el criterio de accesibilidad, se puede observar un cambio en el orden de las alternativas en la cuarta y

quinta ubicación. Este ajuste produce una reducción proporcional en la prioridad de los demás de los criterios, sin embargo, las alternativas de mayor importancia no presentan variación alguna con respecto a la síntesis de resultados. Las gráficas comparativas se presentan en el Anexo 22.

- Escenario 2

Un ajuste hasta el 50% en torno al criterio seguridad un atributo dominante y por ende causa la reducción proporcional en los tres criterios restantes. Esta variación no afecta el orden de las primeras alternativas, no obstante, el cambio se da desde la tercera hasta la sexta alternativa con respecto a la síntesis de resultados. Las gráficas comparativas se presentan en el Anexo 23.

- Escenario 3

Con un ajuste a un 50% del criterio capacidad de red, se evidencia un cambio en el orden a partir de la tercera alternativa. El dominio de este criterio afecta de forma proporcional a los criterios restantes. Las gráficas comparativas se presentan en el Anexo 24.

- Escenario 4

Finalmente, un ajuste de un 50% en el criterio uso dual causa una reducción proporcional de los demás criterios, además, del orden desde la tercera hasta la sexta alternativa. Al igual que anteriores, este ajuste no altera la preferencia de la primera y segunda alternativa. Las gráficas comparativas se presentan en el Anexo 25.

Tras los resultados obtenidos y de acuerdo al Plan de Movilidad de la ciudad de Cuenca, se puede indicar que las alternativas de mayor preferencia de ubicación se localizan en las zonas donde se registran la mayor cantidad de viajes de vehículos privados.

A diferencia de algunos modelos de elección discreta y origen-destino para la localización de estaciones de carga rápida, el modelo metodológico establecido permite analizar, evaluar y determinar la mejor o mejores ubicaciones; con base al desempeño de factores de usuario y requerimientos para el funcionamiento de este tipo de infraestructura.

La implementación del modelo puede resultar extensa por los criterios y alternativas consideradas. Por lo tanto, resulta adecuado aplicar el modelo con un limitado número de elementos.

V. CONCLUSIONES

En función de la información y los resultados obtenidos, se concluye que el modelo de localización es capaz de determinar las ubicaciones óptimas para las estaciones de carga rápida en áreas urbanas. Esto se debe a que el AHP es un método que se ajusta de forma válida a un problema de selección de la

ubicación de un tipo de servicio. Además, la simplicidad del proceso y el software de soporte Expert Choice; permiten verificar la coherencia de los juicios mediante un índice de inconsistencia.

Se limitó el estudio de caso a una cantidad baja de elementos: cuatro criterios y nueve alternativas, debido al patrón repetitivo a seguir para la asignación de pesos de cada una de las combinaciones generadas en el proceso de comparación por pares, además del tiempo que conlleva este tipo de evaluación. Es importante mencionar que el AHP no restringe el número de criterios y alternativas.

En resumen, y de acuerdo a los criterios evaluados, los lugares de mayor preferencia determinados para las estaciones de carga rápida son: Mall del Río y el Millenium Plaza. Por otra parte ubicaciones como: Monay Shopping, Batán Shopping, Aeropuerto y el Hospital Regional reflejan sectores importes de la ciudad donde se registran una alta afluencia de viajes origen-destino. Lugares como: Universidad Católica, Coral de las Américas y CELEC son de importancia principalmente para los sectores en consolidación urbana.

Se estableció para el análisis el uso de la escala de intensidades con valores pares e impares. Además, fue integrado el juicio de un grupo de expertos en áreas específicas para obtener un mayor grado de precisión en los resultados del estudio.

Se examinó la solidez de los resultados mediante el análisis de sensibilidad, para así conocer la solidez de los resultados. En consecuencia, es posible determinar validez de los resultados para el caso aplicado.

La presente investigación proporciona una guía detallada del modelo de localización de estaciones de carga rápida en áreas urbanas y un elemento complementario de información geográfica para analizar los resultados.

Para futuros estudios, resulta de suma importancia realizar un análisis de factibilidad eléctrica, es decir aspectos como la potencia de instalación y las cargas que se requieren alimentar dentro de este tipo de estación de para así garantizar la carga de un determinado número de VE en cada estación.

VI. REFERENCIAS

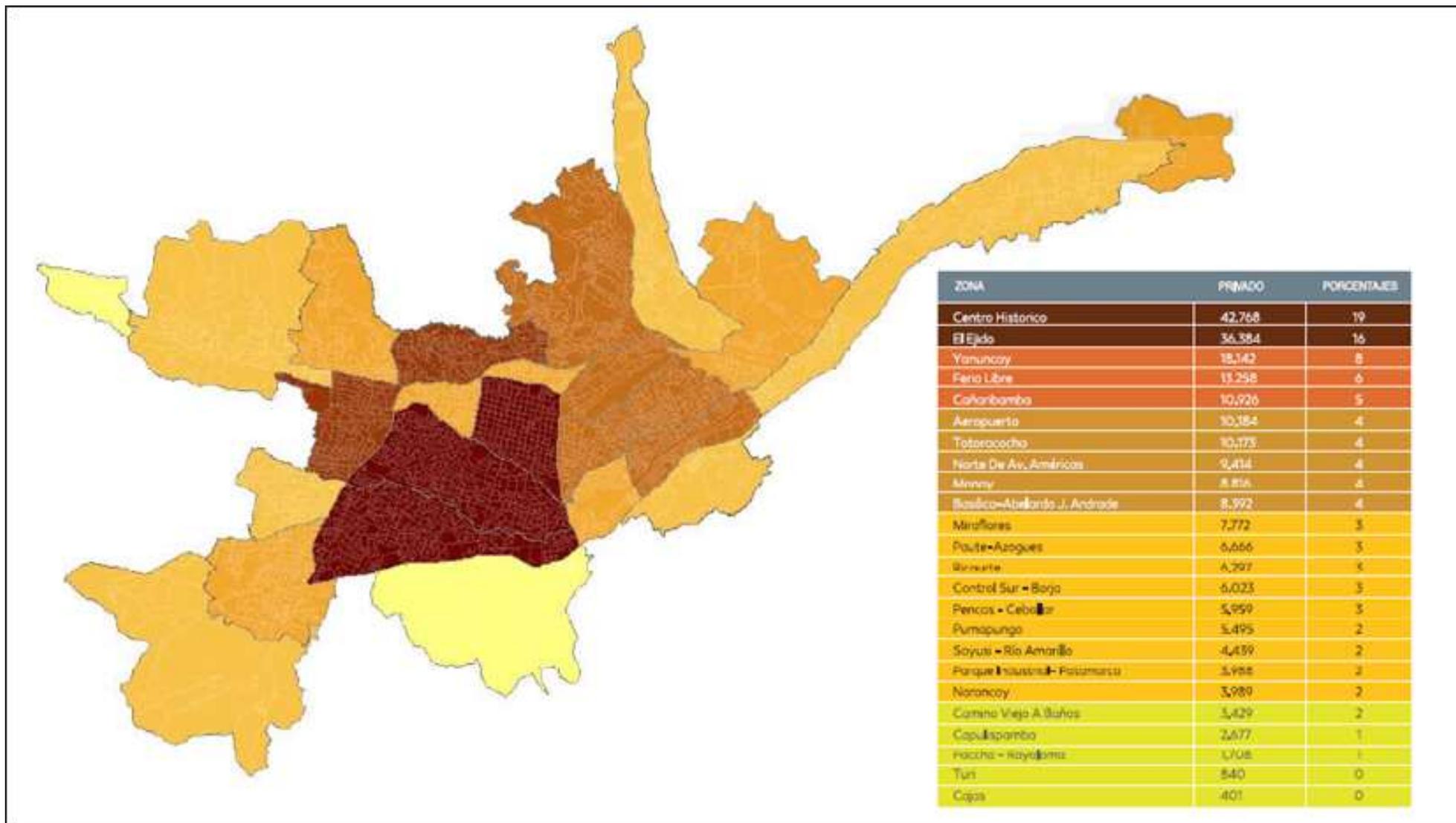
- [1] K. Omi, "Alternative Energy For Transportation," *Issues.Org*, 2015. [Online]. Available: <http://Issues.Org/25-4/Omi/>. [Accessed: 06-Jul-2016].
- [2] Internacional Energy Agency, "World Energy Balances 2018," 2018.
- [3] Ministerio Coordinador De Sectores Estratégicos, "Balance Energético Nacional," 2016.
- [4] Ministerio Coordinador De Sectores Estratégicos,

- “Balance Energético Nacional 2016,” 2016.
- [5] A. Ip, S. Fong, And E. Liu, “Optimization For Allocating Bev Recharging Stations In Urban Areas By Using Hierarchical Clustering,” 2012.
- [6] The International Council Clean Transportation, “Electric Vehicles,” *ICCT*. [Online]. Available: <https://www.theicct.org/Programs/Electric-Vehicles>.
- [7] J. Jord, J. Palanca, E. Val, And V. Julian, “Using Genetic Algorithms To Optimize The Location Of Electric Vehicle Charging Stations,” Vol. 771, Pp. 11–20, 2019.
- [8] N. Lutsey, “The Future Is Electric, But Why’s It Taking So Long,” 2018.
- [9] Global Climate Action Summit, “Impulso A La Infraestructura Internacional Para El Lanzamiento De Vehículos Con Cero Emisiones En La Cumbre Mundial De Acción Climática,” 2018. [Online]. Available: <https://www.globalclimateactionsummit.org/International-Infrastructure-Boost-For-Roll-Out-Of-Zero-Emission-Vehicles-At-Global-Climate-Action-Summit/>.
- [10] Tesla, “Supercharger Stations,” 2018. [Online]. Available: <https://www.tesla.com/supercharger>.
- [11] E. E. & R. Energy, “Alternative Fuels Data Center.” [Online]. Available: <https://afdc.energy.gov/stations/states>.
- [12] K. Xu, P. Yi, And Y. Kandukuri, “Location Selection Of Charging Stations For Battery Electric Vehicles In An Urban Area.,” *Int. J. Engg. Res. Sci. Tech Ping Yi Al*, 2013.
- [13] I. Frade, A. Ribeiro, G. Gonçalves, And A. Antunes, “Optimal Location Of Charging Stations For Electric Vehicles In A Neighborhood In Lisbon, Portugal,” *Transp. Res. Rec. J. Transp. Res. Board*, Vol. 2252, No. November 2015, Pp. 91–98, 2011.
- [14] H. Hanabusa And R. Horiguchi, “A Study Of The Analytical Method For The Location Planning Of Charging Stations For Electric Vehicles,” *Lect. Notes Comput. Sci. (Including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, Vol. 6883 Lnai, No. Part 3, Pp. 596–605, 2011.
- [15] N. Shahraki, H. Cai, M. Turkay, And M. Xu, “Optimal Locations Of Electric Public Charging Stations Using Real World Vehicle Travel Patterns,” *Transp. Res. Part D*, Vol. 41, Pp. 165–176, 2015.
- [16] R. Philipsen, T. Schmidt, J. Van Heek, And M. Ziefle, “Fast-Charging Station Here , Please ! User Criteria For Electric Vehicle Fast-Charging Locations,” *Transp. Res. Part F Psychol. Behav.*, Vol. 40, Pp. 119–129, 2016.
- [17] Banco Central Del Ecuador, 2018. [Online]. Available: <https://www.bce.fin.ec/comercioexterior/comercio/Consultatotxnandinacongrafico.jsp>.
- [18] Arconel, “Ecuador Posee Un 51,78% De Energía Renovable.” [Online]. Available: <https://www.regulacionelectrica.gob.ec/ecuador-posee-un-5155-de-energia-renovable/>.
- [19] Arconel, “Balance Nacional De Energía Eléctrica,” 2018.
- [20] A. Azilah, “The Application Of Analytic Hierarchy Process In Higher-Learning Institutions : A Literature Review,” Vol. 8, No. 2, Pp. 166–182, 2015.
- [21] L. G. Vargas, “An Overview Of The Analytic Hierarchy Process And Its Applications,” Vol. 48, P. 2217, 1990.
- [22] N. Vafaei And B. Oztaysi, “Selecting The Field Hospital Place For Disasters : A Case Study In Istanbul,” Pp. 1–10, 2014.
- [23] A. Alonso, A. Hidalgo, And M. Izquierdo, “Empleo Del A H P Proceso Jerárquico, Analítico Universitarios, Óptimo De Equipamientos,” pp. 579–596.
- [24] P. J. Willette, G. S. Samuelsen, and B. Shaffer, “Systematic selection and siting of vehicle fueling infrastructure to synergistically meet future demands for alternative fuels,” *ASME 2014 8th Int. Conf. Energy Sustain. ES 2014 Collocated with ASME 2014 12th Int. Conf. Fuel Cell Sci. Eng. Technol.*, vol. 2, 2014.
- [25] M. B. Barfod, “Graphical and technical options in Expert Choice for group decision making,” *DTU Lyngby Tech. Univ. Denmark, Transp.*, vol. 1, pp. 1–35, 2014.
- [26] J. J. Winebrake and B. P. Creswick, “The future of hydrogen fueling systems for transportation: An application of perspective-based scenario analysis using the analytic hierarchy process,” vol. 70, pp. 359–384, 2003.
- [27] T. L. Saaty, “Decision making with the analytic hierarchy process,” vol. 1, no. 1, 2008.
- [28] J. López and J. Dolado, “Estudio de los métodos de estimación: AHP y redes Bayesianas.”
- [29] A. Ishizaka and A. Labib, “Analytic hierarchy process and expert choice: Benefits and limitations,” *OR Insight*, vol. 22, no. 4, pp. 201–220, 2009.
- [30] G. Toskano, “Proceso De Análisis Jerárquico (Ahp),” Universidad Nacional Mayor De San Marcos, 2016.
- [31] Alcaldía de Cuenca, “Conoce Cuenca,” 2019.
- [32] R. Philipsen, T. Schmidt, and M. Ziefle, “A Charging Place to Be - Users ’ Evaluation Criteria for the Positioning of Fast-charging Infrastructure for Electro Mobility,” vol. 3, no. Ahfe, pp. 2792–2799, 2015.
- [33] Ilustre Municipalidad de Cuenca, “Plan de movilidad de Cuenca 2015-2025,” *Ilus. Munic. Cuenca*, 2015.

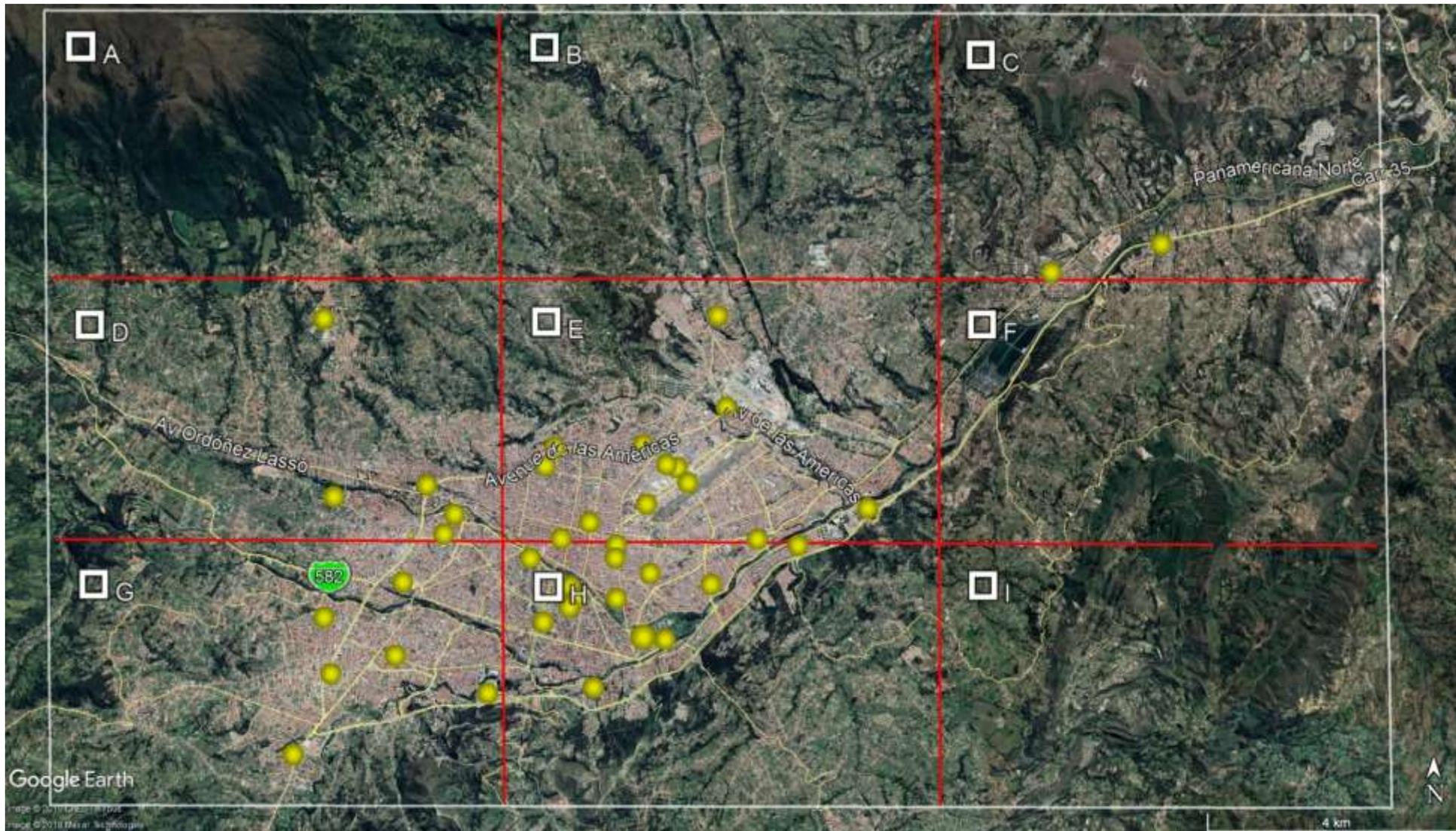
- [34] P. Rezaei, K. Rezaie, S. Nazari-shirkouhi, M. Reza, and J. Tajabadi, "Application of Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Analysis for evaluating and selecting the Best Location for Construction of Underground Dam," *Acta Polytech. Hungarica*, vol. 10, no. 7, 2013.

ANEXOS

Anexo 1: Imagen movilidad urbana en la ciudad de Cuenca: Modo vehículos privados.



Anexo 2: Mapa de sectorización del área urbana de la ciudad de Cuenca y localización de las alternativas seleccionadas.



Anexo 3: Tabla de las alternativas seleccionadas para el proceso de evaluación

Cuadrante	Alternativas	Ubicación
A		
B		
C	CELEC	Panamerica Norte, sector Capulispamba
	Estación de servicio Challuabamba	Carretera Cuenca-Azogues
D	Centro Comercial Racar Plaza	Vía a Racar sector la cerámica
	El Arenal	Av. De las Américas y Av. Remigio Crespo
	Coliseo Jefferson Pérez	Av. 12 de Abril y Unidad Nacional
	Plaza de las Américas	Av. de las Americas y Av del Tejar
	Campus Balzay U de Cuenca	Av Victor Manuel Albornoz
	Batán shopping	Calle del Batán
E	Hospital de la Mujer y el Niño	Calle del Camal y Camino a Patamarca
	Universidad Católica	Av. De lasAméricas y Humboldt sector Basilica
	Parque Miraflores	Av. De las Américas
	Multiplaza Miraflores	Av Elia Liut
	UPS	Calle Vieja y Elia Liut
	Aeropuerto	Av. España
	Terminal Terrestre	Av. España
	Mercado 9 de octubre	Gapar Sangurima y Mariano Cueva
	Hospital del Río	Av. de las Américas y Av. 24 de Mayo
	Parque de la Libertad	Nicanor Merchan y Pedro León
	Estacion de servicio Sindicato de Choferes	Av. De la Américas y del Toril
F		
G	EMOV	Carlora Arizaga Toral, vía a Misicata
	Patio taller del Tranvia/ Ex CREA	Av. México
	Coral Centro Av. Americas	Av. de las Americas
	Super AKI Narancay	Issac Alberniz sector control Sur
	Supermaxi Don Bosco	Av Don Bosco y Miguel de Cervantes
	Mall del Rio	Av. Felipe II y Autopista
H	Portal Artesanal	Av. Huayna Cápac y Simón Bolívar
	Parque de la Madre	Av. 12 de Abril y Federico Malo
	Coral Huayna-Capac	Sucre y Av. Huayna Cápac
	Supermaxi El Vergel	Alfonso Cordero y Manuel J. Calle
	Función Judicial del Azuay	Av. José Peralta
	Millenium Plaza	Av. José Peralta y Todos Santos
	Universidad de Cuenca	Av. 12 de Abril
	Mercado 12 de abril	Av. Guapondelig y Eloy Alfaro
	Banco Central	Calle Larga y Huayna-Capac
	Empresa Eléctrica Centro Sur	Av. Max Uhle
	Monay Shopping	Av. Gonzáles Suárez
	Hospital del IEES	Camino a Rayoloma y Autopista Cuenca-Azogues
	Hospital Regional Vicente Moscoso	Pje. Del Paraiso
	Parque el Paraiso	Av. 10 de Agosto y Pje del Paraiso
	Hospital Monte Sinai (Parqueadero Privado)	Av Fray Viecente Solano
Universidad del Azuay	Av. 24 de Mayo y Hernán Malo	
Mercantil Tosi (Parqueadero Privado)	Benigno Malo y Simón Bolívar	
I		

Anexo 4: Tabla de indicadores de las alternativas seleccionadas: Página 1

Cuadrante	Alternativas	Criterios	ACCESIBILIDAD			SEGURIDAD
			Infraestructura	Movilidad	Tráfico vehicular	Tasa de robo a personas
			Plazas de parqueo	Transporte público	Saturación vehicular	Incidentes
A						
B						
C	CELEC		200 plazas	Bus	40%	3704-4753
	Estación de servicio Challuabamba		20 plazas	Ninguno	40%	3704-4753
D	Centro Comercial Racar Plaza		400 plazas	Taxis, bus	20%	3704-4753
	El Arenal		500 plazas	Taxis, buses, tranvía	60%	6853-7902
	Coliseo Jefferson Pérez		90 plazas	Bus	40%	6853-7902
	Plaza de las Américas		90 plazas	Bus, taxis	40%	3704-4753
	Campus Balzay U de Cuenca		300 plazas	Bus	20%	6853-7902
	Batan shopping		500 plazas	Bus, taxis	40%	6853-7902
E	Hospital de la Mujer y el Niño		25 plazas	Buses, taxis	20%	3704-4753
	Universidad Católica		300 plazas	Bus, taxis	40%	6853-7902
	Parque Miraflores		30 plazas	Bus	40%	4754-5803
	Multiplaza Miraflores		262 plazas	Buses, taxis	40%	4754-5803
	UPS		350 plazas	Buses, taxis	40%	4754-5803
	Aeropuerto		140 plazas	Buses, taxis, tranvía	40%	4754-5803
	Terminal Terrestre		60 plazas	Bus, taxis, tranvía, bicicleta	100%	4754-5803
	Mercado 9 de octubre		96 plazas	Taxis, tranvía	100%	4754-5803
	Hospital del Río		280 plazas	Bus taxis	20%	3704-4753
	Parque de la Libertad		50 plazas	Bus	40%	7903-10000
Estacion de servicio Sindicato de Choferes		20 plazas	Bus	40%	4754-5803	
F	EMOV		120 plazas	Bus	20%	5804-6852
	Patio taller del Tranvía/ Ex CREA		170 plazas	Bus, taxis	40%	6853-7902
G	Coral Centro Av. Americas		220 plazas	Bus, taxis, tranvía	40%	5804-6852
	Super AKI Narancay		72 plazas	Bus, taxis	40%	5804-6852
	Supermaxi Don Bosco		134 plazas	Bus, taxis	20%	5804-6852
	Mall del Río		2000 plazas	Bus, taxis	40%	5804-6852
H	Portal Artesanal		141 plazas	Bus, bicicletas	100%	4754-5803
	Parque de la Madre		200 plazas	Bus, bicicletas	60%	4754-5803
	Coral Huayna-Capac		95 plazas	Bus, taxis	100%	4754-5803
	Supermaxi El Vergel		100 plazas	Taxis	20%	4754-5803
	Función Judicial del Azuay		115 plazas	Taxis	20%	4754-5803
	Millenium Plaza		230 plazas	Taxis	20%	4754-5803
	Universidad de Cuenca		480 plazas	Bus, taxis, bicicletas	100%	5804-6852
	Mercado 12 de abril		95 plazas	Bus, taxis	60%	3704-4753
	Banco Central		120 plazas	Bus	100%	4754-5803
	Empresa Eléctrica Centro Sur		135 plazas	Bus, taxis	40%	3704-4753
	Monay Shopping		700 plazas	Bus, taxis	40%	4754-5803
	Hospital del IEES		440 plazas	Bus, taxis	40%	3704-4753
	Hospital Regional Vicente Corral Moscoso		200 plazas	Bus, taxis	40%	4754-5803
	Parque el Paraiso		95 plazas	Bus, bicicletas	40%	4754-5803
	Hospital Monte Sinal (parqueadero)		220 plazas	Bus, taxis, bicicletas	40%	4754-5803
	Universidad del Azuay		500 plazas	Bus, taxis, bicicletas	40%	4754-5803
Tosi		78 plazas	Ninguna	100%	3704-4753	
Fuentes	Información recopilada de:		Visitan de Campo, Google Maps, Sitio Web	Plan de movilidad y espacios públicos	Plan de movilidad y espacios públicos	Encuesta de Victimización y Percepción Ciudadana del Cantón Cuenca 2017

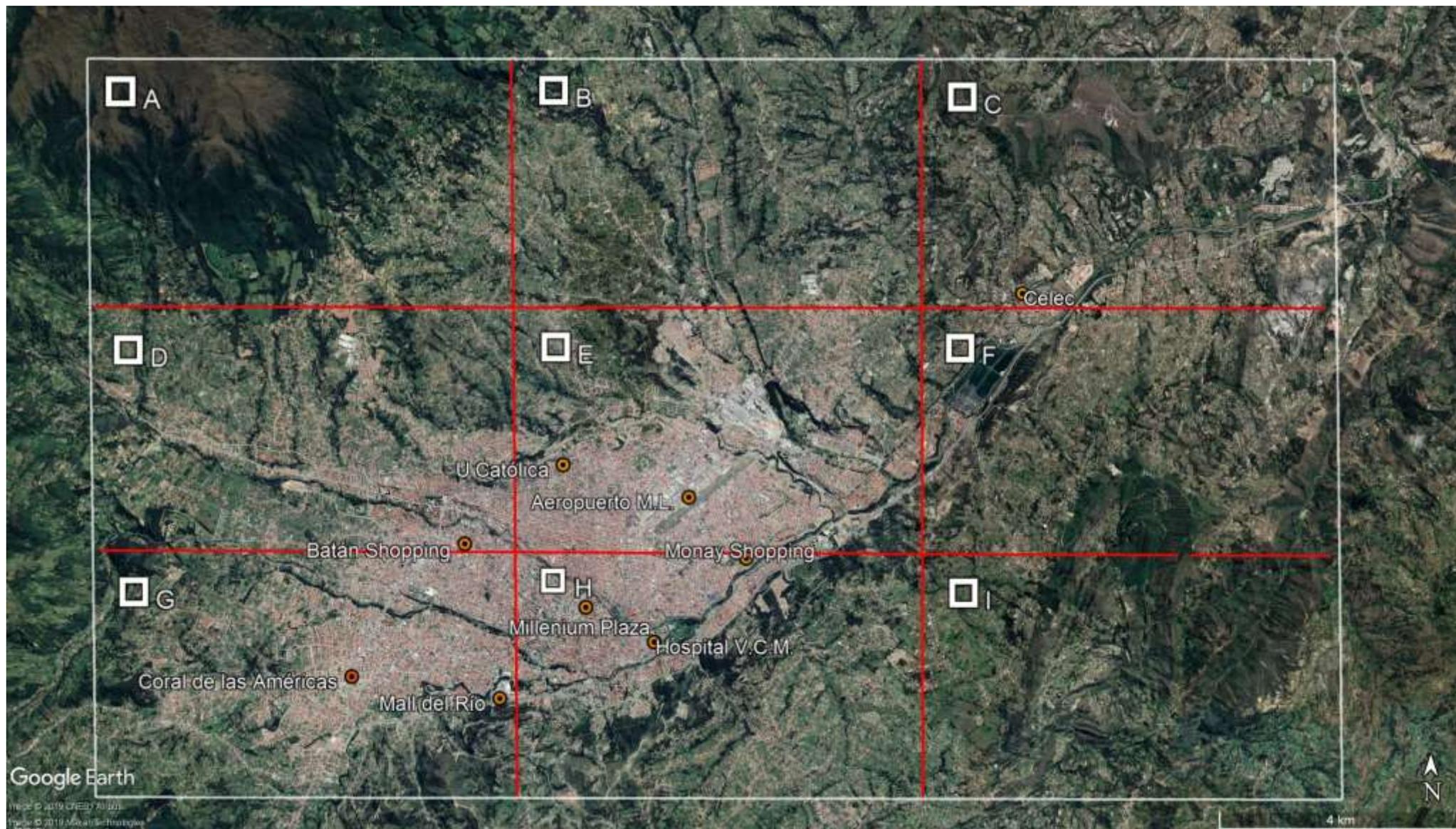
Anexo 5: Tabla de indicadores de las alternativas seleccionadas: Página 2

Cuadrante	Alternativas	Criterios	CAPACIDAD ELÉCTRICA		USO DUAL
			Fiabilidad Técnica	Disponibilidad horaria	Proximidad
			Potencia instalación / Tipo	Horas / días semana	Distancia o tiempo caminando
A					
B					
C	CELEC		100% Tipo aéreo	10 / 5	RTV Capulispamba (700 m)
	Estación de servicio Challuabamba		100% Tipo aéreo	24 / 7	Colegio Alemán (500 m)
D	Centro Comercial Racar Plaza		100% Tipo aéreo	12 / 7	Santa Ana (1 km)
	El Arenal		100% Tipo aéreo	12 / 7	Batán Shopping(400 m), Patio Tranvía-Zonal 6 (1 km)
	Coliseo Jefferson Pérez		100% Tipo aéreo	10 / 7	UTPL (300 m), Corazones (1 km)
	Plaza de las Américas		100% Tipo aéreo	12 / 7	UTPL(800 m), Feria Libre (1,2 km)
	Campus Batzay U de Cuenca		100% Tipo aéreo	16 / 6	ANT (406 m)
	Batán shopping		100% Tipo aéreo	12 / 7	Feria libre (350 metros)
E	Hospital de la Mujer y el Niño		100% Tipo aéreo	10 / 5	RTV Mayanocla (1,5 km)
	Universidad Católica		100% Tipo aéreo	16 / 6	Parque de la Libertad (400metros); Parque Cristo Rey (700metros)
	Parque Miraflores		100% Tipo aéreo	24 / 7	UPS(350 M), Parque de la Luz(700 m), Consejo de Derechos de Cuenca (500 m)
	Multiplaza Miraflores		100% Tipo aéreo	12 / 7	UPS(60 m), PJ (70 m), Aeropuerto (80 m)
	UPS		100% Tipo aéreo	16 / 6	Multiplaza(60 m), PJ (130 m), Aeropuerto (140 m)
	Aeropuerto		100% Tipo aéreo	16 / 7	Multiplaza(80 m), PJ (10 m), UPS (140 m)
	Terminal Terrestre		100% Tipo aéreo	24 / 7	Aeropuerto(1 km), Multiplaza (1,1 km), Hospital Católico (1 km)
	Mercado 9 de octubre		100% Tipo Subterráneo	14 / 7	Plaza Rotary (100 m), IESS Centro (200 m), Prefectura del Azuay (300 m)
	Hospital del Río		100% Tipo aéreo	24 / 7	Hospital IESS (1 km)
	Parque de la Libertad		100% Tipo aéreo	24 / 7	Universidad Católica (400 m), Escuela Federico Proaño (300 m)
Estacion de servicio Sindicato de Choferes		100% Tipo aéreo	24 / 7	Parque Industrial (200metros)	
F	EMOV		100% Tipo aéreo	10 / 5	Mega Tienda del Sur (700 m)
	Patio taller del Tranvía/ Ex CREA		100% Tipo aéreo	10 / 5	Patio Taller Tranvía (100 m), El Arenal (700 m)
	Coral Centro Av. Américas		100% Tipo aéreo	12 / 7	Dairio El Mercurio (150 m), Indurama (350 m)
	Super AKI Naranjal		100% Tipo aéreo	12 / 7	Plataforma Itinerante (100metros)
	Supermaxi Don Bosco		100% Tipo aéreo	12 / 7	Indurama (700 m), Parque Iberia (750 m)
	Mall del Río		100% Tipo aéreo	12 / 7	Técnico Salesiano (150 m), Mirador Turi (2 km), Campus Artes U Cuenca (800 m), Parque Iberia (450 m)
H	Portal Artesanal		100% Tipo Subterráneo	24 / 7	Parque San Blas (100m), Ex IESS (20 m)
	Parque de la Madre		100% Tipo aéreo	24 / 7	Función Judicial (120 m), Millenium Plaza (60 m), Estadio (50 m), El Vergel (100 m)
	Coral Huayna-Capac		100% Tipo Subterráneo	12 / 7	Portal Artesanal (100 metros)
	Supermaxi El Vergel		100% Tipo aéreo	12 / 7	Función Judicial (100 m), Millenium Plaza (110 m), Parque de la Madre (50 m)
	Función Judicial del Azuay		100% Tipo aéreo	10 / 5	Millenium Plaza (10 m), El Vergel (110 m), Parque de la Madre (120 m)
	Millenium Plaza		100% Tipo aéreo	12 / 7	Función Judicial (10 m), El Vergel (110 m), Parque de la Madre (120 m)
	Universidad de Cuenca		100% Tipo aéreo	16 / 6	Clinica Santa Inés (20 m), Mercado 10 de Agosto (300 m), Plaza El Otorongo (200 m)
	Mercado 12 de abril		100% Tipo aéreo	12 / 7	Cementerio (500 m), Coral Centro (800 m)
	Banco Central		100% Tipo Subterráneo	10 / 5	Zonal Salud (80 m), Zonal Paseo 3 de Noviembre (200 m)
	Empresa Eléctrica Centro Sur		100% Tipo aéreo	10 / 5	Gran Akí (900 m), CTE Gozáles Suárez (950 m)
	Monay Shopping		100% Tipo aéreo	12 / 7	Gran Akí (700 m), IESS (1,2 km)
	Hospital del IESS		100% Tipo aéreo	24 / 7	Monay Shopping (1,2 km), Hospital del Río (1 km)
	Hospital Regional Vicente Corral Moscoso		100% Tipo aéreo	24 / 7	Banco Central (400 m), Paraiso (40 m), Enfermería U Cuenca (50 m), Museo de las Artes del Fuego (400 m)
	Parque el Paraiso		100% Tipo aéreo	24 / 7	Banco Central (500 m), Hospital Regional (200 m), Enfermería U Cuenca (50 m)
	Hospital Monte Sinai (parqueadero)		100% Tipo aéreo	12 / 6	Estadio (170 m), La Salle (20 m), El Vergel (200 m)
	Universidad del Azuay		100% Tipo aéreo	16 / 6	ECU 911 (800 m), ETAPA (500 m)
Tosi		100% Tipo Subterráneo	14 / 7	Parque Calderon (50 metros), Alcaldía (250 metros)	
Fuentes	Información recopilada de:		Empresa Eléctrica Centrosur	Visita de campo, Goole Maps, Sitio Web	Uso de Google Maps y Google Earth Pro

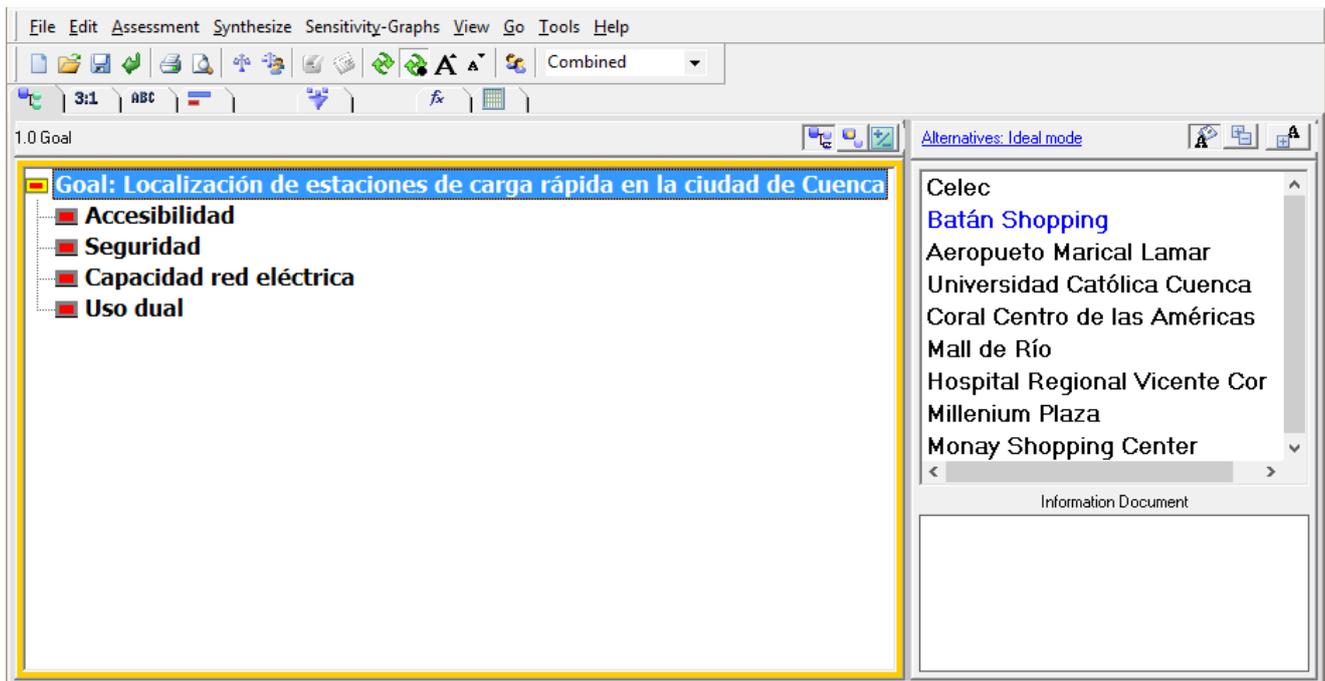
Anexo 7: Tabla de alternativas seleccionadas

Cuadrante	Alternativas	Ubicación	CRITERIOS	ACCESIBILIDAD			SEGURIDAD	CAPACIDAD RED ELÉCTRICA	USO DUAL	
				Infraestructura	Movilidad	Tráfico vehicular	Índice delincuencia	Fiabilidad Técnica	Disponibilidad horaria	Proximidad
				Plazas de parqueo	Transporte público	Saturación vehicular	Tasa hurto a personas	Potencia instalación / Tipo	Horas / días semana	Distancia
C	CELEC	Panamerica Norte, sector Capullispamba	Indicadores	200 plazas	Bus	40%	3704-4753	100% Tipo aéreo	10 / 5	RTV Capullispamba (700 m)
D	Batán shopping	Calle del Batán		500 plazas	Bus, taxis	20%	5804-6852	100% Tipo aéreo	12 / 7	Feria libre (350 metros)
E	Aeropuerto	Av. España		140 plazas	Buses, taxis, tranvía	40%	4754-5803	100% Tipo aéreo	16 / 7	Multiplaza(80 m), PJ (10 m), UPS (140 m)
	Universidad Católica	Av. De lasAméricas y Humboldt sector Basílica		300 plazas	Bus, taxis	40%	6853-7902	100% Tipo aéreo	16 / 6	Parque de la Libertad (400metros), Parque Cristo Rey (700metros)
G	Coral Centro Av. Americas	Av. de las Americas		220 plazas	Bus, taxis, tranvía	40%	5804-6852	100% Tipo aéreo	12 / 7	Diario El Mercurio (150 m), Indurama (350 m)
	Mall del Rio	Av. Felipe II y Autopista		2000 plazas	Bus, taxis	40%	5804-6852	100% Tipo aéreo	12 / 7	Técnico Salesiano (150 m), Mirador Turi (2 km), Campus Artes U Cuenca (800 m), Parque Iberia (450 m)
H	Hospital Regional Vicente Corral Moscoso	Pje. Del Paraiso		200 plazas	Bus, taxis	40%	4754-5803	100% Tipo aéreo	24 / 7	Banco Central (400 m), Paraiso (40 m), Enfermería U Cuenca (50 m), Museo de las Artes del Fuego (400 m)
	Millenium Plaza	Av. José Peralta y Todos Santos		230 plazas	Taxis	20%	4754-5803	100% Tipo aéreo	12 / 7	Función Judicial (10 m), El Vergel (110 m), Parque de la Madre (120 m)
	Monay Shopping	Av. Gonzáles Suárez		700 plazas	Bus, taxis	40%	4754-5803	100% Tipo aéreo	12 / 7	Gran Aki (700 m), IESS (1,2 km)

Anexo 8: Mapa de sectorización: localización de las nueve alternativas de estudio



Anexo 9: Estructuración y representación jerárquica del problema: caso de estudio ciudad de Cuenca.



Anexo 10: Información del grupo de Expertos

Daniel Cordero

Ing. Automotriz y Ph.D. en Ciencias de la Energía, actualmente es director del Centro de Investigación Automotriz (ERGON) de la Universidad del Azuay, ha trabajado en estudios de eficiencia energética en vehículos y dinámica de vehículos.

Efrén Fernández

Ing. Automotriz, Ph.D. En Ingeniería Electrónica, docente investigador del Centro de Investigación Automotriz (ERGON) de la Universidad del Azuay, ha trabajado en proyectos de tracción eléctrica, ingeniería del diseño y semiconductores.

Luis González

Ing. Eléctrico, Ph.D. en Electrónica y Control; es investigador Prometeo del Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad de Cuenca. (DEET) y ha desarrollado estudios en torno a electrónica de potencia, control de procesos e instrumentación.

Daniel Orellana

Biólogo y Especialista en Sistemas de Información Geográfica, PhD en Geoinformación; es miembro del departamento LlactaLab de la Universidad de Cuenca y actualmente conduce proyectos de investigación sobre ciudades sustentables, con énfasis en la movilidad no motorizada.

Adriana Quezada

Arquitecta, Máster en Ciencia y Tecnología de la Sostenibilidad, investigadora de LlactaLab de la Universidad de Cuenca; ha trabajado en estudios multidisciplinarios de asentamientos humanos y su interés está enfocado al estudio del entorno construido y su influencia en el comportamiento humano.

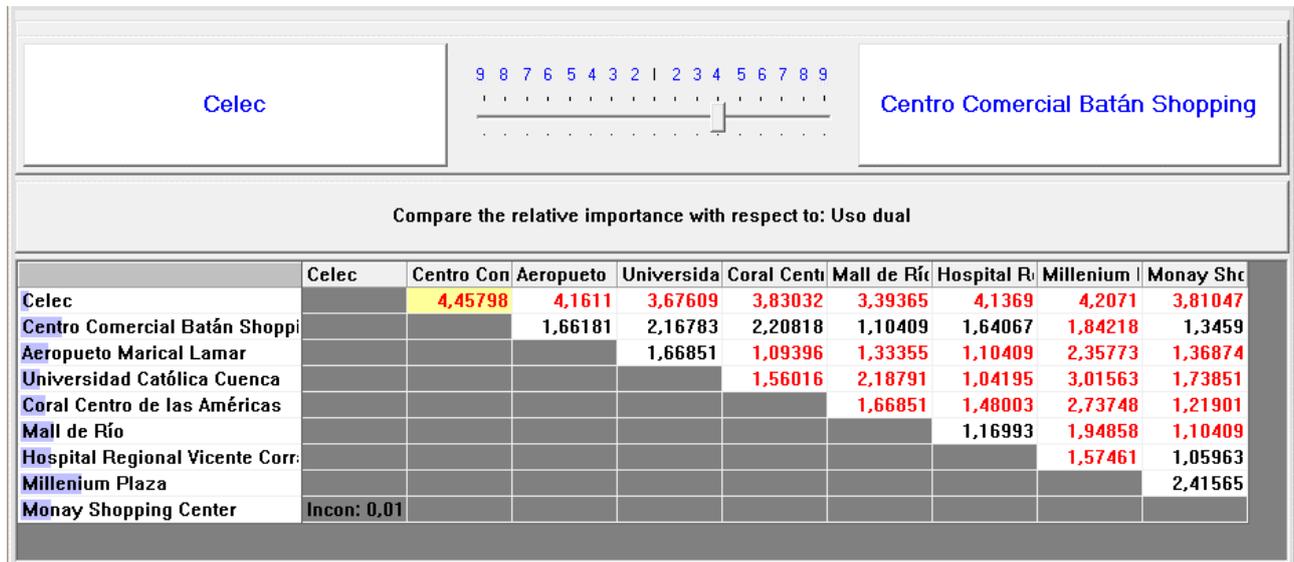
Isabel Carrasco

Arquitecta, Máster en Arquitectura y Diseño Urbano; investigadora de LlactaLab de la Universidad de Cuenca, su trayectoria está enfocada en el estudio de las trayectorias de desarrollo de las ciudades contemporáneas a través del mapeo y visualización de datos.

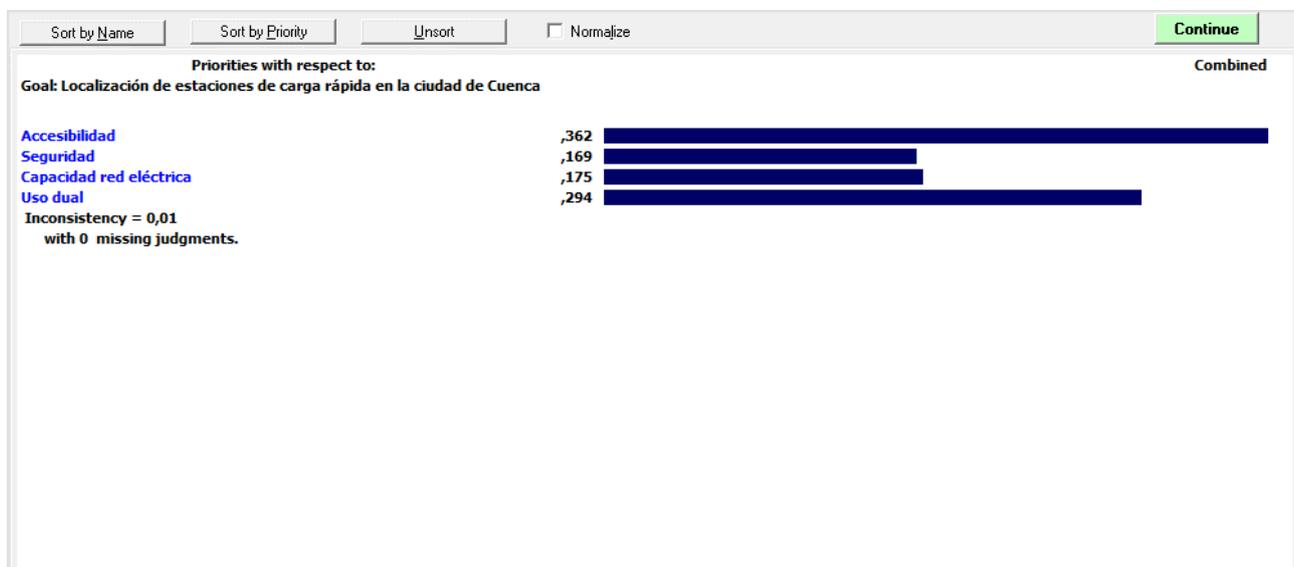
Christian Rodas

Ing. en Sistemas; actualmente es Jefe del Departamento de Sistemas en el Consejo de Seguridad de Cuenca; ha trabajado en el procesamiento de información y estadísticas en torno a la seguridad en el cantón Cuenca.

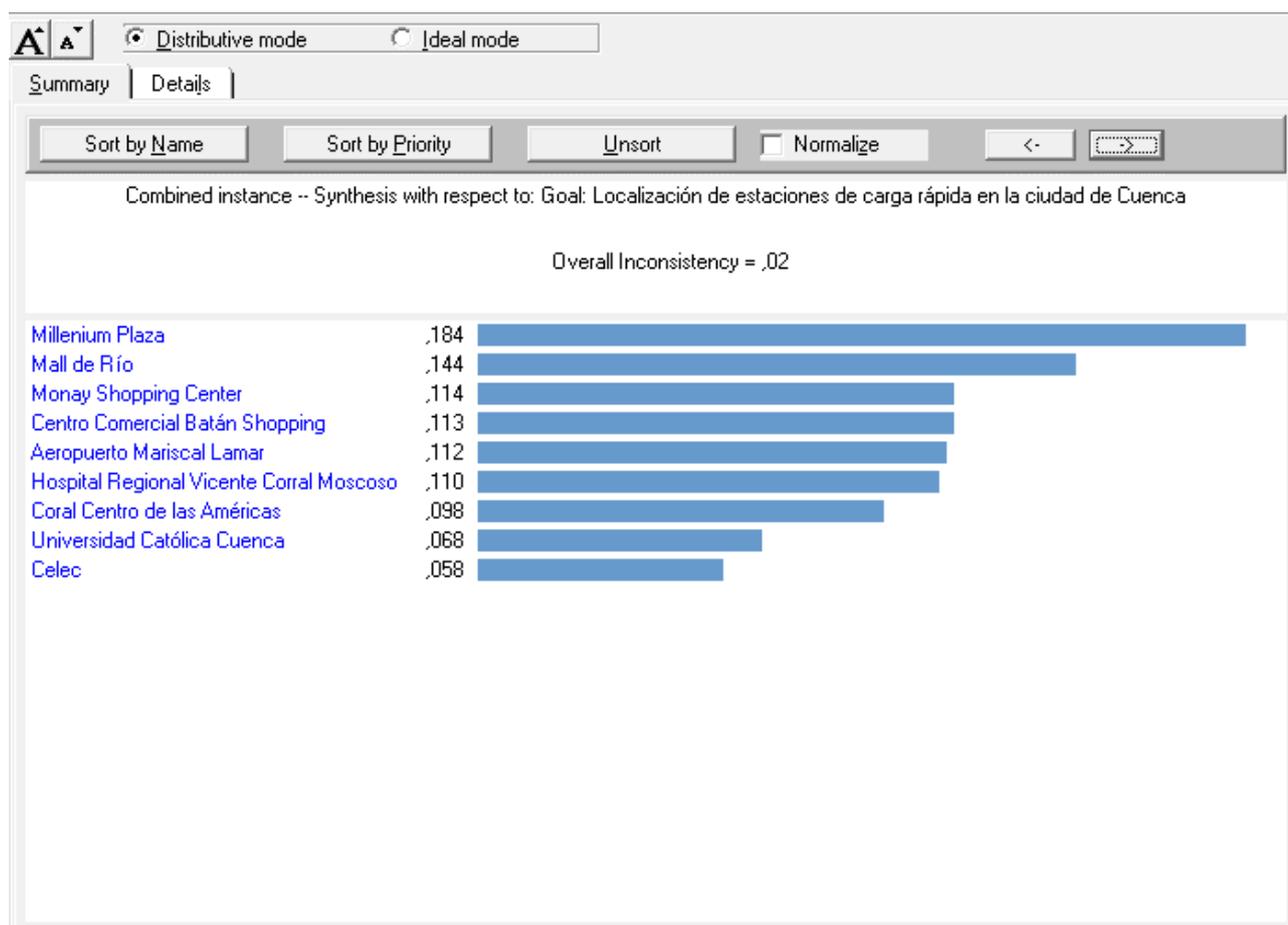
Anexo 15: Resultados: matriz combinada de comparación de las alternativas con respecto al criterio uso dual.



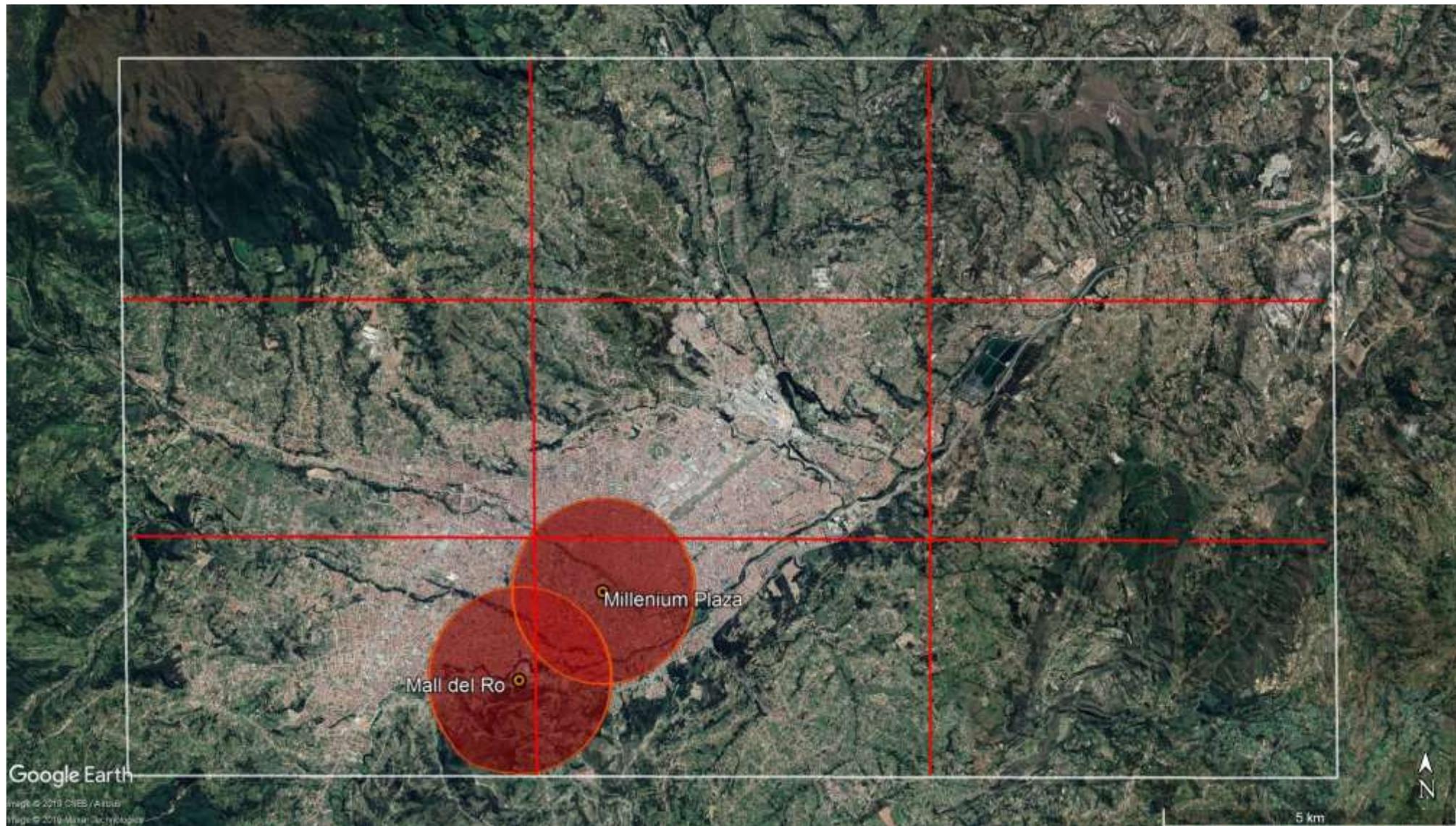
Anexo 16: Resultados priorización de los resultados



Anexo 17: Resultado síntesis de resultados.



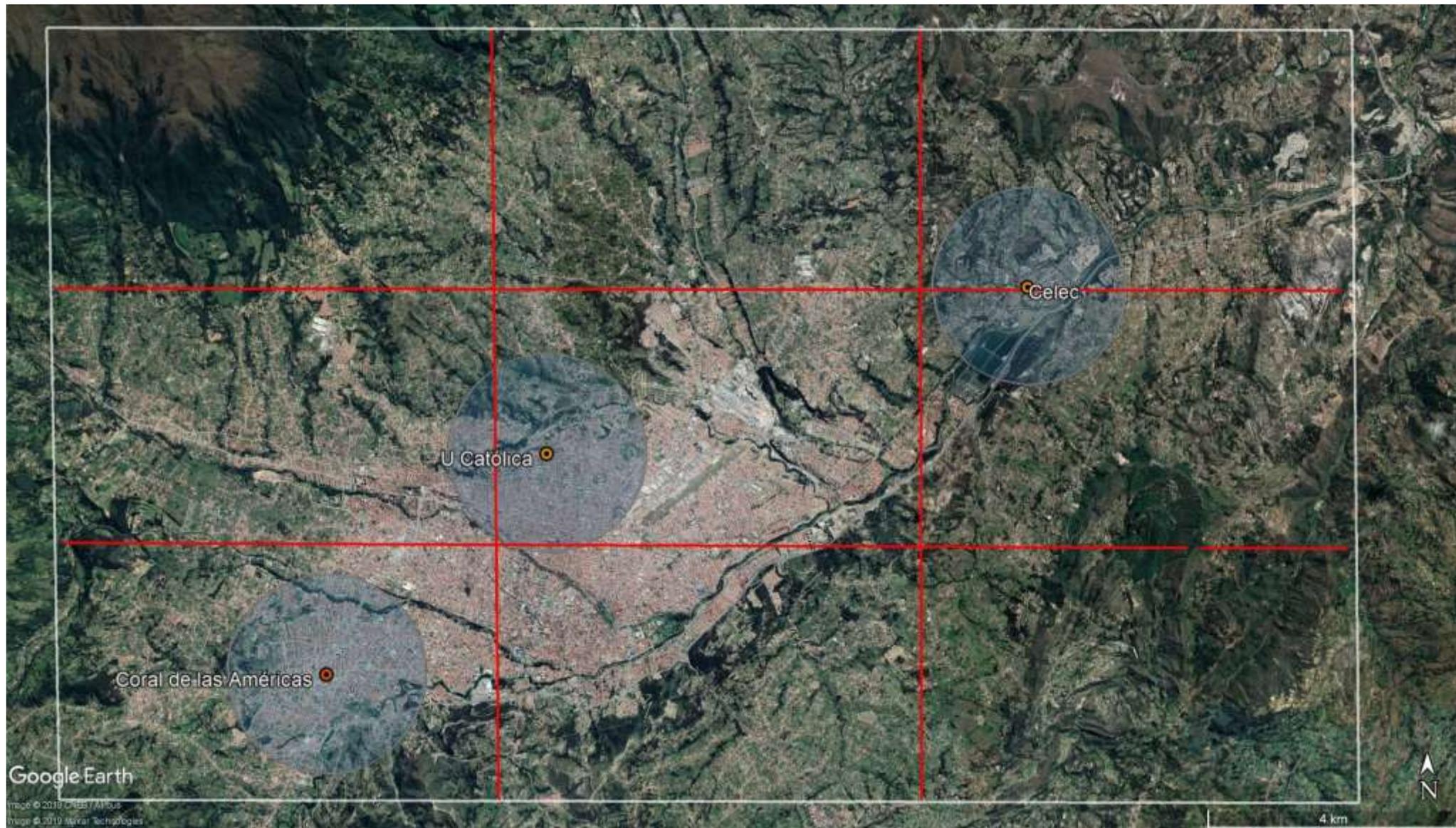
Anexo 18: Mapa de cobertura de las alternativas: Millenium Plaza y Mall del Río.



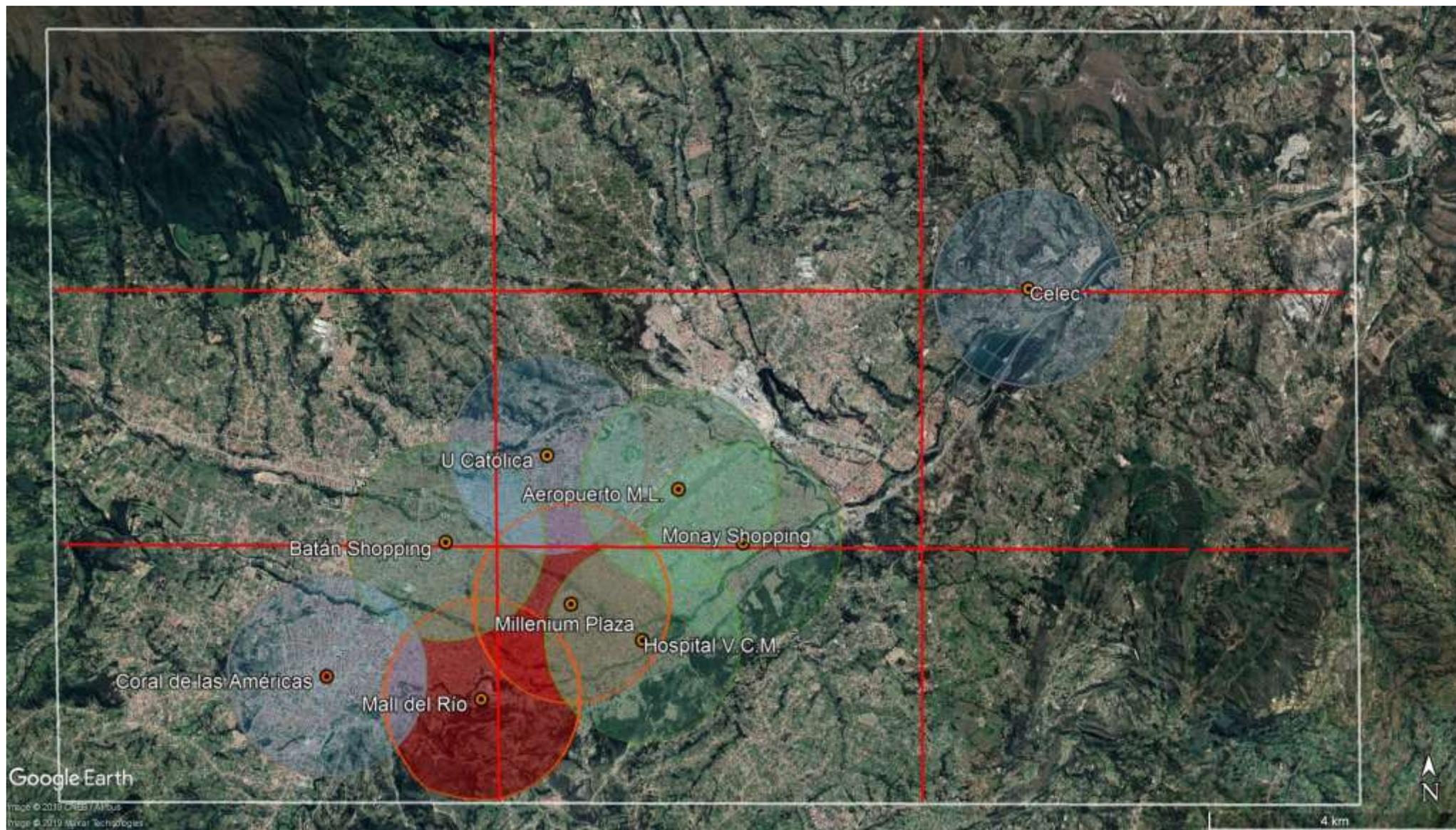
Anexo 19: Mapa de cobertura de las alternativas: Batán shopping, Monay shopping, Aeropuerto y Hospital regional.



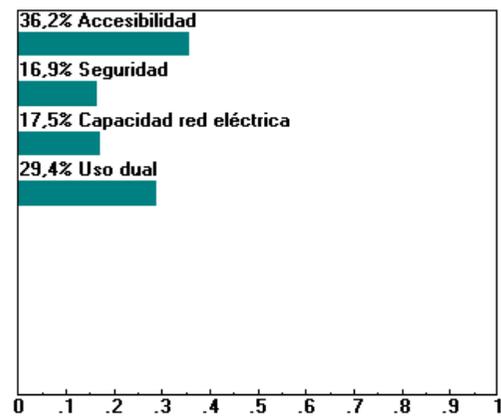
Anexo 20: Mapa de cobertura de las alternativas: Coral de las Américas, Universidad Católica, Celec.



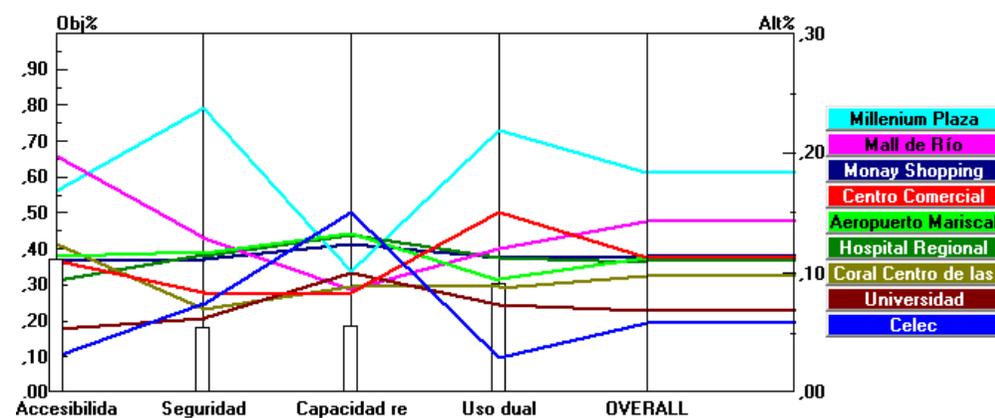
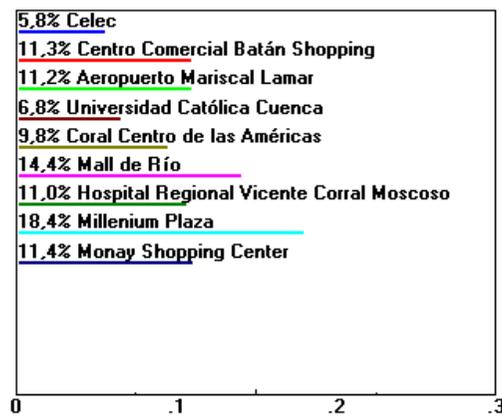
Anexo 21: Mapa del área de cobertura de las nueve de las alternativas.



Anexo 22: Resultados del análisis de sensibilidad: Escenario 1.

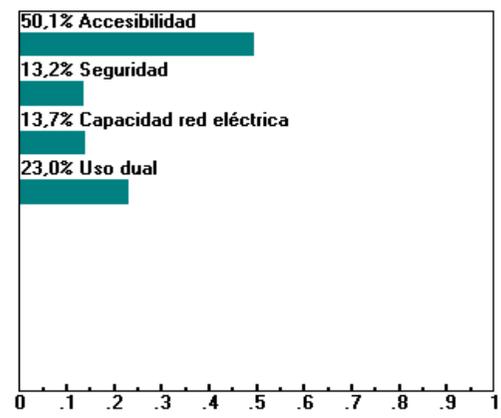


A: Gráficas de sensibilidad dinámica

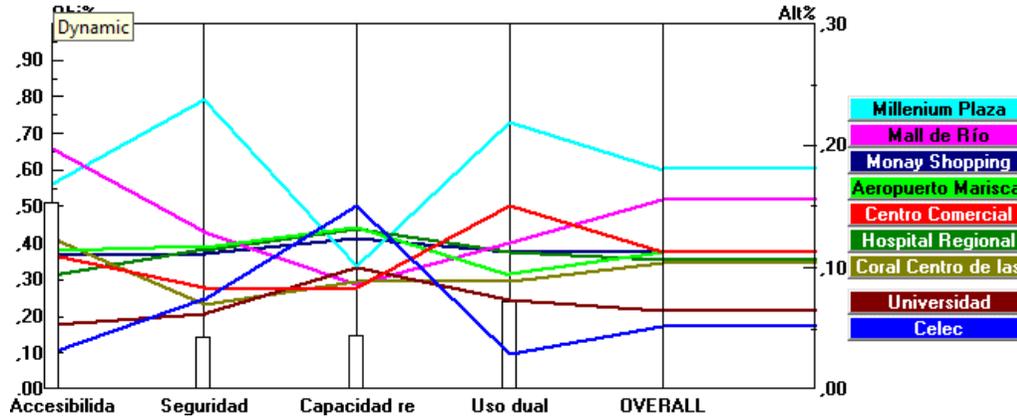
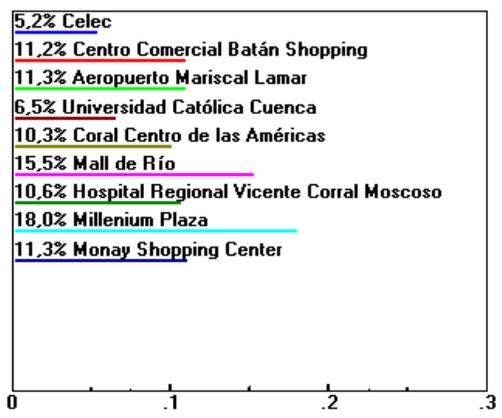


B: Gráficas de sensibilidad de rendimiento

Accesibilidad 50%



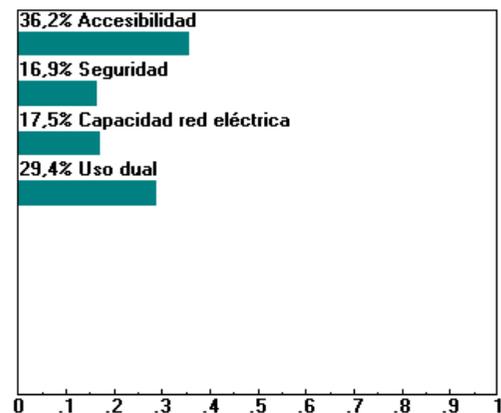
A 1: Gráficas de sensibilidad dinámica con variación al 50% "Accesibilidad"



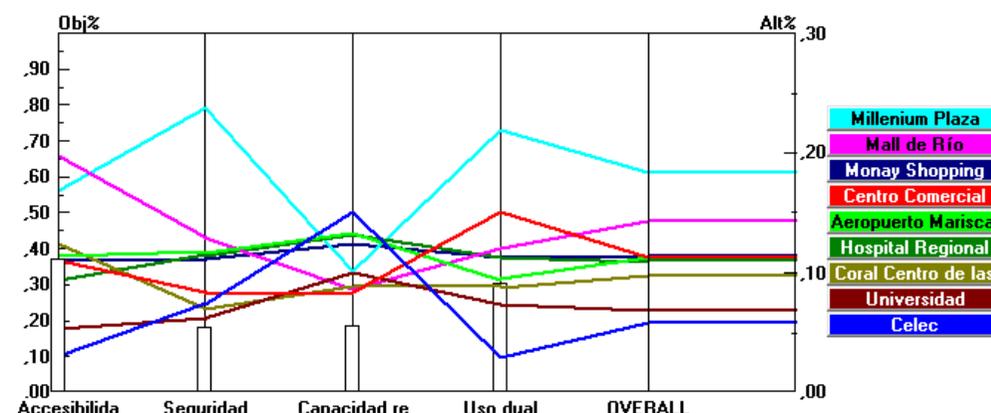
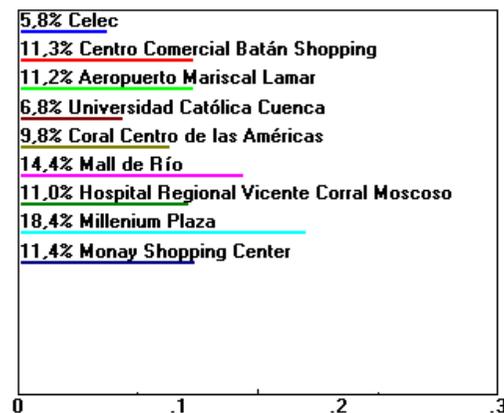
B 1: Gráficas de sensibilidad de rendimiento con variación al 50% "Accesibilidad"

Nota: Las gráficas de sensibilidad dinámica y rendimiento A y B representan los resultados del estudio o síntesis de resultados. Mientras A1 y B1 corresponde al Escenario 1: variación del 50% en la prioridad del criterio "Accesibilidad".

Anexo 23: Resultados del análisis de sensibilidad: Escenario 2.

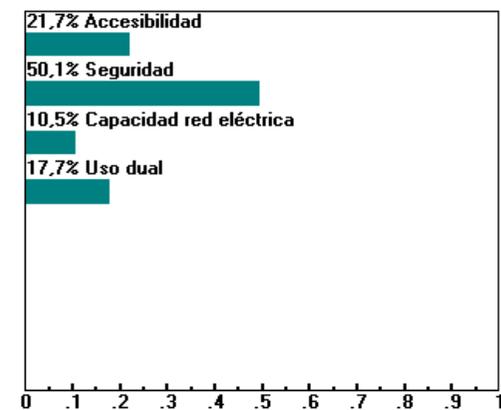


A: Gráficas de sensibilidad dinámica

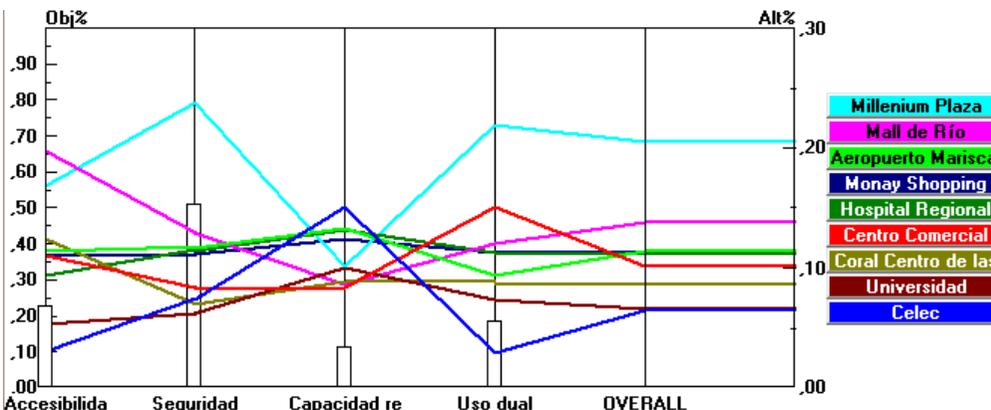
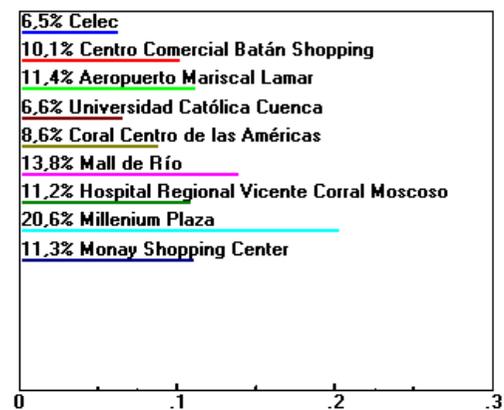


B: Gráficas de sensibilidad de rendimiento

Seguridad 50%



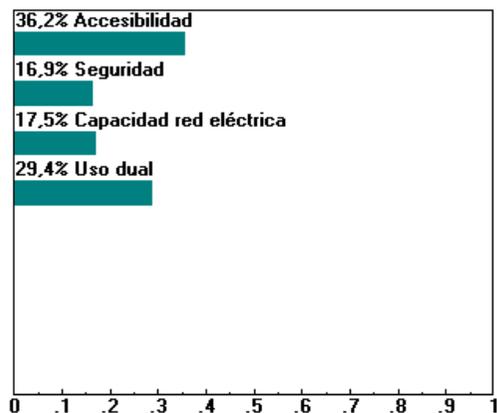
A 1: Gráficas de sensibilidad dinámica con variación al 50% "Seguridad"



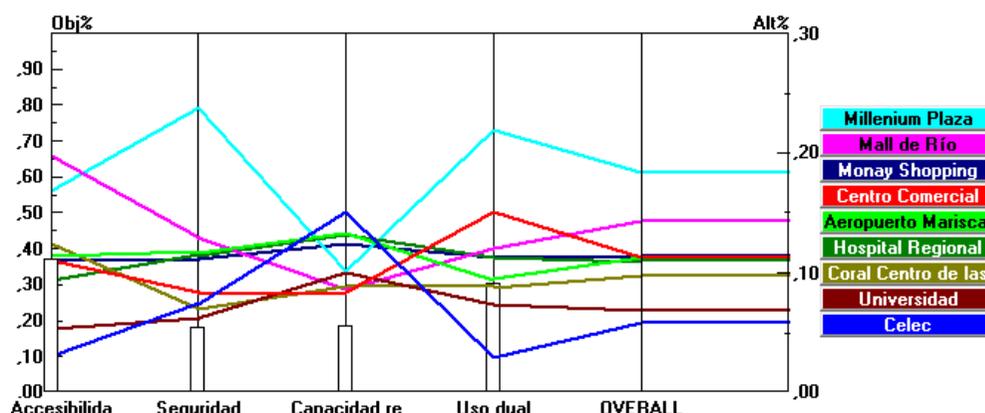
B 1: Gráficas de sensibilidad de rendimiento con variación al 50% "Seguridad"

Nota: Las gráficas de sensibilidad dinámica y rendimiento A y B representan los resultados del estudio o síntesis de resultados. Mientras A1 y B1 corresponde al Escenario 1: variación del 50% en la prioridad del criterio "Seguridad".

Anexo 24: Resultados del análisis de sensibilidad: Escenario 3.

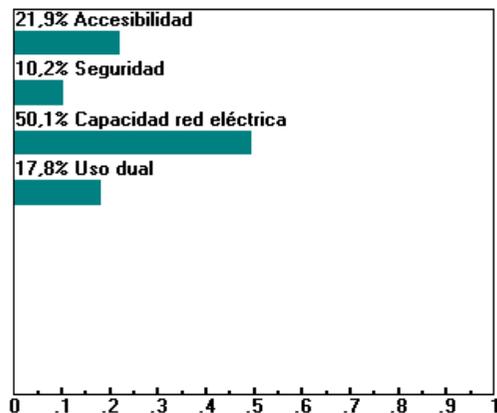


A: Gráficas de sensibilidad dinámica

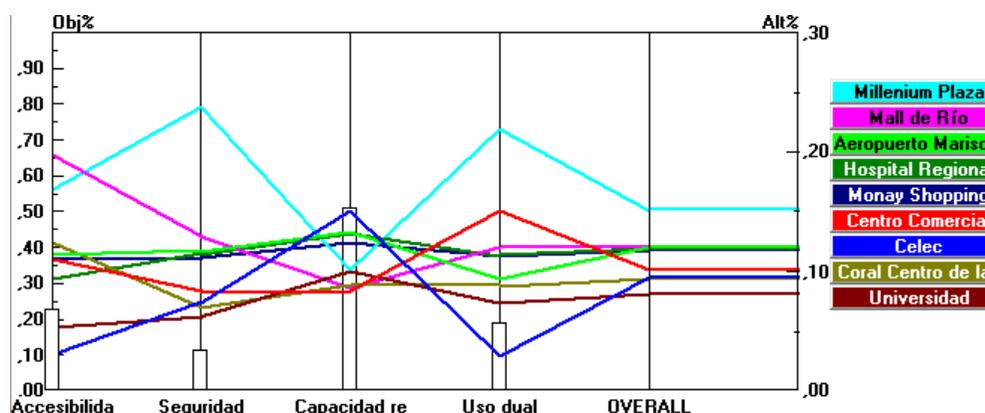
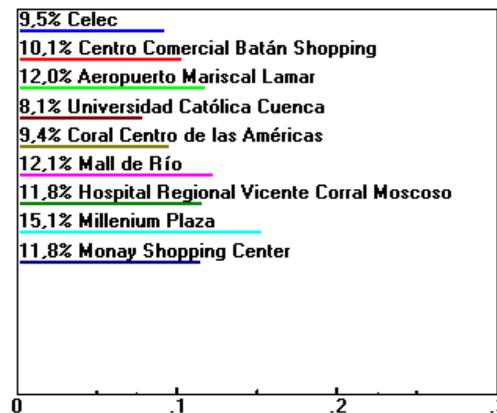


B: Gráficas de sensibilidad de rendimiento

Potencia de red 50%



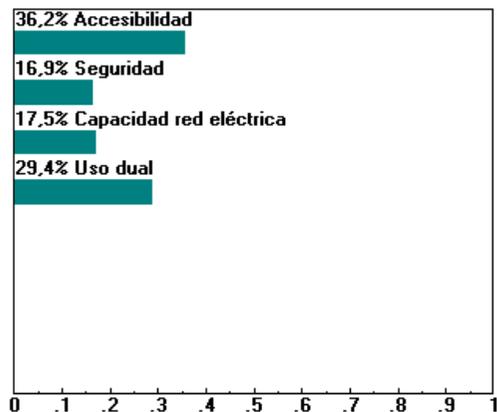
A 1: Gráficas de sensibilidad dinámica con variación al 50% "Potencia de red"



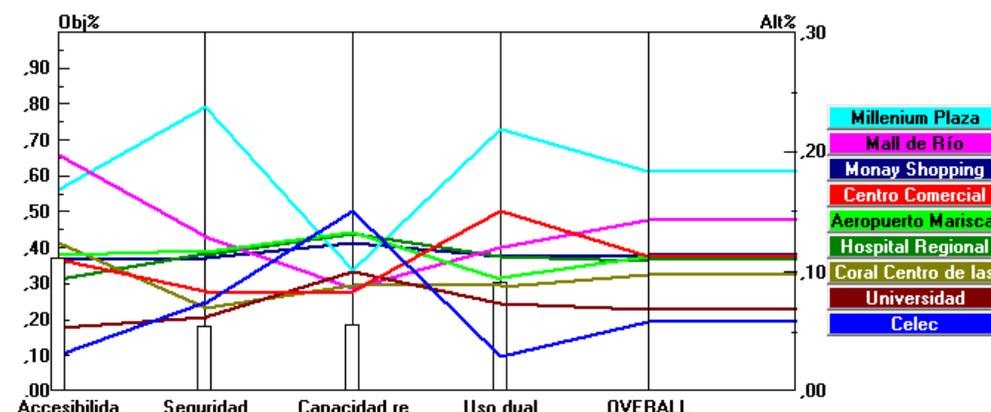
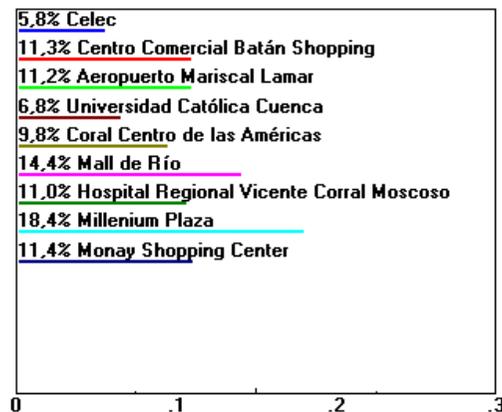
B 1: Gráficas de sensibilidad de rendimiento con variación al 50% "Potencia de red"

Nota: Las gráficas de sensibilidad dinámica y rendimiento A y B representan los resultados del estudio o síntesis de resultados. Mientras A1 y B1 corresponde al Escenario 1: variación del 50% en la prioridad del criterio "Potencia de red".

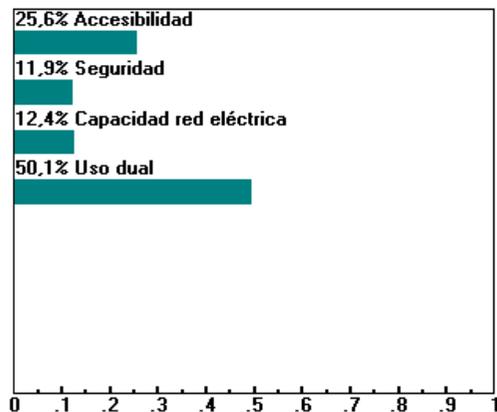
Anexo 25: Resultados del análisis de sensibilidad: Escenario 4.



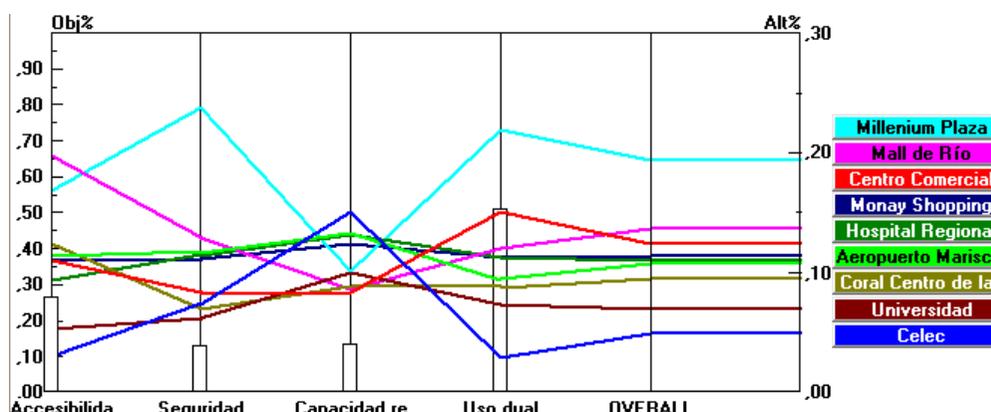
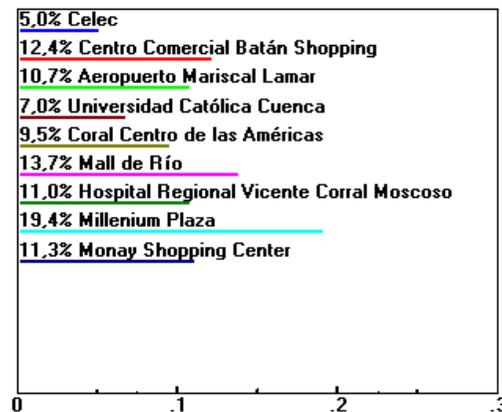
A: Gráficas de sensibilidad dinámica



B: Gráficas de sensibilidad de rendimiento



A 1: Gráficas de sensibilidad dinámica con variación al 50% "Uso Dual"



B 1: Gráficas de sensibilidad de rendimiento con variación al 50% "Uso Dual"

Nota: Las gráficas de sensibilidad dinámica y rendimiento A y B representan los resultados del estudio o síntesis de resultados. Mientras A1 y B1 corresponde al Escenario 1: variación del 50% en la prioridad del criterio "Uso Dual"

