

CAPITULO 4

DETERMINACIÓN DEL ALTERNATIVAS PARA EL NUEVO RELLENO SANITARIO

4.1 CRITERIOS DE LOCALIZACIÓN DE LA ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY USA - EPA

El objetivo del documento publicado por la EPA es proporcionar a los responsables de la ubicación, diseño y operación de los rellenos sanitarios no un modelo sino un marco de referencia que es conveniente tomar en cuenta, adaptándolo a las condiciones socioeconómicas y ambientales de cada país o región, de tal manera que se mejore la gestión de los residuos sólidos.

El reglamento sobre residuos sólidos de la EPA se encuentra en el Volumen 40 del "Federal Register", en las Partes 240 a 259 , en las que la parte 258 corresponde a los Criterios para rellenos de residuos sólidos municipales. La parte 258 fue promulgada por la EPA a fines de 1992. La OPS consciente de la importancia de los cambios introducidos y del interés de los especialistas en residuos sólidos de Latinoamérica y el Caribe, elaboró en 1991 una versión preliminar de este documento en que presentaba la propuesta de la EPA. Dos años después, a raíz de la promulgación de las normas definitivas, se ha revisado la versión preliminar para publicar la versión definitiva de este documento.

El procedimiento seguido para la promulgación de la parte 258 llevó varios años, e incluyó la recopilación de información de aproximadamente de 6000 rellenos existentes en los Estados Unidos, su análisis, la elaboración de una propuesta normativa, su discusión con grupos técnicos y público interesado, para llegar finalmente a su publicación.

CRITERIOS DE UBICACIÓN

Para llevar a cabo la disposición final de los residuos sólidos domiciliarios mediante el método de Relleno Sanitario, la selección del terreno adecuado para su ejecución es uno de las etapas más importantes que preceden a la elaboración del proyecto. Determinar si el área puede ser utilizada con el fin de disponer los residuos con esta tecnología, requiere hacer un análisis que contempla los siguientes aspectos:

SocioEconómicos:

- Infraestructuras relevantes
- Distancia del área de procedencia de los desechos
- Caminos de acceso
- Propiedad del terreno en cuestión (valor, propiedad municipal o privada)
- Centros Poblados
- Dimensiones del terreno

Ambientales:

- Uso actual del suelo
- Uso potencial del suelo
- Tipo de Suelo
- Protección de cuerpos de agua
 - Llanuras de Inundación
 - Presencia de áreas húmedas

- Depósitos de agua
 - Aspectos Climáticos
 - Dirección del viento
 - Precipitación
 - Temperatura y Humedad
 - Flora y Fauna
- Técnicos:
- Topografía del terreno
 - Estabilidad Estructural
 - Condiciones sísmicas
 - Presencia de fallas geológicas
 - Zonas de Deslizamiento
 - Zonas con actividad volcánica
 - Estructura y composición del suelo
 - Litología
 - Permeabilidad
 - Textura del Suelo
 - Existencia de material apropiado para la cobertura
 - Volumen de basura

4.1.1. ASPECTOS ECONOMICOS

4.1.1.1 INFRAESTRUCTURAS RELEVANTES

A)AEROPUERTOS ESTANDAR

Todo relleno sanitario nuevo, existente o ampliaciones de rellenos existentes , deberán encontrarse a no menos de 3000 metros del final de la pista de todo aeropuerto utilizado por aviones con motores turbo jet, y a no menos de 1500 metros del final de la pista de todo aeropuerto utilizado sólo por aviones con motores del tipo pistón, de tal manera que el relleno no suponga un peligro para las aeronaves debido a la presencia de aves. Las distancias deberán ser determinadas a partir del final de la pistas de vuelo.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

Las operaciones que se realizan dentro de un relleno sanitario, tienen un efecto significativo en el incremento de las colisiones entre aves y aeronaves. Esto se debe principalmente a que las aves pueden sentirse atraídas hacia los rellenos sanitarios, debido a la necesidad de satisfacer sus demandas de agua, alimento o nidos. Aves de rapiña tales como estorninos, cuervos, buitres, y gaviotas, son las más comunes asociadas a las actividades de un relleno sanitario.

B) OTRAS ESTANDAR

Todo relleno sanitario nuevo, existente o ampliaciones de rellenos existentes deberán estar localizados a no menos de 100 metros de infraestructuras correspondientes a oleoductos, poliductos, y similares.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

Las operaciones tanto de preparación del terreno, así como las que se realizan durante la operación del relleno sanitario, requiere en su gran mayoría de la remoción de grandes cantidades de tierra, y dependiendo del tipo de relleno a efectuarse, requerirá de constantes

excavaciones. Esto puede afectar de manera significativa a la estabilidad de estructuras como oleoductos, poliductos y otros que sean exteriores o subterráneos.

4.1.1.2 DISTANCIA DEL ÁREA DE PROCEDENCIA DE LOS DESECHOS

ESTANDAR

Todo relleno sanitario nuevo, existente o ampliaciones de rellenos existentes deben estar a una distancia de entre 5 y 10 Km. del lugar de generación o procedencia de los desechos sólidos, si no es posible esta distancia, es factible ubicarlo en valores que oscilen entre 10 y 40 Km. de distancia; una distancia mayor a esa no se recomienda por el incremento de costos que ello significaría.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

El transporte de los desperdicios desde la fuente o centro de acopio hacia el sitio de disposición final es un factor importante para decidir la ubicación del sitio ya que influye directamente en los costos asumidos por la autoridad local.

El **tiempo útil** de los colectores de residuos sólidos, se refiere al tiempo gastado en la recolección ya que para la evaluación de costos, no se considera el tiempo consumido en el transporte y disposición de residuos sólidos. La reducción de este tiempo perdido podría proporcionar una mayor capacidad de los camiones y la consecuente reducción de vehículos y mano de obra en operación para una misma cantidad recolectada.

Además, el paso de estos vehículos impacta al medio ambiente por el arrastre y levantamiento de material particulado especialmente en aquellos caminos que no tienen pavimento, provocando que la vegetación y las viviendas reciban en su superficie el polvo levantado. Además impacta por la emisión de ruido y los gases que alcanzan su mayor relevancia en las horas pico de llegada. Algunas veces la congestión vehicular del relleno sanitario es muy grande.

Así, un sitio de disposición más cercano permitiría la reducción del tiempo perdido, disminuyendo el costo global del sistema de recolección y minimizando el impacto al medio.

4.1.1.3 CAMINOS DE ACCESO

ESTANDAR

Todo relleno sanitario nuevo, existente o ampliaciones de rellenos existentes, no deben estar a una distancia mayor a 5 km de una vía de primer orden o a una distancia no mayor a 600 metros de caminos de segundo y/o tercer orden, así como podrá localizarse a una distancia no mayor a 500 metros de vías férreas. (Cantwell, 1999- Alen A.,2000)

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

La cercanía a vías de acceso representa una ventaja en cuanto a la disposición de desechos se refiere, esto debido a que la ausencia de un camino de acceso a una zona potencialmente apta, implicaría la apertura de caminos nuevos, que a su vez devendría en costos para la municipalidad. Además la cercanía de caminos hacia el sitio de disposición, agiliza el proceso colocación de los desechos sobre el área escogida, influyendo nuevamente en los costos.

4.1.1.4 PROPIEDAD Y VALOR DEL TERRENO

La propiedad del terreno es un factor relevante en la medida que puede facilitar o dificultar el acceso al sitio seleccionado, puesto que la tenencia de la tierra puede generar conflictos debido a la oposición de los propietarios. Es recomendable que el terreno que se seleccione, de ser posible, sea de propiedad municipal caso contrario deberá seleccionarse un terreno cuya negociación sea factible y represente una inversión aceptable para la municipalidad.

Los factores económicos para la ubicación de un RS están basados en tres áreas: adquisición, desarrollo y operación. Los costos de capital asociados con la adquisición del terreno para el RS, deben ser ajustados por el capital invertido puesto en el proyecto a fin de que el sitio seleccionado sea aprobado. Sin embargo el valor de la tierra es muy importante hablando económicamente, puesto que existen aspectos socio-políticos y ambientales inmersos dentro de este proyecto.

4.1.1.5 CENTROS POBLADOS

ESTANDAR

Todo relleno sanitario nuevo, existente o ampliaciones de rellenos existentes deberán encontrarse a más de 300 m de cualquier vivienda o local habitable y a más de 500 m, de toda población o grupo de viviendas, de establecimientos tales como: los de atención de la salud, educacionales, carcelarios y de fabricación de alimentos.

Las distancias a que se hacen referencia en el párrafo anterior deberán ser medidas a partir del menor perímetro del área que comprenda el sector en donde se dispondrán los residuos y de toda instalación anexa al relleno sanitario capaz de generar olores, tal como es el caso de plantas de tratamiento de lixiviados, zonas de lavados de camiones, zona de pesajes.

4.1.1.6 DIMENSIONES DEL TERRENO

Los cálculos realizados en el capítulo anterior, señalan que las dimensiones requeridas para alojar al nuevo relleno corresponden a **4100 m²**, incluidas las áreas para disposición de desechos e infraestructura adicional para su mejor administración.

4.1.2. ASPECTOS AMBIENTALES

4.1.2.1 USO ACTUAL DEL SUELO

ESTANDAR

Todo relleno sanitario nuevo, existente o ampliaciones de rellenos existentes no podrán localizarse en áreas con plantaciones ni en zonas cultivadas. El relleno sanitario se ser posible, debe ubicarse en Zonas desiertas / salinas o Pastizales/ tierras sin cultivar. No obstante es importante ajustar estas propuestas a la realidad local.

También se excluyen en este sentido a aquellas áreas de interés arqueológico, histórico, paleontológico, militar, cultural y religioso. El cantón Quero “no ha determinado Áreas Protegidas ecológicas hasta la presente”.¹⁶

¹⁶ Plan Vial Cantonal, Ilustre Municipalidad Del Canton Santiago De Quero - Unidad De Caminos Vecinales

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

El uso actual del suelo describe la importancia económica del sitio. Entre menor sea la importancia económica, mayor será la conveniencia de situar el relleno sanitario en ese sector.

4.1.2.2 USO POTENCIAL DEL SUELO

ESTANDAR

Las zonas que previamente han sido tomadas en cuenta para planificación por parte de la autoridad local, no deben ser tomadas en cuenta para la ubicación de un relleno sanitario.

Las zonas aledañas a la zona de uso potencial, deberán ser ponderadas en función del uso que se le dará al mismo, dado el caso que se desee tomarlas en cuenta para la ubicación del relleno. Al igual que el ítem anterior, se excluyen para este proceso a las áreas de interés arqueológico, histórico, paleontológico, cultural y religioso

4.1.2.3 PROTECCION DE CUERPOS DE AGUA

a) LLANURAS DE INUNDACION

ESTANDAR

Todo relleno sanitario nuevo, existente o ampliaciones de rellenos existentes no podrán estar ubicados a menos de 30 m. de llanuras de inundación que tengan un período de retorno de 100 años.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

Los llanos de inundación de los ríos, corresponden a las áreas planas adyacentes al canal normal del río. Los planos de inundación con período de retorno de 100 años, representan los depósitos sedimentarios formados por las inundaciones que tienen una probabilidad de ocurrencia de 1 % en un año dado.

La aplicación del estándar evitará que el relleno no sea un obstáculo para el curso natural del flujo, y que tampoco exista la posibilidad de deslaves o erosión que provoquen el arrastre de residuos.

Esta medida puede ser omitida siempre y cuando el proyecto de ingeniería considere medidas para controlar dichos efectos, demostrando que no se está poniendo en peligro la salud o el ambiente por la obstrucción del flujo de la inundación, o por la posibilidad de deslaves o erosión que provoquen arrastre de residuos.

b) TIERRAS HÚMEDAS (PANTANALES, MARISMAS Y SIMILARES)

ESTANDAR

El sitio seleccionado para un relleno sanitario deberá ser seco, no debiéndose construir sobre suelos saturados tales como pantanales, marismas, a menos que el diseño demuestre lo siguiente:

- Que no existe ningún otro sitio alternativo para su ubicación.
- Que la construcción y operación del relleno:
 - Cause o contribuya a la violación de estándares concernientes a la calidad de agua o que viole algún estándar de efluentes tóxicos

- No cause o contribuya a la degradación de estas tierras, demostrando la capacidad del relleno de proteger recursos ecológicos tomando en cuenta los siguientes factores:
 - Erosión, estabilidad y migración potencial de suelos húmedos nativos, y ciénos usados para la construcción del relleno sanitario.
 - El volumen y la naturaleza química de los desperdicios manejados.
 - Impactos en peces, vida silvestre y otros recursos acuáticos y sus habitats desde la deposición de los desechos.
 - Los efectos catastróficos que causaría el mal manejo de los desechos sobre estas zonas y los efectos resultantes en el ambiente.

c) DEPÓSITOS DE AGUA

ESTANDAR

Un nuevo RS, así como unidades de expansión de rellenos existentes, deben estar localizados en lugares que permitan minimizar los impactos en cuerpos de agua. A menos que se incorporen controles específicos en el diseño y manejo del RS, éstos no podrán estar localizados en:

- A 500 m. de instalaciones que suministren agua potable
- Zonas que se encuentren bajo el nivel freático regional (< 2 m. en estación lluviosa)
- Terrenos con un nivel freático muy alto.
- A 300 m de pozos de agua o manantiales.
- A 200 m. de ríos permanentes o canales de agua
- A 30 m. de ríos temporales
- A 300 m. de lagos, lagunas, pantanos permanentes

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

Los cuerpos de agua son los mayores recursos naturales de gran valor económico y ecológico, por lo tanto es de gran importancia su protección.

Los lixiviados de la basura son un gran peligro porque pueden contaminar física, química y biológicamente los acuíferos. Tanto en los botaderos a cielo abierto como en los rellenos sanitarios se producen lixiviados; en los primeros no se ejerce control alguno sobre ellos, y en los segundos, bien operados, pueden tenerse el control sobre los que ahí se producen, en beneficio de los acuíferos y la calidad del agua para consumo humano. Cuando los lixiviados contaminan los acuíferos le confieren al agua características indeseables que se reflejan mediante el aumento de color, olor, sabor y turbiedad debido al incremento en la concentración de componentes de naturaleza orgánica e inorgánica.

Los RS que den servicios a menos de 20.000 habitantes no requerirán de un sistema de monitoreo de calidad de aguas subterráneas. Sin perjuicio de lo anterior, la Autoridad Sanitaria podrá exigir el monitoreo de las aguas subterráneas en aquellos casos en que existan fuentes de agua potable a menos de 1000 metros aguas abajo de la instalación

4.1.2.4 ASPECTOS CLIMÁTICOS

La información y datos sobre las condiciones climáticas que afectan el relleno sanitario y las áreas circundantes deben conocerse, dado que todas ellas tienen una influencia marcada en todos los aspectos que atañen a este método de disposición final de residuos. Las características climatológicas de importancia incluyen la intensidad y dirección de los vientos predominantes, precipitaciones pluviales y temperatura.

a) DIRECCIÓN DE LOS VIENTOS

La dirección predominante de los vientos, puede afectar a la población cercana al relleno sanitario, puesto que toda vivienda dentro de una distancia de 1 km es vulnerable a la contaminación del aire por efecto de las operaciones del relleno. Las zonas dentro del rango 0.1 a 0.5 Km. son muy vulnerables y su afectación es moderada, las áreas a menos de 0.1 Km. de distancia tienen una afectación grave.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

La descomposición de la materia orgánica presente en los residuos sólidos genera una serie de gases que deben ser evacuados de manera controlada. De lo contrario, estos gases pueden originar problemas en las viviendas cercanas y eventualmente incendios en el RS. Además la acción intensa de los vientos hace necesaria la construcción de defensas que detengan los materiales livianos que se encuentran en los residuos dispuestos o los residuos a disponer.

Así, conocer la intensidad y dirección de los vientos predominantes es importante para prevenir la posibilidad de problemas potenciales relacionados con el olor, polvo y residuos livianos que pueden ser dispersados por el viento.

b) PLUVIOSIDAD

ESTANDAR

Toda ubicación de un relleno sanitario nuevo, existente o ampliaciones de rellenos existentes deben tomar en cuenta la precipitación anual media. Zonas con precipitaciones anuales mayores a 2500 mm. se consideran como malas para un RS, entre 1500 mm. y 2500 mm. regular, 800 mm. y 1500 mm. buena, 250 mm. y 800 mm. ideal; y zonas menores a 250 mm/año, excelentes; no obstante estas consideraciones deben ser ajustadas a la realidad local.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

La precipitación pluvial siempre constituye uno de los inconvenientes máximos en todo Relleno Sanitario, por cuanto ésta influye directamente en la generación de lixiviados y consecuentemente en la contaminación de cuerpos de agua.

La lluvia influye en los fenómenos biológicos y químicos que suceden en los residuos sólidos activando la fermentación y las reacciones. Además de esto, el agua puede transportar contaminantes disueltos o no, escurriéndose superficialmente o infiltrándose en el suelo debido a la relación directa con el escurrimiento de las aguas, tanto de la superficie del módulo, como la de los caminos de circulación, sistema de drenaje para el escurrimiento, influencia en la generación de lixiviado, tránsito de los camiones dentro y fuera del relleno, etc.

Además los largos períodos de lluvias causan grandes problemas en el desplazamiento y maniobra de los camiones recolectores, en tanto que durante temporada de sequías la circulación de vehículos produce polvos, que deben evitarse para evitar problemas a los trabajadores.

c) TEMPERATURA Y HUMEDAD

ESTANDAR

Todo relleno sanitario nuevo, existente o ampliaciones de rellenos existentes, de ser posible, no debe someterse a condiciones extremas de temperatura y humedad.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

Las altas temperaturas, favorece la fermentación de los residuos y dada su composición, rica en contenidos orgánicos, llega a producir fenómenos de autocombustión y olores desagradables, que se evita con la cobertura sistemática de los sólidos dispuestos con tierra.

La humedad relativa por su parte, si es baja, favorece el proceso de evaporación del agua de la materia orgánica y el agua que forma parte de los lixiviados. De esta manera disminuye el volumen de lixiviados, pero se secan los residuos, aumentando el riesgo de autocombustión

4.1.2.5 FLORA Y FAUNA

ESTANDAR

Todo relleno sanitario nuevo, existente o ampliaciones de rellenos existentes deben minimizar el impacto sobre la flora y fauna, particularmente en aquellos sitios que previamente han sido objeto de pequeños impactos.

La ubicación del relleno no podrá llevarse a cabo en las siguientes zonas:

- Hábitats únicos, bosques, zonas cercanas a parques nacionales con belleza escénica, áreas protegidas y zonas que previamente fueron usadas como rellenos sanitarios.
- Zonas que alberguen especies en peligro de extinción y comunidades ecológicas

El relleno sanitario, podrá llevarse a cabo de preferencia en suelos desnudos o en zonas con un porcentaje menor al 40% de vegetación arbustiva.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

Cualquier dato existente acerca de la flora y fauna presente en el sitio y las zonas circundantes, debe ser tomado en cuenta a fin de determinar la abundancia, distribución y estado de conservación de las especies en el sector.

Las actividades de preparación del terreno para la implantación del terreno sanitario, deben estar encaminadas a minimizar la destrucción del hábitat de flora y fauna, así como reducir al máximo posible la exposición del suelo y erosión.

En cuanto al relleno mismo y su infraestructura, éstas deben ser diseñadas de tal manera que minimice el riesgo de introducción de especies dañinas al entorno circundante, y en lo que concierne a la operación del relleno, éste debe realizarse de tal forma que no reduzca las fuentes de alimentación para las especies circundantes y en zonas donde causen impacto en especies amenazadas.

4.1.2.6 TIPO DE SUELO

ESTANDAR

Todo relleno sanitario nuevo, existente o ampliaciones de rellenos existentes deben minimizar el impacto que provocaría la implantación del mismo sobre suelos con aptitud agrícola.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

Dado que el 75% de la población de Quero se dedica a la actividad agrícola, se ha considerado que los suelos son un recurso muy importante a conservar. Expertos edafólogos¹⁷, junto con el personal que elaboró la información geofísica para el SIC de Quero, concluyeron que los suelos más aptos para la ubicación de un RS son los suelos tipo C (erosionados y severamente erosionados) y los suelos tipo J (arenosos, provenientes de ceniza volcánica). Los demás suelos deben eximirse de esta aplicación, a fin de evitar dañar suelos que son idóneos para actividades agrícolas.

4.1.3 ASPECTOS TÉCNICOS

4.1.3.1 TOPOGRAFÍA DEL TERRENO

ESTANDAR

Se prefiere la construcción del relleno sanitario en terrenos planos o ligeramente inclinados con pendientes que oscilen entre 3 y 12%.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

Acorde a un estudio realizado por la EPA, la producción de aguas lixiviadas puede ser extremadamente alta en rellenos manuales, que van desde los 11.51 m³/(ha*día) en zonas con precipitaciones de 700 mm/año, hasta 49.32 m³/(ha*día) en zonas con 3000 mm/año.

La minimización de las aguas lixiviadas es especialmente importante para rellenos manuales sujetos a precipitaciones elevadas, ya que es difícil el tratamiento de una cantidad muy alta de aguas lixiviadas que se pueden generar. Una buena medida es no construir el relleno en áreas completamente planas o en trincheras, pero sí en terrazas o sobre un terreno ligeramente inclinado para que una parte de las aguas de lluvia pueda desaguar en la superficie, sin percolar al cuerpo de basura.

Además, en la construcción del relleno, se deben tomar en consideración dos tipos de inclinación: La inclinación del terreno, si se hace el relleno en un área inclinada (como en una quebrada seca), y la inclinación del talud del cuerpo de basura.

Existen dos criterios importantes para optimizar la inclinación del talud. Si el talud es muy inclinado, el volumen disponible crece proporcionalmente, pero baja la estabilidad del cuerpo de basura y, por consecuencia, hay más peligro de caídas del material.

En un país con alta influencia sísmica, como es el Ecuador, la estabilidad del cuerpo de basura es especialmente importante. Si se construye un relleno sobre un terreno inclinado, son válidos los mismos principios para la estabilidad de ese terreno. No se debe utilizar un terreno demasiado inclinado para no arriesgar la seguridad estática del cuerpo de basura que podría caerse completamente o parcialmente.

La presencia de fuentes bajo el cuerpo de basura o un drenaje insuficiente aumentaría ese riesgo. Además, es casi imposible hacer una compactación apropiada sobre un terreno sumamente inclinado.

¹⁷ Ing. Geólogo Jorge Acosta, Departamento de Geomática –CLIRSEN. Ing. Edafólogo Néstor Espinosa-CLIRSEN

4.1.3.2 ESTABILIDAD ESTRUCTURAL

Todo relleno sanitario nuevo, existente o ampliaciones de rellenos existentes, no se deberán estar localizados en sitios que puedan afectar su estabilidad estructural, debiendo cumplir el sitio con los siguientes requerimientos:

- a) no estar sobre fallas geológicas activas,
- b) no estar expuesto a condiciones sísmicas adversas
- c) no estar en zonas de riesgo de deslizamientos
- d) no estar ubicado en zonas en riesgo de actividad volcánica

a) PRESENCIA DE FALLAS GEOLÓGICAS

ESTANDAR

Todo relleno sanitario nuevo, existente o ampliaciones de rellenos existentes, no deben estar a menos de 60 metros de una falla que haya tenido desplazamiento en el Holoceno, o a un intervalo entre 60m. y 2000 m. de una falla activa, a menos que se pueda demostrar que un obstáculo (natural o creado) localizado entre la falla y el relleno, prevendrá el daño a la estructura del relleno y protegerá además a la salud humana y el ambiente.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

Ubicar un relleno sanitario en las cercanías de un área que haya experimentado movimientos por fallas geológicas, tiene peligros implícitos. El movimiento por fallas ocurre en zonas donde las fuerzas geológicas exceden a la habilidad que el material geológico tiene para resistir aquella fuerza, además de estar asociada directamente a movimientos sísmicos, terremotos, deslizamientos, licuefacción del suelo, etc., que afectarían directamente la infraestructura del relleno.

La proximidad a una falla genera peligro en las instalaciones a través de:

- Movimientos a lo largo de la falla que puede causar desplazamiento de las estructuras.
- La actividad sísmica asociada al movimiento por fallas que afecta a las estructuras.
- El movimiento de la tierra puede causar fisuras en el terreno así como fisuras en las pendientes de excavación.

b) CONDICIONES SÍSMICAS

ESTANDAR

Un nuevo relleno sanitario, así como unidades de expansión de rellenos existentes, no deben estar ubicados en zonas de impacto sísmico, a menos que se demuestre que todas las estructuras, incluidas las membranas, drenes de líquidos percolados, sistema de colección de lixiviados, y sistemas de control de aguas superficiales, sean diseñadas para resistir la aceleración máxima horizontal sísmica local.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

Los estudios indican que durante los terremotos, el desmoronamiento superficial y desplazamientos diferenciales tienden a producirse, más que los deslizamientos masivos. Las fuerzas creadas por deslizamientos superficiales pueden afectar los drenes de percolados y las coberturas superficiales, así como los sistemas de recolección de lixiviados, y evacuación de gases. Los movimientos tensionales, pueden fracturar los sistemas de colección de lixiviados que afectarían gravemente al ambiente.

Por lo tanto, al momento de seleccionar zonas para la ubicación de un relleno sanitario, deben evitarse zonas con fallas holocénicas, zonas de potencial movimientos de tierra, y sitios con licuefacción potencial. Si fuera el caso, que se seleccione cualquiera de las zonas antes descritas, los diseños estructurales deben tener la capacidad de soportar la máxima aceleración horizontal del material lítico de producirse un movimiento sísmico.

Para aquellas unidades (rellenos sanitarios) localizadas dentro de áreas cuya aceleración máxima horizontal estimada es mayor a 0.1 g, se debe considerar una evaluación de los efectos sísmicos que se producirían en la estabilidad del suelo, los cimientos y la estabilidad de los desperdicios. Las condiciones que deben ser consideradas incluyen la fase de construcción, de clausura, y cuidados post clausura.

Si aceleración máxima horizontal estimada es menor o igual a 0.1 g, entonces el diseño de la unidad no deberá incorporar evaluación de efectos sísmicos a menos que los cimientos estuvieran situados en un área donde los suelos presenten una potencial licuefacción.

c) ÁREAS INESTABLES Y ZONAS DE DESLIZAMIENTO

ESTANDAR

Todo relleno sanitario nuevo, existente o ampliaciones de rellenos existentes no deben ubicarse en zonas susceptibles a deslizamientos y evitar en lo posible la ubicación de los componentes estructurales en áreas inestables o a su vez, demostrar que los diseños de ingeniería garantizan la estabilidad de sus componentes estructurales. Comprenden áreas inestables: suelos orgánicos, suelos que pierdan fuerza con la compactación o humectación, suelos arenosos.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

La información sobre el peligro de deslizamiento es útil como uno de los muchos componentes del estudio de planificación para la ubicación del relleno sanitario, dado que los deslizamientos pueden afectar adversamente a la operación del relleno, o interferir con ella, puesto que el peligro de deslizamiento restringe o limita la capacidad de uso del terreno. Por esta razón es importante identificar los grados relativos de este peligro muy al comienzo del proceso de planificación. Esto permite a los planificadores determinar el grado de riesgo de deslizamiento que es aceptable o no para el programa de desarrollo.

La interpretación de la ocurrencia de futuros deslizamientos requiere el conocimiento de las condiciones y procesos que controlan los deslizamientos en el área de estudio. Todos estos factores se pueden graficar; sus combinaciones específicas están asociadas con diferentes grados del peligro de deslizamiento. La identificación de la extensión de estas combinaciones en el área que se está evaluando da como resultado un mapa del peligro de deslizamiento.

En cuanto a las áreas inestables, dado el caso que el relleno se ejecute dentro de ellas, los diseños de ingeniería deben garantizar que las estructuras del relleno no se verán afectadas

d) ZONAS DE ACTIVIDAD VOLCÁNICA

La actividad volcánica – por su naturaleza destructiva – significa un riesgo inminente para el relleno sanitario, puesto que las consecuencias de esta actividad recaerían directamente sobre la estructura del relleno, con los subsecuentes efectos sobre el medio circundante.

4.1.3.3 ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DEL SUELO

a) LITOLOGÍA

La barrera geológica es una capa de suelo natural de baja permeabilidad que se encuentra arriba de la primera capa freática. Lo ideal para la construcción de un relleno sanitario es que el terreno disponga de una barrera geológica. Son ideales suelos de:

- Arcilla
- roca desagregada (morrena)
- depósitos aluviales, coluviales o de terrazas
- limo
- terreno margoso

Los rellenos sanitarios no pueden estar localizados en

- Formaciones Kársticas
- Suelos arenosos
- Sustratos sin compactación

b) PERMEABILIDAD

Si el suelo natural tiene una permeabilidad más baja de $k_f = 10^{-6}$ y una espesor de 3 m o más, constituye una buena barrera geológica para un relleno sanitario. El objetivo de preferir un terreno con barrera geológica es:

- Minimizar la cantidad de aguas lixiviadas que se infiltran al suelo, al fin de proteger las capas freáticas.
- Garantizar que la mayoría de los contaminantes se queden en la proximidad del relleno, incluso si se daña la capa mineral.

Generalmente se considera como impermeable un suelo con un factor $k_f < 10^{-8}$ m/s. Lo ideal sería un factor $k_f < 10^{-9}$ m/s.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

La propiedad de una formación acuífera en lo referente a su función trasmisora o de conducto, se denomina permeabilidad, y se define como la capacidad de un medio poroso para transmitir agua. La tabla siguiente muestra la permeabilidad intrínseca acorde al tipo de suelos:

CUADRO N°7
PERMEABILIDAD SEGÚN EL TIPO DE SUELO

MATERIAL	PERMEABILIDAD INTRÍNSECA K DARCYs cm/seg
Arcilla	$10^{-6} - 10^{-3}$
Limo, Limos arenosos, arenas arcillosas	$10^{-3} - 10^{-1}$
Arenas limosas, arenas finas	$10^{-2} - 1$
Arenas bien distribuidas	$1 - 10^2$
Gravas bien distribuidas	$10 - 10^3$

Fuente: <http://edafologia.ugr.es/introeda/tema04/text.htm>

La permeabilidad intrínseca es una función del tamaño de los poros en el sedimento no consolidado. Mientras más pequeño es el tamaño de los sedimentos, más grande es el área superficial en contacto con el agua contenida en los poros.

c) TEXTURA DE SUELO

ESTANDAR

Idealmente, los sitios deben estar localizados en suelos sedimentarios con características arcillosas (impermeables) las cuales restringen el movimiento del líquido lixiviado generado por los residuos sólidos; además que serán usados como material de cobertura de los mismos residuos. Un relleno construido sobre una formación permeable como grava, arena o roca fracturada pondría en peligro la calidad del agua del subsuelo.

Tomando en cuenta la capacidad de remoción de contaminantes también son recomendables, en menor grado que el anterior, los suelos areno-arcillosos (poco permeables) (AMCRESPAC, 1993).

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

El suelo está constituido de materia sólida, agua y aire. A partir de determinada profundidad, su nivel freático se encuentra saturado de agua libre que forma la napa freática. Esta se mueve a bajísima velocidad en el sentido de la presión inferior, acompañando en general a la inclinación del terreno; aflora en depresiones y pozos y encuentra ríos y lagos, cediéndoles agua y eventualmente recibiendo de ellos.

Además de moverse horizontalmente, el agua se mueve en dirección vertical por efecto de la gravedad, por ascensión capilar entre los granos del suelo, retirada por raíces vegetales o por la recarga del suelo debido a las lluvias. Por tales razones, el nivel freático no es constante pero presenta una variación estacional relativamente bien definida.

Como consecuencia de esos movimientos del agua freática, una sustancia contaminante que percola a través del suelo encuentra un vehículo y adquiere gran movilidad al alcanzar el nivel freático.

La percolación del contaminante depende de la permeabilidad del suelo y ésta depende del tamaño de los granos que lo constituyen (textura), de la disposición de estos granos estructurando el suelo y del grado de saturación por agua absorbida o capilar.

4.1.3.4 MATERIAL DE COBERTURA DIARIA

ESTANDAR

Se deberá demostrar que el sitio cuenta con suficiente material de cobertura para cumplir a lo largo de toda la operación del relleno sanitario con la totalidad de los requerimientos de cubrimiento diario de las basuras.

CONSIDERACIONES TÉCNICAS

El material de cobertura se puede conseguir del sitio mismo del relleno. Si se hace el relleno manual en forma de trinchera, el material excavado sirve como cobertura diaria y también se puede utilizar como cobertura final. En caso de que se construya el relleno sanitario en el área, hay diferentes posibilidades de suministrar el material de cobertura:

- Si se aprovechan los desechos biodegradables produciendo humus, la fracción gruesa del compost se puede utilizar para cubrir los desechos.
- Si el relleno se construye en un terreno inclinado, se puede nivelar el talud y utilizar la tierra sobrante.

- Se puede acoger en el relleno sanitario la tierra sobrante de excavaciones dentro de la ciudad, anunciando que se recibe la tierra en el relleno.

En caso de que en el sitio el material de cobertura sea insuficiente, se deberá demostrar que él o los lugares desde donde se obtendrá dicho material tendrán capacidad adicional suficiente para cumplir con los mencionados requerimientos y, además, se deberá garantizar mediante documentación legal que durante toda la operación del relleno sanitario se tendrá acceso a dicho material.

Para el efecto, se admiten otros materiales para la cobertura diaria, siempre y cuando se demuestre que éstos permitan el control de vectores de enfermedades (moscas, mosquitos, roedores y otros animales capaces de transmitir enfermedades), malos olores, dispersión de materiales volátiles y polvo. Estos materiales pueden incluir:

- cenizas procedentes de combustiones ;
- material compostado;
- arena de fundición procedente de procesos manufactureros;
- desperdicios de parques tales como hojas, ramas , restos de pasto cortado;
- materiales que contengan lodo, como por ejemplo lodo tratado con limo y mezclado con ceniza o estiércol;
- Restos de materiales de construcción y demolición (que han sido procesados para formar algún tipo de mezcla)
- Retazos de llantas de automóviles
- Alfombras viejas;
- Sedimentos procedentes de plantas de tratamientos de aguas residuales.

Otros criterios a tomar en cuenta en la selección de materiales alternos de cobertura, comprenden la disponibilidad y conveniencia del material, requerimientos de equipo y costos.

4.1.3.5 VOLUMEN DE BASURA

Los cálculos realizados en el capítulo tercero, nos muestran los volúmenes de basura generados y a generarse en el cantón a lo largo de la vida útil del nuevo relleno sanitario. El volumen de basura generado por el cantón luego de diez años de funcionamiento será de 917,47 T(volumen de producción), en tanto que el volumen de desechos enterrados correspondería a 880 T, valores que han sido tomado en cuenta para establecer el área necesaria para albergar al nuevo relleno.

4.2 METODOLOGÍA

4.2.1 INTRODUCCIÓN

LA EVALUACIÓN MULTICRITERIO Y SU RELACIÓN CON LA UBICACIÓN ÓPTIMA PARA RELLENOS SANITARIOS

La evaluación multicriterio es una técnica de selección de la alternativa que mejor se ajuste a los criterios planteados y que constituye una guía para la toma de decisiones.

De un modo general, los procesos de decisión pretenden satisfacer uno o varios objetivos desarrollados en base a varios criterios preestablecidos. La ubicación de un relleno sanitario es un proceso de decisión *multicriterio* en la que se consideran diversos atributos, e implica la evaluación y selección de áreas aptas entre varias alternativas posibles en base a algunos juicios.

La decisión, se define como el acto de escoger entre varias alternativas, que pueden representar diferentes ubicaciones, planos, clasificaciones o hipótesis sobre un determinado fenómeno. Comúnmente, el uso de un GIS permite asistirnos en el proceso de la toma de una decisión; sin embargo muy pocas veces nos damos cuenta que los software utilizados podrían arrojar resultados inesperados y de un **riesgo muy alto**.

Por ejemplo, los operadores de intersección constituyen una estrategia de decisión muy dura, puesto que si cualquier condición es omitida, ésta es inmediatamente removida del problema en consideración sin importar cuan importante sean los atributos que posea.

El método de la lógica *fuzzy* –el escogido para este estudio - es una estrategia para evaluar problemas de decisión con múltiples criterios, en el cual todos los atributos son re-escalados en un intervalo de 0 a 1 y posteriormente combinados entre sí disminuyendo así el riesgo, puesto que el riesgo asociado a una variable puede ser compensado por alguna otra variable. Una explicación mas clara de lo antes expuesto se muestra en el siguiente gráfico:

GRAFICO N°20
ESTRATEGIAS DE DECISION



Fuente: EASTMAN Ronald Dr., Decision Strategies in GIS, Clark Labs, Diciembre 2003

El gráfico anterior muestra que las decisiones varían a lo largo de dos dimensiones: Riesgo y Compensación. En el un extremo, tenemos a aquellas soluciones que asumen el menor riesgo posible y consecuentemente no permite ningún tipo de compensación (esquina inferior izquierda del triángulo). Esto corresponde o se asemeja a la operación de intersección booleana (AND), y es en efecto similar al operador *mínimo* de fuzzy como lo veremos mas adelante. Esta es una estrategia de decisión muy dura, puesto que –para el caso de la conveniencia de un lugar para un **X** uso – todas las cualidades deberían ser excelentes, sin la opción a la compensación por otro tipo de atributos.

En el otro extremo (punta inferior derecho del triángulo) se encuentra la solución que corresponde a la operación lógica OR, que es una solución un poco mas optimista. En este caso, las ubicaciones (para un **X** uso) serían caracterizadas en función de sus mejores cualidades, asumiendo necesariamente un riesgo (i.e que las cualidades menos malas que son ignoradas afecten de manera adversa a la solución final). Nótese que esta solución corresponde al operador *máximo* del método fuzzy.

La punta restante del triángulo, representa las soluciones multicriterio, en donde existe un riesgo medio con una alta compensación. Aquí las cualidades menos malas no son ignoradas, pero a cambio son compensadas.

El nivel de riesgo, se mide a través de la variable **Riesgo** dada por la ecuación:

$$Riesgo = \frac{1}{n-1} \sum_i [(n-i)O_i]$$

Y la compensación está dada por

$$Compensación = 1 - \sqrt{\frac{n \sum (O_i - 1/n)^2}{n-1}}$$

Donde n es el número total de factores, i es el orden del factor, y O_i es peso del factor de orden i.

4.2.2 EL MÉTODO DE LA LÓGICA FUZZY

En la teoría clásica de conjuntos, los socios de un conjunto se definen como verdadero o falso: 1 ó 0. Los socios de un conjunto Fuzzy, sin embargo, se expresan en una escala continua de 1 (pertenencia) a 0 (no pertenencia) o de 0 a 255, llamado normalización.

La normalización es un proceso introducido por la lógica *fuzzy* según el cual, un conjunto de valores expresados en una escala dada, son convertidos en otros expresados en una misma escala, en otras palabras es un proceso de conversión de valores de datos originales en niveles de adecuación en una misma escala.

De esta manera, las clases de cualquier mapa pueden ser asociadas con valores de pertenencia fuzzy en una tabla de atributos en donde la medición de la variable puede ser categórica, ordinal o en intervalos. Así mismo los valores de pertenencia escogidos deben reflejar la importancia relativa de cada mapa así como la importancia de cada clase de mapa. Según Bonham, “la teoría de conjunto fuzzy es el paso siguiente en la aproximación entre la precisión de la matemática clásica y la imprecisión del mundo real”¹⁸

4.2.2.1 Fuzzy AND

Esto es equivalente a un operador AND Boolean (lógica intersección) en un conjunto clásico de valores de (1,0). Definido como:

$$\mu_{combination} = \text{MIN}(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots)$$

Donde μ_A es el valor de asociación para el mapa A en una localidad particular, μ_B es el valor para el mapa B, etc.. Usando este operador, el efecto es que el mapa de salida será controlado por el valor mínimo de los mapas de entrada. Al igual que el AND Booleano, fuzzy AND resulta en una estimación “conservativa” de un grupo de datos con una tendencia a producir valores pequeños. El operador AND es apropiado cuando dos o mas mapas de evidencia para una hipótesis deben presentarse juntas para que la hipótesis sea verdadera.

¹⁸ Bonham-Carter, G. F. (1996): Geographic information systems for geoscientists.

4.2.2.2 Fuzzy OR

El operador fuzzy OR es como el OR Boolean (unión lógica) donde los valores de asociación de salida son controlados por los valores máximos de cualquiera de los mapas de entrada de una localidad particular. Definida como:

$$\mu_{combination} = \text{MAX}(\mu_A, \mu_B, \mu_C, \dots)$$

Usando esta operación, el valor de asociación combinado en una localidad (igual a aptitud para el relleno) está limitado solamente por el mapa mas adecuado. Este operador no es muy adecuado para rellenos sanitarios, pero en algunas circunstancias puede ser usado para localizar sitios con aptitud mineral, en donde los indicadores minerales son raros y solo la presencia de *una* evidencia positiva, constituye una posibilidad real de aptitud mineral.

4.2.2.3 COMBINACIÓN CON PRODUCTO ALGEBRAICO FUZZY

Aquí la función de asociación combinada es definida como:

$$\mu_{combination} = \prod_{i=1}^n \mu_i$$

donde μ_i es la función de asociación fuzzy para el mapa i-ésimo, $i=1,2,\dots,n$ mapas a ser combinados. Los mapas individuales son multiplicados, resultando funciones de asociación combinadas muy pequeñas, debido al efecto de multiplicar varios números menores de 1. El mapa de salida es siempre más pequeño o igual que el valor más pequeño ingresado y por lo tanto su efecto es "decreativo". Note que si uno de los mapas tienen un valor de asociación Fuzzy de 0, el resultado también será 0.

4.2.2.4 COMBINACIÓN CON SUMA ALGEBRAICA FUZZY

Este operador es complementario al producto algebraico, se puede definir como:

$$\mu_{combination} = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \mu_i)$$

El resultado es siempre mayor (o igual a) al valor de asociación máximo de uno de los mapas. El efecto es por lo tanto "de incremento, limitado por el máximo valor 1.. Dos mapas de evidencia que están en favor de una hipótesis refuerzan el resultado y el mapa de evidencia combinado tiene más peso que uno de los mapas individuales.

4.2.2.5 COMBINACIÓN USANDO LA OPERACIÓN GAMMA FUZZY

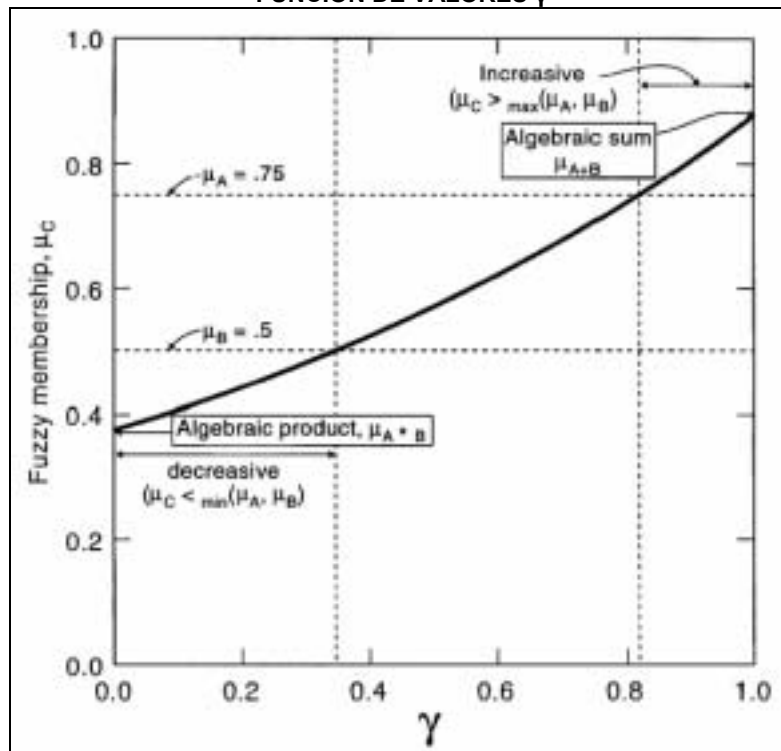
Este se define en términos del producto algebraico fuzzy y la suma algebraica fuzzy, por:

$$\mu_{combination} = (\text{FAS})^\gamma * (\text{FAP})^{1-\gamma}$$

Donde FAS es la suma algebraica fuzzy, calculada y FAP es el producto algebraico fuzzy, γ es un parámetro elegido en el rango (0,1). El efecto de escoger distintos valores de γ se muestran en el gráfico N°21

Cuando γ es 1 el resultado es el mismo de la suma algebraica. Cuando γ es 0 el resultado es igual al producto algebraico fuzzy. Cuando $0.8 < \gamma < 1$, la combinación es mayor al valor de pertenencia mas alto ingresado, y el efecto es “creciente”; cuando $0 < \gamma < 0.35$, la combinación es menor que el valor de pertenencia mas bajo ingresado, y el efecto es “decreciente”, finalmente cuando $0.35 < \gamma < 0.8$, la combinación no es ni creciente ni decreciente, pero cae dentro del rango de valores de pertenencia ingresados. Los valores límites 0.8 y 0.35 son dependientes de los datos.

GRAFICO N°21
FUNCION DE VALORES γ



Fuente: Bonham-Carter: Geographic Information Systems for Geoscientists, 2002

4.2.3 METODOLOGÍA EMPLEADA

La metodología a emplearse, puede dividirse en cuatro grandes etapas:

- Establecer los criterios restrictivos
- Ponderación de criterios por el método AHP
- Combinación por el método fuzzy gamma
- Selección de alternativas

4.2.3.1 ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS RESTRICTIVOS

Los criterios restrictivos son aquellos que permiten o limitan el análisis de regiones geográficas específicas, a través de los cuales se diferencian las áreas aptas de las no aptas, debido al riesgo que representan al ambiente, a la salud humana o al excesivo costo. Estos criterios, se basan en la lógica booleana (verdaderos o falsos) y excluyen de manera **definitiva** ciertas áreas de estudio debido a sus condiciones.

Sin embargo, hemos visto que aplicar la lógica booleana representa un alto riesgo en la toma de decisiones puesto que al excluir ciertas áreas de estudio debido a **una** de sus características, impediría que otras características compensen esta falencia. El método de la lógica fuzzy, permite establecer el grado de factibilidad en un rango de 0 (no factible) a 1

(totalmente factible). Por lo tanto en la metodología propuesta, los criterios restrictivos no serán excluidos del análisis, sino que tomarán valores cercanos al 0 para indicar su baja factibilidad y de esta manera permitir que las zonas que contengan las características menos favorables, puedan ser compensadas por otros atributos.

Acorde a los estándares de la EPA, se lograron identificar los siguientes criterios restrictivos que han sido divididos en ambientales, técnicos y socioeconómicos:

**CUADRO N°8
CRITERIOS RESTRICTIVOS**

A. SOCIECONOMICOS	CATEGORIAS	DISTANCIA (m)
Aeropuerto	Aviones Turbo Jet Aviones tipo Pistón	> 3000 > 1500
Oleoducto		> 100
Procedencia de los desechos		< 10000
Caminos de acceso	Vía de primer orden Vía de segundo orden Vía de tercer orden Vías férreas	< 5000 < 600 < 600 < 500
Centros Poblados	Vivienda Centros Poblados	> 300 > 500
B. AMBIENTALES	CATEGORIAS	DISTANCIA
Llanuras de inundación	Recurrencia de 100 años	> 30
Tierras húmedas	Pantanales , Marismas y similares	> 30
Depósitos de agua	Suministro de agua Potable Pozos de agua o manantiales Ríos permanentes o canales de agua Ríos temporales Lagos, lagunas, pantanos permanente	> 500 > 300 > 200 > 30 > 300
Precipitación	Media Anual (mm)	< 2500
Flora y fauna	Hábitats únicos, zonas cercanas a parques nacionales con belleza escénica, áreas protegidas y zonas que previamente usadas como RS	-
C. TECNICOS	CATEGORIAS	DISTANCIA
Topografía del terreno	%	3 y 12%
Fallas Geológicas	En el Holocense Falla activa	> 60 60-2000

Fuente: www.epa.gov

Elaboración: Paulina Cubillo B.

▪ 4.2.3.2 PONDERACIÓN POR EL METODO AHP

Dado que la aplicación del modelo fuzzy permite considerar a cada una de las variables interventoras como independientes, la asignación de valores ponderados permitirán reflejar el grado de factibilidad del parámetro para albergar al RS., a través del método de análisis de jerarquización (AHP) propuesto por Saaty (1980), descrito a continuación:

4.2.3.2.1 METODO DE JERARQUIZACION ANALITICA AHP

El método conocido como el proceso de jerarquización analítica (AHP), fue propuesto por el Dr. Saaty (1980) a través del cual se estructuran jerárquicamente los atributos de una variable que facilita la toma de decisiones. Su autor señala que para que un modelo sea realista debe incluir todos los factores importantes, cualitativos y cuantitativos, sean **tangibles o intangibles**. La cuestión central del método, consiste en identificar con que peso los factores individuales de un nivel bajo dentro de una jerarquía, influyen en su

nivel máximo, o sea el objetivo general. El método se fundamenta en la comparación de par en par con lo que se facilita la objetividad del proceso. A partir de la construcción de una matriz cuadrada, se evalúa la importancia de una característica sobre otra, utilizándose para ello una escala adecuada. Saaty propone la utilización de la escala mostrada en el cuadro n°9

CUADRO N°9
DEFINICIÓN DE PONDERACIONES EN EL MÉTODO AHP

INTENSIDAD DE IMPORTANCIA RELATIVA	DEFINICIÓN (i RESPECTO A j)	VALORES AIJ	NUMÉRICO AJI
1	Igual importancia	1	1
2	Intermedia	2	1/2
3	Moderadamente más importante	3	1/3
4	Intermedia	4	1/4
5	Más importante	5	1/5
6	Intermedia	6	1/6
7	Mucho más importante	7	1/7
8	Intermedia	8	1/8
9	Extremadamente más importante	9	1/9

Fuente: SAATY, Thomas L. Método de Análise Hierárquica. São Paulo: McGraw-Hill, Makron, 1991

Supongamos que nuestro problema está integrado por las variable C1, C2, C3 y que sus respectivos valores dentro de la escala propuesta por Saaty son 1,3,5, la matriz de comparación **jerárquica**, se conforma de la siguiente manera:

	C₁	C₂	C₃
C₁	1	C1/C2	C1/C3
C₂	C2/C1	1	C2/C3
C₃	C3/C1	C3/C2	1

Fuente: SAATY (1980)

En donde C2/C1 corresponde a la comparación del criterio C2 respecto del C1. Dado que de acuerdo a la jerarquía propuesta por Saaty, se estableció que C2 es moderadamente mas importante que C1 entonces el valor de la celda será de 3. De igual manera , para el caso de C3/C2, se sabe que el criterio C3 es mas importante que C2, entonces el valor de la celda será de 5. En nuestro ejercicio la matriz de comparación quedaría conformada de la siguiente manera:

	C₁	C₂	C₃
C₁	1	1/3	1/5
C₂	3	1	1/3
C₃	5	3	1

Fuente: SAATY (1980)

Ahora, la matriz de comparación numérica debe cumplir las siguientes condiciones:
 $a_{ij} = 1/a_{ji} \neq 0$, para todo i y todo j; o dicho de otra forma:

	C₁	C₂	...	C_n
C₁	1	a_{12}		a_{1n}
C₂	$a_{21}=1/a_{12}$	1		a_{2n}
...				
C_n	$a_{n1}=1/a_{1n}$	$a_{n2}=1/a_{2n}$		1

Fuente: SAATY (1980)

Una vez obtenida la matriz de comparación, se calcula su autovector, que es el que la prioridad de las características estudiadas y está dado por la siguiente fórmula:

$$W_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n}$$

Donde W_i es el valor del i -ésimo elemento del autovector; a_{ij} es el elemento de la matriz, y n es el número de variables interventoras. Pero, el autovector debe ser normalizado para que la suma de sus elementos sea igual a la unidad:

$$T = \left[\begin{array}{cccc} W_1/\sum W_i & W_2/\sum W_i & \dots & W_n/\sum W_i \end{array} \right]$$

Donde T es el autovector normalizado que será utilizado para cuantificar y ponderar la importancia de las variables interventoras.

El vector de pesos parciales, denotado por w corresponde a la suma de las columnas de la matriz de comparaciones

Es importante además que se evalúe la consistencia de la matriz de pesos, usando el radio de consistencia. El índice de consistencia se calcula de la siguiente forma:

$$CI = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)}$$

Donde λ_{\max} es la sumatoria del autovector normalizado multiplicado por el vector de pesos parciales “ w ”, y corresponde a:

$$\lambda_{\max} = \sum (T_i \cdot w_i)$$

El radio de consistencia (CR) se estima por la división del índice de consistencia (CI) sobre un índice de consistencia aleatorio (RCI) que se obtuvo promediando una muestra de 500 matrices recíprocas positivas:, para un número de hasta 11 variables.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
RCI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,55	1,54	1,58	1,59	1,61

Fuente: Saaty, 1980

$$CR = \frac{CI}{RCI}$$

Saaty, propone un máximo de inconsistencia aceptable del 10%

Los pesos asignados a las variables residuales por el método AHP se detallan a continuación con el respectivo cálculo de consistencia de la matriz de pesos.

4.2.3.2.2 PONDERACION POR EL METODO AHP

a) FACTORES SOCIOECONOMICOS

i) CAMINOS DE ACCESO

El caso del sistema vial es particular en la medida que existen diferentes tipos de vías y cada tipo de vía ejerce una influencia distinta en cada área según su distancia, además se debe tomar en consideración que una zona con alta densidad vial, será mas favorable para la ubicación de un RS y viceversa. Es necesario por lo tanto, establecer el área de influencia de cada vía acorde su tipo y la densidad presente y en función de ello, determinar su importancia asignándole un valor ponderado.

Para lograr este objetivo, se tomó como referencia la metodología empleada por la Ing. Geog. Janina Olmedo que en su tesis de grado utilizó para “establecer el área de influencia de las vías en la variable pobreza”.¹⁹

Primeramente, acorde a los estándares para RS (resumidos en la tabla 16), se crearon 5 buffers de influencia según el tipo de vía. Estos fueron:

CUADRO N°10
DISTANCIA DE LOS BUFFERS DE INFLUENCIA DE VIAS

TIPO DE VIA	NOMBRE BUFFER	DISTANCIA (metros)
Primer Orden	A1	1000
	B1	2000
	C1	3000
	D1	4000
	E1	5000
Segundo y Tercer Orden	A2	120
	B2	240
	C2	360
	D2	480
	E2	600

Fuente: Paulina Cubillo B.

Dado que la densidad de las vías puede ocasionar que exista un sobreposición al momento de crear los buffers, es necesario considerar que una zona que contenga esta sobreposición será mas favorable que una zona que tenga un solo buffer de influencia o que aquella que no presente ninguna, por lo que al jerarquizar una zona no solo se hará en función del tipo de vía, sino también se considerará la densidad de vías presentes. La línea férrea presente no se tomó en cuenta por cuanto se encuentra inhabilitada.

Inicialmente se aplicarán valores a cada buffer, como medidores de importancia para definir el orden jerárquico de las unidades de información, tomando los valores mas altos como favorables. La asignación de valores –según su importancia– es la siguiente:

CUADRO N°11
IMPORTANCIA DE LOS BUFFERS DE VIAS

TIPO DE VIA	BUFFER	VALOR
Primer Orden	A1	20
	B1	12
	C1	8
	D1	4
	E1	2
Segundo y Tercer Orden	A2	12
	B2	8
	C2	4
	D2	2
	E2	1

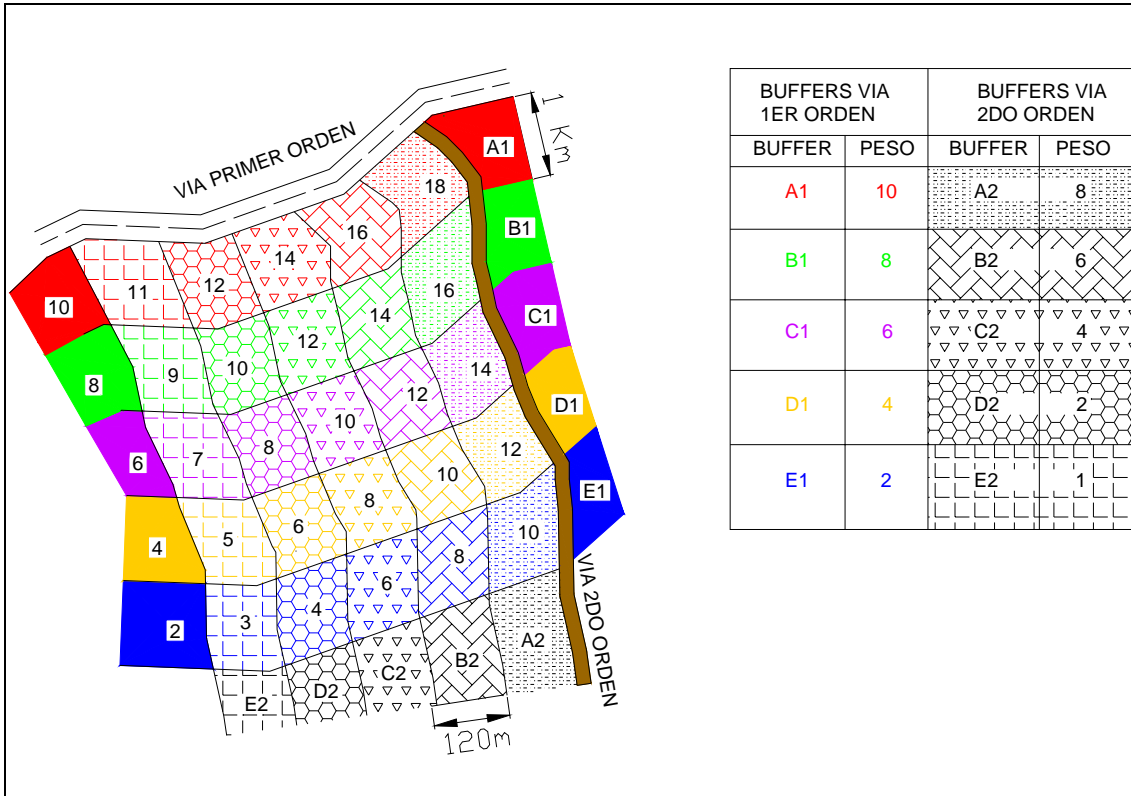
Fuente: Paulina Cubillo B

Para el caso de los buffers de las vías de segundo orden, se considera que estar dentro del buffer A2 tiene equivalencia que estar en el buffer B1 de la vía de primer orden. Este criterio es de autoría del Ing. Lino Verduga y se generó durante el desarrollo del proyecto “Generación de Información Georeferenciada para el Desarrollo Sustentable del Sector Agropecuario”. Esta equivalencia se aplica de la misma manera para los demás buffers, y tiene una relación en distancia de 8 a 1.

¹⁹ Janina Olmedo. Obtención de un modelo de distribución espacial de la variable pobreza , Enero 2004

Un gráfico que explica el fenómeno que se presenta se muestra a continuación:

GRAFICO N°22
BUFFERS DE INFLUENCIA DE VIAS



Elaboración: Paulina Cubillo B.

A partir de esto se crearon 2 “shape files”, uno para cada tipo de vía y dentro de cada “shp” se generaron 5 buffers correspondientes a las distancias establecidas. Para cada buffer se creó un campo que contuvo el valor o peso relativo (cuadro n°11) correspondiente, así como el nombre del buffer asignado.

Por medio de la herramienta “Union features” se unieron los 2 shape files creados y luego la herramienta “Query” sirvió para establecer las combinaciones que se produjeron como resultado de esta unión. Los resultados obtenidos de este proceso se detallan en la tabla n°14:

TABLA N° 14
PESOS RELATIVOS PARA LAS ZONAS CON SOBREPOSICION DE BUFFERS-VIAS

COMBINACION	NUMERO UNIDADES	PESO VIA 1	PESO VIA 2	SUMA
A1 A2	4	10	8	18
A1 B2	67	10	6	16
A1 C2	28	10	4	14
A1 D2	12	10	2	12
A1 E2	2	10	1	11
A2	6	0	8	8
B1	2	8	0	8
B1 A2	13	8	8	16
B1 B2	58	8	6	14
B1 C2	32	8	4	12
B1 D2	8	8	2	10
B1 E2	3	8	1	9

B2	179	0	6	6
C1	5	6	0	6
C1 A2	7	6	8	14
C1 B2	69	6	6	12
C1 C2	13	6	4	10
C1 D2	4	6	2	8
C1 E2	6	6	1	7
C2	33	0	4	4
D1	3	4	0	4
D1 A2	7	4	8	12
D1 B2	47	4	6	10
D1 C2	19	4	4	8
D1 D2	6	4	2	6
D1 E2	6	4	1	5
D2	12	0	2	2
E1	3	2	0	2
E1 A2	8	2	8	10
E1 B2	42	2	6	8
E1 C2	13	2	4	6
E1 D2	5	2	2	4
E1 E2	4	2	1	3
E2	9	0	1	1
SIN INFLUENCIA	1	0	0	0

Fuente: Paulina Cubillo B.

La primera columna hace referencia al tipo de combinación obtenida según la nomenclatura; la segunda columna describe el número de unidades obtenidas de este proceso; la tercera y cuarta columna indican los pesos según el tipo de vía y la última columna la suma de sus pesos. Para el caso de las combinaciones B1A2, C1B2, D1C2, E1D2, los pesos se suman a pesar de ser equivalentes entre sí. El gráfico 22 muestra como una combinación B1A2 suma 16, pues si sumase 8 significaría que esa región es menos importante que la zona B1B2 lo cual es falso. El valor 0 indica la ausencia de un buffer.

Se observa además que existen 35 tipos de combinaciones, con valores que oscilan entre 1 y 18, que representan áreas con menor y mayor densidad de vías –respectivamente –, presentes para facilitar el transporte de los desechos sólidos.

De la suma de los pesos, se agruparon según el valor obtenido y se obtuvieron las siguientes clases:

TABLA N°15
RANGOS DE IMPORTANCIA DEBIDA A LA INFLUENCIA DE VIAS

SUMA	NUMERO DE UNIDADES	SUMA	NUMERO DE UNIDADES
0	1	8	86
1	9	9	3
2	15	10	81
3	4	11	2
4	41	12	139
5	6	14	93
6	203	16	149
7	6	18	4

Fuente: Paulina Cubillo B.

Puesto que la ponderación de Saaty solo permite asignar pesos solo hasta nueve clases, las 20 clases obtenidas se reagruparon en función de su suma y de su procedencia para poder

darles un valor por el método AHP. Es decir tomando en cuenta la equivalencia entre los buffers (por ejemplo la equivalencia entre el primer buffer de la una vía de segundo orden con el segundo buffer de la vía de primer orden). La primera clase contiene a la zona que no presenta ninguna vía

INFLUENCIA DE VIAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	0,5	0,3333	0,25	0,2	0,1667	0,1429	0,125	0,1111
2	2	1	0,5	0,3333	0,25	0,2	0,1667	0,1429	0,125
3	3	2	1	0,5	0,3333	0,25	0,2	0,1667	0,1429
4	4	3	2	1	0,5	0,3333	0,25	0,2	0,1667
5	5	4	3	2	1	0,5	0,3333	0,25	0,2
6	6	5	4	3	2	1	0,5	0,3333	0,25
7	7	6	5	4	3	2	1	0,5	0,3333
8	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5
9	9	8	7	6	5	4	3	2	1
PESO(W)	45	36,5	28,833	22,083	16,283	11,45	7,5929	4,7179	2,829
AUTOVECTOR	0,2411	0,3325	0,4732	0,6853	1	1,4592	2,1131	3,008	4,1471
TOTAL									13,459
AUTOVECTOR NORMALIZ.(T)	0,0179	0,0247	0,0352	0,0509	0,0743	0,1084	0,157	0,2235	0,3081

VECTOR LAMBDA
0,806191877
0,901554731
1,013793159
1,124379348
1,20980253
1,241365308
1,192046166
1,054357529
0,871654787
LAMBDA MAX
9,415145435
CI
0,051893179
CR
0,0357884

Fuente: Paulina Cubillo B.

ii) CENTROS POBLADOS

DISTANCIA A CENTROS POBLADOS (metros)			
	0-500	500-1000	>1000
0-500	1	0,125	0,111111111
500-1000	8	1	0,5
>1000	9	2	1
PESOS (W)	18	3,125	1,611111111
AUTOVECTOR	0,24041	1,58733	2,62049
TOTAL	4,448225807		
AUTOVECTOR NORMALIZADO (T)	0,054046087	0,356845126	0,589108787

VECTOR LAMBDA
0,972829561
1,11514102
0,949119712
LAMBDA MAX
3,037090293
CI
0,018545146
CR
0,03197439

Fuente: Paulina Cubillo B.

iii) INFRAESTRUCTURAS RELEVANTES.- OLEODUCTOS

DISTANCIA A OLEODUCTOS (metros)			
	0-100	100-500	> 500
0-100	1	0,142857143	0,125
100-500	7	1	0,5
> 500	8	2	1
PESOS (W)	16	3,142857143	1,625
AUTOVECTOR	0,261414053	1,518231085	2,519609228
TOTAL	4,299254366		

VECTOR LAMBDA
0,972872152
1,109863014
0,952343045
LAMBDA MAX
3,035078212
CI
0,017539106

AUTOVECTOR NORMALIZ. (T)	0,06080451	0,353138232	0,586057259
---------------------------------	------------	-------------	-------------

CR
0,030239838

Fuente: Paulina Cubillo B.

iv) DISTANCIA DE PROCEDENCIA DE LOS DESECHOS

DISTANCIA DEL LUGAR DE PROCEDENCIA DE LOS DESECHOS (Km.)						
	> 10	8--10	6--8	4--6	2--4	0--2
> 10	1	0,5	0,3333333	0,25	0,2	0,166667
8--10	2	1	0,5	0,3333333	0,25	0,2
6--8	3	2	1	0,5	0,3333333	0,25
4--6	4	3	2	1	0,5	0,3333333
2--4	5	4	3	2	1	0,5
0--2	6	5	4	3	2	1
PESOS (W)	21	15,5	10,833333	7,0833333	4,2833333	2,45
AUTOVECTOR	0,334039	0,505421	0,793708	1,259909	1,978548	2,993664
TOTAL						7,865289
AUTOVECTOR NORMALIZ.(T)	0,04247	0,06426	0,100913	0,160186	0,251554	0,380617

VECTOR LAMBDA
0,891869992
0,996025143
1,093221286
1,13465097
1,077491496
0,932511957
LAMBDA MAX
6,125770845
CI
0,025154169
CR
0,02028562

Fuente: Paulina Cubillo B.

b) FACTORES AMBIENTALES

v) USO ACTUAL DEL SUELO

USO ACTUAL DEL SUELO					
	PARAMO NATURAL	PARAMO INTERVENIDO	BOSQUE	CULTIVOS	PASTOS
PARAMO NATURAL	1	1	1	0,5	0,111111111
PARAMO INTERVENIDO	1	1	1	0,5	0,111111111
BOSQUE	1	1	1	0,5	0,111111111
CULTIVOS	2	2	2	1	0,125
PASTOS	9	9	9	8	1
PESO (W)	14	14	14	10,5	1,458333333
AUTOVECTOR	0,560977573	0,560977573	0,560977573	1	5,664525068
TOTAL					8,347457786
AUTOVECTOR NORMALIZ. (T)	0,067203403	0,067203403	0,067203403	0,119796952	0,678592838

VECTOR LAMBDA
0,940847647
0,940847647
1,257867996
0,940847647
0,989614555
LAMBDA MAX
5,070025493
CI
0,017506373
CR
0,01563069

Fuente: Paulina Cubillo B.

vi) PROTECCIÓN DE CUERPOS DE AGUA

Al igual que en las vías, los cuerpos de agua ejercen zonas de influencia que pueden superponerse entre ellas. Contrariamente al caso de las vías; las zonas con una densidad mayor de cuerpos de agua serán menos susceptibles y viceversa. La metodología empleada es igual a la utilizada en vías: Los resultados se muestran a continuación:

CUADRO N° 12
DISTANCIA DE LOS BUFFERS DE INFLUENCIA DE CUERPOS DE AGUA

CUERPO DE AGUA	NOMBRE BUFFER	DISTANCIA (metros)	PESO RELATIVO
Quebradas Secas	A1	30	1
Ríos temporales	A2	30	2
Ríos perennes, acequias, canales	A3	200	3
Lagos ,Lagunas, cochas	A4	300	4

Fuente: Paulina Cubillo B.

Las combinaciones obtenidas del proceso de unión de los tres tipos de buffers creados se establece que los valores oscilan entre 0 para el área que no tiene influencia y que por lo tanto sería la mas óptima hasta 9 que corresponde a la zona con mayor influencia de cuerpos de agua y por lo tanto la zona menos favorable a la ubicación del RS.

Es importante aclarar que la información hidrográfica proveniente del SIC debió ser validada con trabajo de campo, nos referimos concretamente al caso de las quebradas intermitentes y las quebradas secas, con la finalidad de conocer de parte de los propios pobladores el estado de las quebradas en épocas de lluvia, puesto que una quebrada seca podría ser un lugar apropiado para la ubicación del RS. En función de esta inspección de campo se logró esclarecer la diferencia entre las quebradas secas y los ríos intermitentes y la subsecuente influencia en la ubicación del RS. Los resultados preliminares se muestran a continuación:

CUADRO N°13
PESOS RELATIVOS PARA LAS ZONAS CON SOBREPOSICION DE BUFFERS-CUERPOS DE AGUA

COMBINACION	UNIDADES	PESO 1	PESO 2	PESO 3	PESO 4	TOTAL
A1 A4	3	1	0	0	4	5
SIN INFLUENCIA	1	0	0	0	0	0
A1	23	1	0	0	0	1
A1 A2	27	1	2	0	0	3
A1 A2 A3	10	1	2	3	0	6
A1 A2 A4	1	1	2	0	4	7
A1 A3	24	1	0	3	0	4
A2	68	0	2	0	0	2
A2 A3	22	0	2	3	0	5
A2 A3 A4	3	0	2	3	4	9
A2 A4	29	0	2	0	4	6
A3	35	0	0	3	0	3
A3 A4	7	0	0	3	4	7
A4	35	0	0	0	4	4

Fuente: Paulina Cubillo B

El siguiente paso consiste en reagrupar según los puntajes obtenidos a las diversas combinaciones para ponderarlas, tomando en cuenta la procedencia de dicho valor. Por ejemplo, en la escala obtenida 0 al 9, el valor 4 por si solo denotaría una aptitud favorable; no obstante el valor 4 puede provenir de la combinación de un buffer A1 con A3, lo que implica la existencia de una quebrada seca y un río perenne, pero así mismo el valor 4 puede provenir únicamente de un buffer A4 que implica un lago, laguna, etc.

Las reagrupaciones quedaron de la siguiente manera:

TABLA N°16
REAGRUPACION DE COMBINACIONES

VALOR	COMBINACION	FACULTAD
0,1	SIN INFLUENCIA, A1	Extremadamente Favorable
2,3	A2, A1 A2	Medianamente Favorable
3,4,5,6,7	A1 A4, A1 A2 A3, A1 A2 A4, A1 A3, A2 A3, A2 A4, A3,A4	Poco Favorables
7,9	A2 A3 A4, A3 A4	No Favorable

Fuente: Paulina Cubillo B

Con estos valores se ponderó por medio del método AHP. Los resultados fueron los siguientes:

DRENAJE				
FACULTAD	N.F	P.F	M.F	E.F
N.F	1	0,500000	0,200000	0,111111
P.F	2,0	1	0,25	0,13
M.F	5,0	4,00	1	0,200
E.F	9,0	8,00	5,00	1
PESOS (W)	17,0	13,50	6,45	1,44
AUTOVECTOR	0,324667915	0,5	1,414213562	4,355877175
TOTAL				6,594758653
AUTOVECTOR NORMALIZ. (T)	0,049231205	0,075817786	0,214445082	0,660505927

VECTOR LAMBDA
0,836930486
1,023540111
1,383170781
0,9485599
LAMBDA MAX
4,192201278
CI
0,064067093
CR
0,071185658

Fuente: Paulina Cubillo B

vii) PRECIPITACIÓN

PRECIPITACION (mm / año)					
	> 2500	1500-2500	800-1500	250-800	<250
> 2500	1	0,5	0,142857143	0,125	0,111111111
1500-2500	2	1	0,166666667	0,142857143	0,125
800-1500	7	6	1	0,5	0,333333333
250-800	8	7	2	1	0,5
<250	9	8	3	2	1
PESOS (W)	27	22,5	6,30952381	3,767857143	2,06944444
AUTOVECTOR	0,250788659	0,358870817	1,47577316	2,236853829	3,36586544
TOTAL					7,6881519
AUTOVECTOR NORMALIZ. (T)	0,032620149	0,046678424	0,191954215	0,290948183	0,43779903

VECTOR LAMBDA
0,880744018
1,050264548
1,211139688
1,096251191
0,906000768
LAMBDA MAX
5,144400213
CI
0,036100053
CR
0,03223219

Fuente: Paulina Cubillo B.

viii) VIENTOS

PRESENCIA DE VIENTOS		
	MUY FUERTES	MODERADOS
MUY FUERTES	1	0,20000
MODERADOS	5,00000	1

VECTOR LAMBDA
1
1,00000
LAMBDA MAX

PESOS (W)	6,00000	1,20000
AUTOVECTOR	0,44721	2,23607
TOTAL		2,68328
AUTOVECTOR NORMALIZ. (T)	0,16667	0,83333

2,00000
CI
0,00000
CR
0,00000

Fuente: Paulina Cubillo B

ix) APTITUD AGRÍCOLA-TIPO DE SUELO

APTITUD AGRICOLA			
	BUENA	REGULAR	MALA
BUENA	1	0,142857143	0,111111111
REGULAR	7	1	0,333333333
MALA	9	3	1
PESOS (W)	17	4,142857143	1,444444444
AUTOVECTOR	0,251319285	1,326348657	2,999967042
TOTAL			4,577634983
AUTOVECTOR NORMALIZ.(T)	0,054901556	0,289745395	0,655353049

VECTOR LAMBDA
0,933326456
1,20037378
0,94662107
LAMBDA MAX
3,080321306
CI
0,040160653
CR
0,069242505

Fuente: Paulina Cubillo B

c) FACTORES TÉCNICOS

x) PENDIENTES

PENDIENTES (%)				
	>12 o < 1,5 %	7-12%	3-7%	1,5-3%
>12 o < 1,5 %	1	0,125	0,111111111	0,111111111
7-12%	8	1	0,5	0,5
3-7%	9	2	1	1
1,5-3%	9	2	1	1
PESOS (W)	27	5,125	2,611111111	2,611111111
AUTOVECTOR	0,198201186	1,18920712	2,05976714	2,05976714
TOTAL				5,50694259
AUTOVECTOR NORMALIZADO (T)	0,035991148	0,21594689	0,37403098	0,37403098

VECTOR LAMBDA
0,971760996
1,106727802
0,976636453
0,976636453
LAMBDA MAX
4,031761704
CI
0,010587235
CR
0,011763594

Fuente: Paulina Cubillo B

xi) RIESGO VOLCÁNICO-CAIDA DE CENIZA Y PIROCLÁSTOS

RIESGO POR CAIDA DE CENIZA Y FLUJOS PIROCLÁSTICOS			
	ALTO	MEDIO	BAJO
ALTO	1	0,142857143	0,125
MEDIO	7	1	0,5
BAJO	8	2	1
PESOS (W)	16	3,142857143	1,625

VECTOR LAMBDA
0,974580305
1,110052605
0,952071534
LAMBDA MAX
3,036704444

AUTOVECTOR	0,261729929	1,517660597	2,517514347
TOTAL			4,296904873
AUTOVECTOR NORMALIZ. (T)	0,060911269	0,353198556	0,585890175

CI
0,018352222
CR
0,031641762

Fuente: Paulina Cubillo B

xii) CAPACIDAD DE DRENAJE DE LOS SUELOS

El SIC de Quero contiene entre sus productos un mapa de drenaje de suelos generado a partir del tipo de suelo, textura, ph, permeabilidad y profundidad de perfil y que recoge la facultad de un tipo de suelo de absorber agua. Las unidades encontradas fueron: Bueno, Bueno a Rápido, Rápido y Rápido a excesivo. Sin embargo para que un suelo sea apto para albergar a un RS debe ser impermeable, es decir que tenga un drenaje malo o regular. Así, las categorías que se utilizaron para la ponderación son las presentadas en la tabla siguiente.

DRENAJE DE SUELOS						
	RAPIDO A EXCESIVO	RAPIDO	BUENO A RAPIDO	BUENO	REGULAR	MALO
RAPIDO A EXCESIVO	1	0,5	0,3333333	0,25	0,125	0,1111111
RAPIDO	2	1	0,5	0,33333	0,142857	0,125
BUENO A RAPIDO	3	2	1	0,5	0,166667	0,1428571
BUENO	4	3	2	1	0,2	0,1666667
REGULAR	8	7	6	5	1	1
MALO	9	8	7	6	2	1
PESOS (W)	27	21,5	16,833333	13,0833	3,634524	2,5456349
AUTOVECTOR	0,288668	0,4257	0,6441319	0,96349	3,447961	4,2685585
TOTAL						10,038515
AUTOVECTOR NORMALIZ.(T)	0,028756	0,04241	0,0641661	0,09598	0,343473	0,4252181

VECTOR LAMBDA
0,776413159
0,911751949
1,08012869
1,255731974
1,248361466
1,082450123
LAMBDA MAX
6,354837361
CI
0,070967472
CR
0,057231832

Fuente: Paulina Cubillo B

xiii) TEXTURA DEL SUELO

TEXTURA DEL SUELO					
	GRUESA	MODERADAMENTE GRUESA	MEDIA	FINA	MUY FINA
GRUESA	1	0,333333333	0,2	0,142857143	0,1111111
MODERADAMENTE GRUESA	3	1	0,333333333	0,2	0,1428571
MEDIA	5	3	1	0,333333333	0,2
FINA	7	5	3	1	0,3333333
MUY FINA	9	7	5	3	1
PESOS (W)	25	16,33333333	9,533333333	4,676190476	1,7873016
AUTOVECTOR	0,25405	0,49111861	1	2,036168005	3,9362834
TOTAL					7,7176168
AUTOVECTOR NORMALIZ.(T)	0,03292	0,063636045	0,129573679	0,263833779	0,5100387

VECTOR LAMBDA
0,822944291
1,039388736
1,235269073
1,233737006
0,911593023
LAMBDA MAX
5,242932129
CI
0,060733032
CR
0,054225922

Fuente: Paulina Cubillo B

Los tipos de suelos que entran dentro de cada textura son:

TEXTURA	SUELOS
GRUESA	Arenosa (fina,media,gruesa); Arenoso franco.
MODERADAMENTE GRUESA	Franco arenoso (fino a grueso); Franco limoso.
MEDIA	Franco; Limoso; Franco arcilloso (< 35% de arcilla) Franco arcillo arenoso; Franco arcillo limoso;
FINA	Franco arcilloso (>35%); Arcilloso; Arcillo arenoso; arcillo limoso.
MUY FINA	Arcilloso (>60%).

Fuente: SIG-AGRO, Zonificación Agroecológica

xiv) EROSIÓN

EROSION					VECTOR LAMBDA
	SEVERA	MODERADA	LIGERA	LEVE	
SEVERA	1	0,333333333	0,2	0,142857143	0,880359876
MODERADA	3	1	0,333333333	0,2	1,099339564
LIGERA	5	3	1	0,333333333	1,193981884
LEVE	7	5	3	1	0,945057594
PESOS (W)	16	9,333333333	4,533333333	1,676190476	LAMBDA MAX
AUTOVECTOR	0,312393994	0,668740305	1,495348781	3,201085873	4,118738918
TOTAL				5,677568953	CI
AUTOVECTOR NORMALIZ.(T)	0,055022492	0,117786382	0,263378357	0,563812769	0,039579639
					CR
					0,043977377

Fuente: Paulina Cubillo B

ALGUNAS CONSIDERACIONES

El aspecto técnico es uno de los más importantes dentro del análisis para la ubicación del relleno sanitario, factores como la profundidad del nivel freático así como movimientos en masa, son determinantes para la toma de decisiones ya que una mala decisión que involucre estos aspectos comprometería enormemente al diseño en cuestión.

Tal y como se menciona en los objetivos de este proyecto, se pretende arrojar alternativas que cumplan las mayores y mejores condiciones para albergar al RS. Un estudio de nivel freático, así como de movimientos en masa, requieren de cierta inversión por parte de la municipalidad, así como de trabajo de campo que involucra perforaciones, estudio a nivel de subsuelo, toma de muestras, etc. Realizar este tipo de análisis en todo el cantón resultaría altamente costoso, por lo que se recomendará que los estudios de nivel freático y movimientos en masa –particularmente deslizamientos- se haga *in situ* en las alternativas dadas. A pesar de ello y como se mencionó anteriormente, la información hidrográfica del cantón fue validada con visitas de campo, con la finalidad de establecer el nivel de los afloramientos de agua dentro de las denominadas “quebradas secas” y que ya fueron incorporadas al modelo en el momento de generar el mapa denominado “influencia de drenaje.shp”. Además criterios como expansión urbana y precio que son decisivos para la toma de las decisiones, no se incluyen en el modelo, sino que se toman en cuenta una vez que las áreas más idóneas hayan sido arrojadas por el mismo; en el caso de la expansión urbana, las áreas se descartan, en el caso de los precios, se deja abierta la posibilidad de negociación por parte de las autoridades.

Una vez conocidos los pesos de cada **clase de variable**, es importante también incorporar al modelo un peso para cada variable que distinga la importancia de ésta respecto de las otras. Ahora, el conflicto surge porque mientras para un geólogo el aspecto estructural y de

estabilidad es el más importante, para los ambientalistas es el ambiente la variable de más peso. Es así que para establecer un equilibrio entre los diversos criterios, se consultó con varios profesionales en distintas áreas con experiencia en rellenos Sanitarios, de tal forma que se pueda determinar una matriz con cada criterio y una matriz promedio de ponderación; de todas ellas se calculará su consistencia y a partir de la matriz con mejor consistencia, se obtendrá la importancia parcial de cada variable dentro del análisis. La ponderación al igual que en los casos anteriores se realizó por el método AHP y los resultados generales por grupo se muestran a continuación:

CUADRO N° 14
PONDERACION DE VARIABLES SEGÚN DIVERSOS CRITERIOS

VARIABLE	GEOLOG.	ING. CIVIL	AUTORIDAD MUNICIPAL	PERSONAL	PROMEDIO
Cercanía a vías de comunicación	0,06955	0,14132	0,11903	0,11652	0,09347
Cercanía a Centros Poblados	0,03830	0,18409	0,0230	0,04696	0,04070
Cercanía a Oleoductos	0,00828	0,03184	0,00872	0,01251	0,01192
Distancia de Procedencia de los Desechos	0,02296	0,02280	0,17987	0,03881	0,04246
Uso Actual del Suelo	0,14727	0,10799	0,14334	0,15276	0,14780
Protección a cuerpos de agua	0,21620	0,22061	0,22657	0,20560	0,23197
Precipitación	0,01354	0,01388	0,01857	0,03482	0,02027
Vientos	0,01040	0,00942	0,01104	0,01196	0,01177
Aptitud Agrícola	0,02883	0,08399	0,03838	0,08666	0,05624
Pendientes	0,17782	0,06750	0,04279	0,10004	0,11211
Peligros Volcánicos	0,01738	0,01822	0,01357	0,01773	0,01874
Capacidad de Drenaje de suelos	0,11211	0,05087	0,08322	0,07653	0,09792
Textura de Suelos	0,08924	0,03659	0,06359	0,07698	0,08075
Erosión	0,04813	0,0109	0,0283	0,02214	0,03387
RADIO DE CONSISTENCIA (CR)	0,053<0.1	0,046<0.1	0,049<0.1	0,047<0.1	0,049<0.1

Fuente: Paulina Cubillo B

Las matrices que dieron origen al cuadro anterior se muestran con detalle en el Anexo n°7. Como pudimos observar en el cuadro anterior, las diversas matrices arrojaron diferentes radios de consistencia, incluyendo la matriz de promedio de ellas se escogió a la matriz con mejor consistencia, es decir la que fue propuesta por un Ing. Civil con una maestría en ingeniería ambiental, Ing. Marcelo Castillo, y que tiene un radio de consistencia de 0.046.

Ahora, el reto consiste en que al modelo deben ingresar dos tipos de ponderaciones: una que es la que marca la importancia de la variable general (ej. Pendiente vs precipitación) y otra que señala la importancia de la clase de variable (pendiente 3%, 5%, etc). Sin embargo como se explicó anteriormente, el modelo fuzzy gamma solo permite ingresar un peso, de tal forma que los pesos antes calculados (de variable y de clase) deberán transformarse en uno solo, garantizando que tanto la importancia relativa como la general, se conserven.

Para el efecto únicamente se multiplicó cada clase de variable por su respectivo peso de la variable, no fue necesario normalizar debido a que cada clase de variable estaba normalizada y cada variable también por lo que al multiplicarlos, no se altera su relación de importancia. Los valores obtenidos son los que ingresan al modelo y sus resultados se muestran en el cuadro n° 15.

En el cuadro n°16 se muestran los eigenvectores de cada matriz con el respectivo cálculo que da origen a sus radios de consistencia.

CUADRO N°15
PONDERACION FINAL DE VARIABLES QUE INGRESAN AL MODELO FUZZY

SOCIOECONOMICOS														
INFLUENCIA DE VIAS														
CATEGORIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9					
PESO VARIABLE	0,003	0,003	0,005	0,007	0,010	0,015	0,022	0,032	0,044					
DISTANCIA A CENTROS POBLADOS (mts)			DISTANCIA OLEODUCTOS (mts)			DISTANCIA LUJAR PROCEDENCIA DESECHOS (Km.)								
CATEGORIA	0-600	600-1200	>1200	CATEO.	0-100	100-500	> 500	CATEO.	> 10	5-10	5-8	4-5	3-4	0-2
PESO VARIABLE	0,010	0,096	0,108	PESO	0,002	0,011	0,019	PESO	0,001	0,001	0,002	0,004	0,006	0,009
AMBIENTALES														
USO ACTUAL DEL SUELO					PROTECCION DE CUERPOS DE AGUA					VIENTOS				
CATEGORIA	FARANO NATURAL	FARANO MEXI.	BOQUE	CULTIVOS	PANTOS	CATEG.	N.F	P.F	M.F	E.F	CATEG.	MUY FUERTES	MODERA. DOJ	
PESO VARIABLE	0,007	0,007	0,007	0,013	0,073	PESO	0,011	0,017	0,047	0,146	PESO	0,002	0,008	
PRECIPITACION (mm/año)					APTITUD AGRICOLA-TIPO SUELO									
CATEGORIA	> 2500	1500-2500	900-1500	250-900	<250	CATEG.	BUENA	REGUL.	MALA					
PESO VARIABLE	0,000	0,001	0,003	0,004	0,006	PESO	0,005	0,004	0,005					
TECNICOS														
RESERVO VOLCANICO			PENDIENTES (%)				CAPACIDAD DE DRENAJE DE SUELOS							
CATEGORIA	ALTO	MEDIO	BAJO	CATEG.	>12	7-12%	3-7%	0-3%	SUJETO A ESCAL.	RAPIDO	SUJETO A RUMBO	BUENO	REGULAR	MALO
PESO VARIABLE	0,001	0,006	0,011	PESO	0,002	0,015	0,025	0,025	0,001	0,002	0,003	0,005	0,02	0,02
TEXTURA DEL SUELO					EROSION									
CATEGORIA	GRUEA	MODERAD. AJENIZ. GRUEA	MODA	FINA	MUY FINA	CATEG.	SEVERA	MODERA	LEVE	LEVE				
PESO VARIABLE	0,001	0,002	0,005	0,010	0,019	PESO	0,001	0,001	0,003	0,006				

Elaboración: Paulina Cubillo B.

CUADRO N°16
VECTORES LAMBDA DE PONDERACION POR EL METODO AHP

ING.CIVIL_Misc		ING.AMBIENTAL		AUTORIDAD MUNICIPAL		PERSONAL		GEOLOGO		PROMEDIO	
VECTOR	LAMBDA MAX	VECTOR	LAMBDA MAX	VECTOR	LAMBDA MAX	VECTOR	LAMBDA MAX	VECTOR	LAMBDA MAX	VECTOR	LAMBDA MAX
1,42162	15,08633	1,448305022	15,38541717	1,242377044	15,18287893	1,322613441	15,09303685	1,132300656	15,12158214		
1,20064	CI	0,966169399	CI	0,046763698	CI	1,255670905	CI	1,118820643	CI		
1,21828	0,03356	0,844084221	0,106570551	0,827861201	0,090990687	0,720713338	0,084079758	0,871830365	0,08627855		
1,37036	CR	1,054809501	CR	1,406324247	CR	1,131346521	CR	1,217579607	CR		
1,00485	0,05256	1,329920908	0,06703	1,255488503	0,05758	1,087493769	0,05322	1,200909557	0,05460		
0,80284		0,841960781		0,880159294		0,815800471		0,845248663			
0,97534		1,108286902		1,130422364		0,904980988		0,982485495			
0,73986		1,033131941		0,899315205		0,805620826		0,905290645			
0,85738		1,108440789		1,091113838		1,141245348		1,066784894			
1,19214		1,306583516		1,336940949		0,882854687		1,175485356			
0,87464		0,856805764		0,965119345		1,008763756		0,965372971			
1,33792		1,185726422		1,519261606		1,273172206		1,191972339			
1,29445		1,160432343		1,328823755		1,349717865		1,213498308			
0,79498		1,140739658		1,052307885		1,282042552		1,134002584			

Elaboración: Paulina Cubillo B.

Pero como es visto, todas la matrices presentan un radio de consistencia menor al 10%, por lo que cualquiera de ellas podría ser escogida como valores finales de ponderación; además cabe notar que la diferencia de consistencias entre todas ellas no es muy significativa y por lo tanto todas están en condiciones de ser aceptadas, entonces, para definir la matriz final se utilizó nuevamente el método de Saaty , esta vez para valorar la importancia de cada matriz.

De esta manera, se escogerá aquella matriz que a final del proceso presente el mayor peso o ponderación. La matriz utilizada fue la siguiente:

MATRIZ DE DECISION FINAL DE PONDERACION						VECTOR LAMBDA
	ING. AMBIENTAL	PERSONAL	AUTORIDAD	GEOLOGO	PROMEDIO	
ING. AMBIENTAL	1,00	5,00	3,00	2,00	2,00	0,957
PERSONAL	0,20	1,00	0,20	0,33	0,50	0,978
AUTORIDAD	0,33	5,00	1,00	2,00	3,00	1,328
GEOLOGO	0,50	3,00	0,50	1,00	2,00	1,053
PROMEDIO	0,50	2,00	0,33	0,50	1,00	0,989
PESOS (W)	2,53	16,00	5,03	5,83	8,50	LAMBDA MAX
AUTOVECTOR	2,267	0,367	1,584	1,084	0,698	5.31
TOTAL					6.003	CI
AUTOVECTOR NORMALIZ. (T)	0,377	0,061	0,264	0,181	0,116	0.076
						CR
						0.068

Fuente: Paulina Cubillo B

Las calificaciones que se colocaron en la matriz se hicieron en base a consideraciones personales, tomando en cuenta la experiencia de cada uno de los profesionales en cuanto a relleno sanitario se refiere, y las entrevistas personales que se tuvo con cada uno de ellos. De ahí se refleja que la matriz construida por mi misma, es la que a mi propio juicio posee menor importancia que cualquiera de ellas, puesto que mi experiencia en el tema, en comparación a la experiencia de los profesionales entrevistados, es significativamente menor.

Ahora, tal como se explicó anteriormente, el método de la lógica fuzzy permite cuantificar el riesgo y la compensación de una variable en función de su ponderación, entonces para conocer que tan riesgosas fueron estas calificaciones, se utilizó las fórmulas dadas y se calculó el riesgo y compensación para cada variable. Los resultados de estos cálculos se muestran en el Anexo n° 8.

De los cálculos realizados se concluyó lo siguiente:

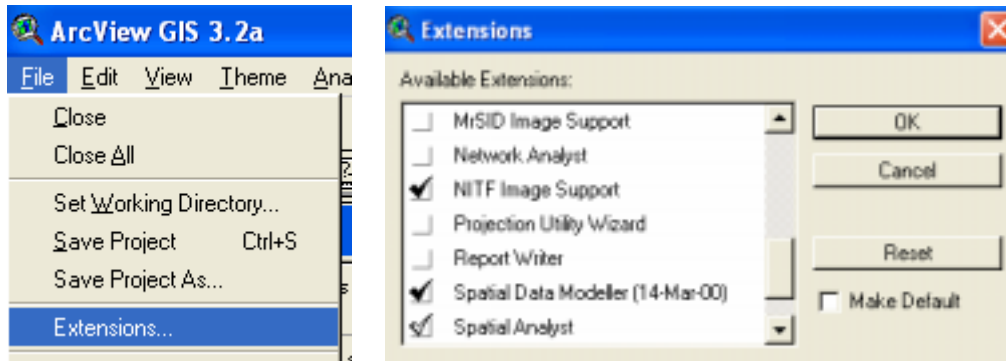
- El 100% de las variables presentan un riesgo bajo
- El 71 % de las variables presentan una compensación alta
- El 29% presentan una compensación alta, superior al 60%
- El 43% presentan una compensación alta, superior al 50%
- El 21% presentan una compensación media , entre el 40 y 50%
- 7% Presenta una compensación baja.

Que pone en evidencia la efectividad del método utilizado en la ponderación, pues demuestra que utilizar este método ha reducido el riesgo en un 100% y ha compensado a todas la variables en mayor grado.

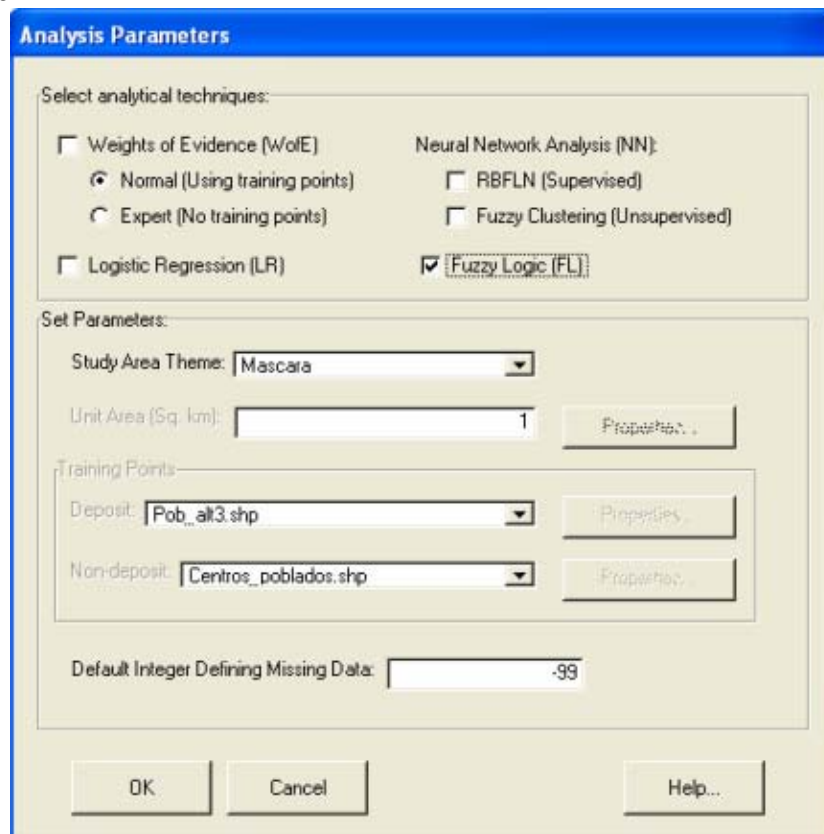
▪ 4.2.3.3 COMBINACION POR EL METODO FUZZY

Una vez obtenidos los valores de ponderación para cada variable, la aplicación de modelo fuzzy gamma se realizó por medio de la extensión *Spatial Data Modeller* del programa ArcView y cuya aplicación se explica de forma breve a continuación.

1.- Se carga la extensión *Spatial Data Modeller* del menú *File/Extensions*



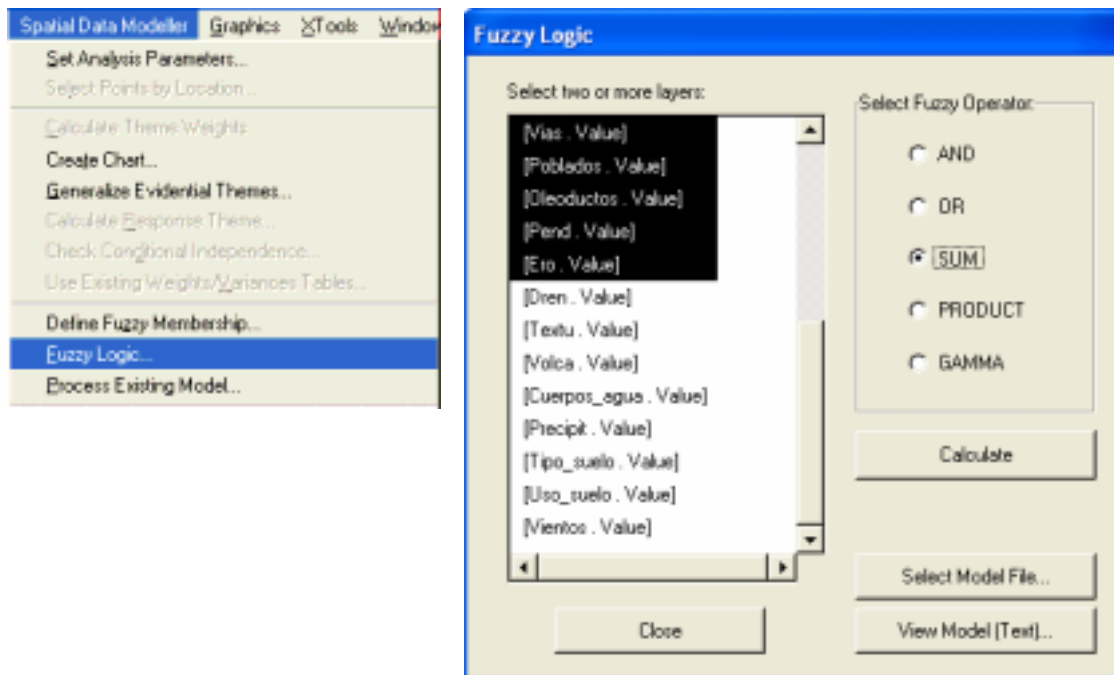
2. Configuración de Parámetros: Se selecciona “Set Analysis Parameter” del menú de SDM (Spatial Data Modeller) y aparece una ventana en donde se selecciona la opción Fuzzy Logic.



En sección “set parameters” dentro de Study Area Theme, debe seleccionarse un mapa raster que tenga como característica valores 1 para todas aquellas áreas en donde queramos que se realicen los análisis y 0 para las áreas que se excluyen del mismo. Los demás valores del cuadro se añaden por si solos.

3. Dentro del menú de SDM, se selecciona la opción “fuzzy logic”

4. La extensión SDM utiliza una “calculadora fuzzy” para combinar los diferentes temas usando los operadores fuzzy antes descritos. Cada uno de los cálculos se graba en un archivo dBase , que puede ser visto, corrido nuevamente o impreso en cualquier momento. Este paso se encuentra dentro del menú SDM y aparece de la siguiente manera:



En la columna de la izquierda se observan todos los temas que intervienen en la combinación y en la derecha se escoge el tipo de operador a hacerse, una vez definido que modelo usar, únicamente se selecciona “Calculate” y el modelo “corre “. También es posible ver un reporte del modelo ejecutado si se selecciona la opción “view model(text)”, o a su vez correr un anterior modelo guardado con otros temas por medio de la opción “select model file”.

Al final, aparece un “Grid Theme” que establece las zona mas potenciales a albergar al nuevo RS para la ciudad de Quero.

4.2.3.3.1 OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES DE LA APLICACIÓN DEL MODELO FUZZY

Durante las corridas de prueba del modelo se realizaron varios procedimientos hasta obtener el mas coherente y apegado a la realidad. Estos procedimientos se describen a continuación, con respectivas observaciones de los mismos.

Primero, se optó por dividir a las variables en tres grupos según el aspecto analizado (socioeconómico, ambiental, técnico) y a cada grupo aplicar un operador fuzzy a fin de visualizar las zonas de mayor y/o menor factibilidad para el RS en cada grupo. Al finalizar se aplicaría otro operador fuzzy que integraría a los tres grupos, dando un resultado final. , A lo largo de todas las pruebas se detectó al componente ambiental como el mas sensible a los cambios y por lo tanto fue tomado como referente de las diversas pruebas.

La primera prueba se realizó aplicando fuzzy gamma a cada grupo de variables, aplicando distintos valores de γ . Durante este proceso se notó que, dado que los valores obtenidos por las matrices de Saaty son muy cercanos a cero, al aplicar fuzzy gamma los valores se

reducen sustancialmente debiendo ser muy cuidadosos al momento de aplicar este operador para evitar la eliminación de valores pequeños.

La aplicación de varios valores de γ determinaron que –en este caso en particular- para todo γ menor a 0.85, las operaciones fuzzy gamma arrojan valores de 0 y que lo tanto no son aplicables; además conocemos que al aplicar un γ igual a 1 , la operación gamma se reduce a la suma fuzzy y que al hacer que γ sea 0 , fuzzy gamma se convierte en producto fuzzy.

Los operadores restantes por probar fueron fuzzy “or”, “and” y “suma” , de los cuales se eliminó los dos primeros debido a que su aplicación implica la omisión de los valores menos representativos , cayendo nuevamente en los extremos del triángulo de estrategias de decisión (gráfico n°20) explicados en el numeral 4.2.1.

La segunda prueba se hizo entonces, aplicando a cada grupo de variables el operador fuzzy suma, con ello cada valor que ingresa al modelo se incrementa, haciendo los procesos resultantes contengan valores mas interpretativos. Finalmente al resultado de este proceso se le aplicó el operador fuzzy gamma, con diversos valores para observar los cambios en el modelo.

Durante este proceso, se observó que para el caso de las variables ambientales, el mapa de salida, refleja claramente que las zonas mas aptas son aquellas en las que se encuentra pastos naturales como vegetación; sin embargo se observa que las zonas que comprenden a páramos naturales con o sin intervención, se muestran como “muy buenos”, lo cual demostró que este operador no reflejaba la realidad y por lo tanto este proceso fue descartado.

Queda entonces como mejor opción la aplicación de fuzzy gamma a cada grupo de variables, y posteriormente la aplicación de “fuzzy suma”, descartando los valores de γ menores a 0.85 por razones antes descritas. Dentro de este proceso se observó los siguientes fenómenos:

1. Al aplicar fuzzy gamma con valores de γ 0.95 y γ 0.9 , se notó que el componente ambiental nuevamente arrojó –en la zona de páramos- áreas calificadas como “buenas” , esto se debe a que estos valores (0.9 y 0.95) son muy cercanos a 1 y por lo tanto se acercan al operador “fuzzy suma” .
2. Con $\gamma=0.85$ en el componente ambiental, es notorio que las quebradas que albergan a ríos permanentes así como ríos intermitentes con considerables afloramientos de agua, se clasifican como “regulares” o “malos”; en tanto que quebradas totalmente secas están en el rango de lo “muy bueno” a lo “excelente”. En cuanto a páramos naturales o intervenidos , se califican como “regulares” es su mayoría y en poca cantidad como “buenos”.
3. Con respecto a los componentes social y técnico es notorio que son poco sensibles, puesto que a lo largo de las diversas pruebas los resultados arrojados eran similares.
4. En cuanto al componente técnico, el mapa de aptitud muestra claramente como las quebradas constituyen las mejores áreas para construir un RS debido a las condiciones de textura del suelo que poseen.

De forma general el aspecto técnico es el que presenta mayores deficiencias, reflejado en la mayoría de las zonas que se califican como “regulares y malas”; todo ello a pesar de contar con condiciones apropiadas de pendientes que es uno de los mas importantes; no obstante aspectos como la textura y capacidad de drenaje de los suelos, merman la factibilidad de los otros factores dando como resultado zonas poco aptas.

5. El mapa de aptitud socioeconómica señala como las áreas mas importantes a aquellas que poseen una alta densidad de vías, también refleja como zonas poco o nada aptas a las que se encuentran dentro del radio de 300 metros de un núcleo poblacional que se establece en el estándar; en general el mapa refleja la realidad del aspecto socioeconómico.

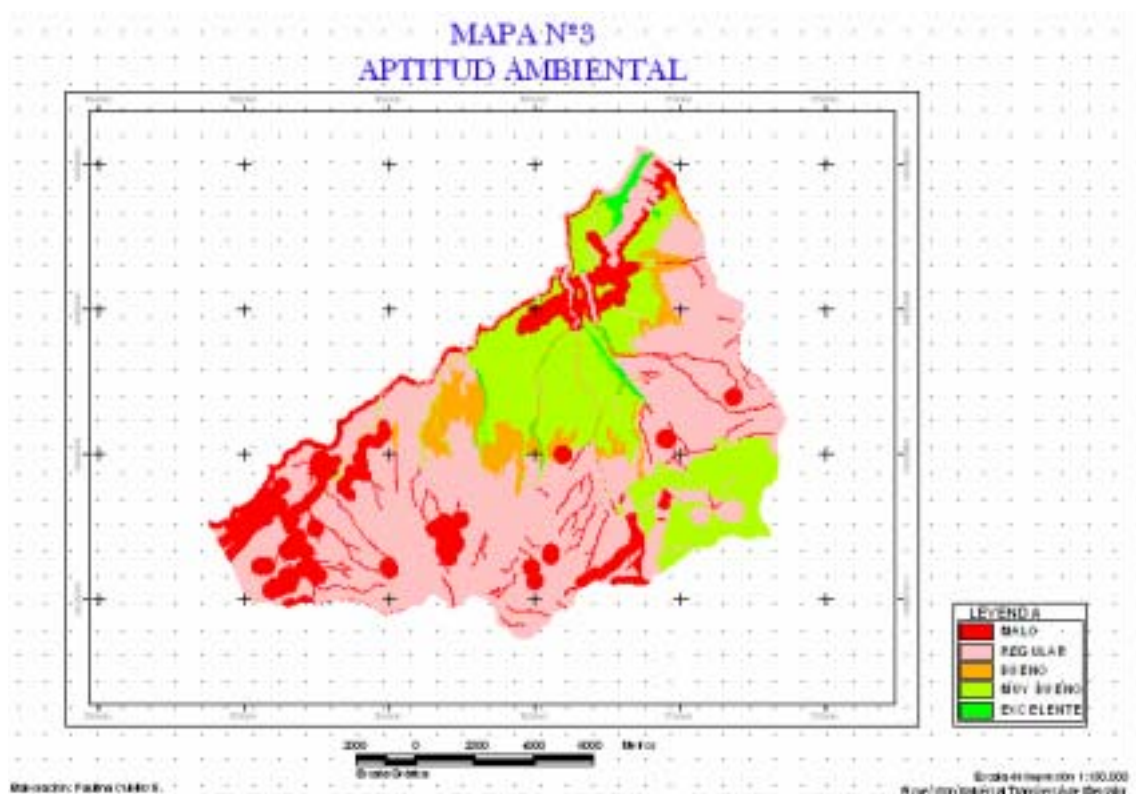
6. El mapa final de salida se obtuvo aplicando “fuzzy suma”.

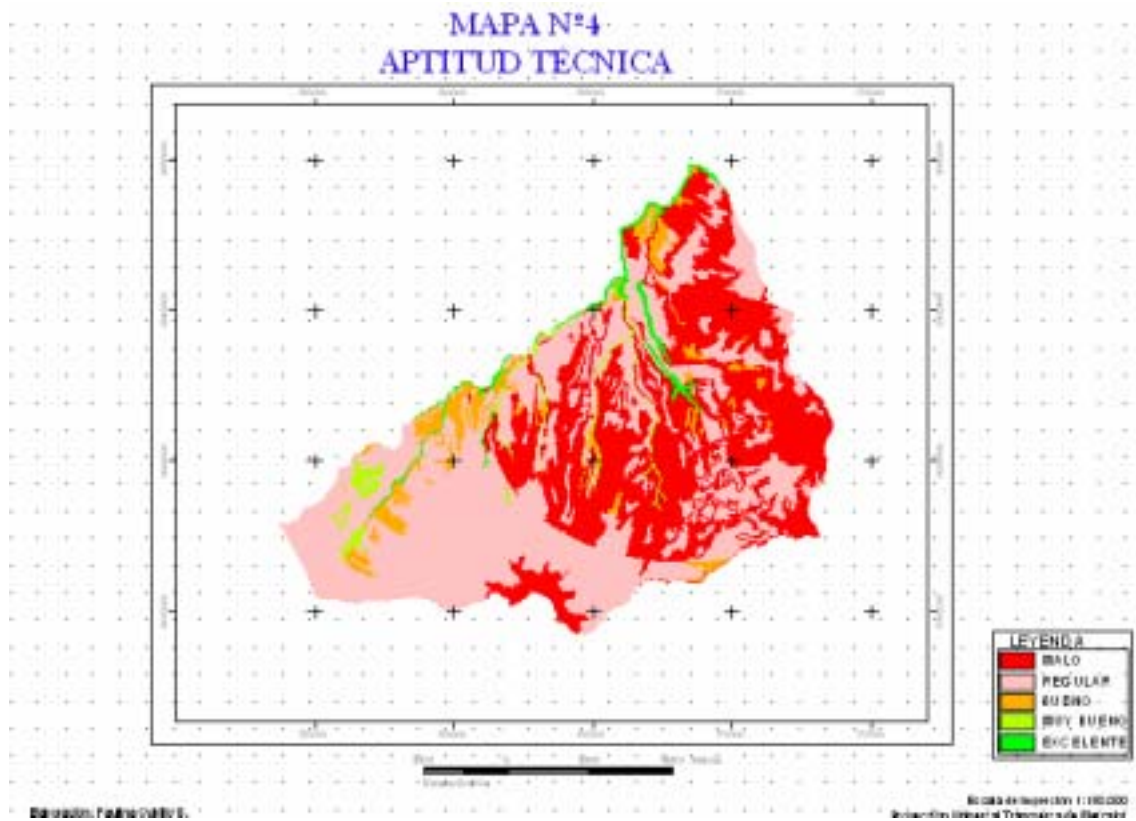
Es importante mencionar además, que dado que todos los valores ponderados ingresados en el modelo se encuentran normalizados, una solución mas simple comprendería la suma de las 14 capas de variables, cada una con sus respectivas subclases ponderadas y obtener la zona con el mayor puntaje. Sin **embargo la lógica fuzzy es una herramienta que ha sido desarrollada para ser usada en sistemas expertos, donde la incertidumbre de la evidencia es importante** y por lo tanto una de las mejores para la aplicación en evaluaciones multicriterio.

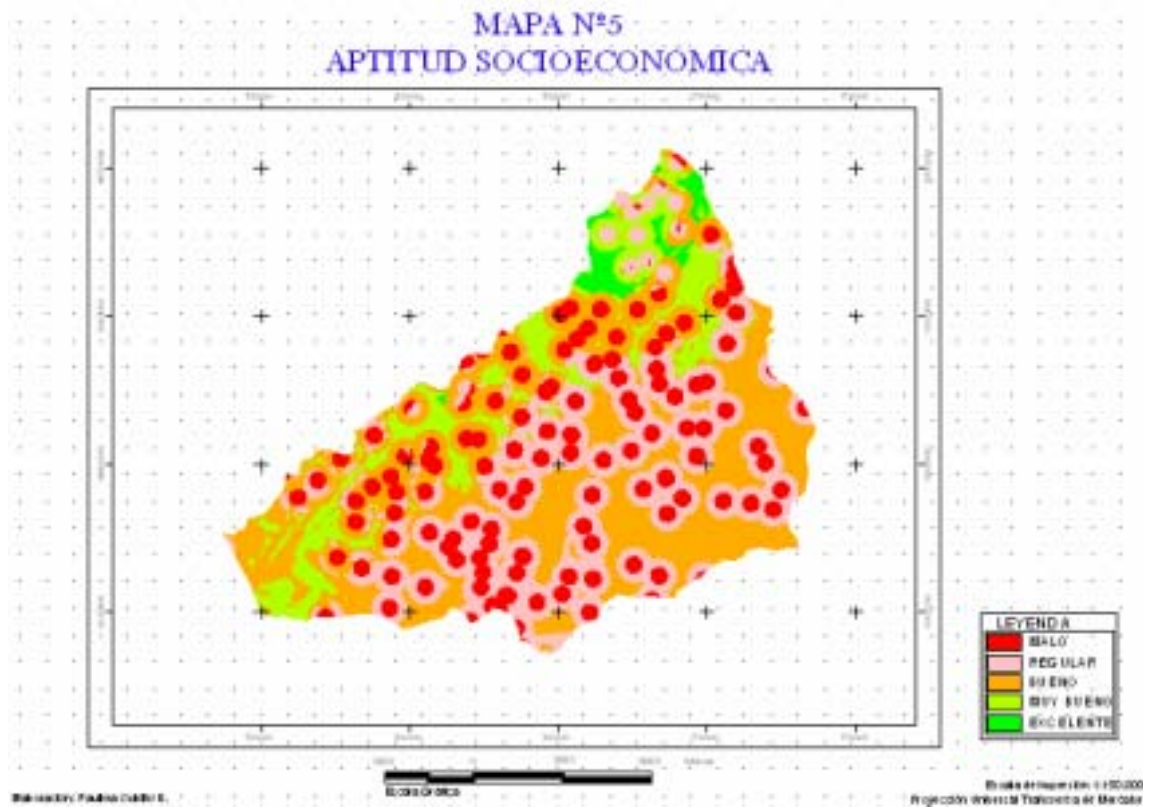
Luego de obtener el mapa final de factibilidad, el siguiente paso consiste en seleccionar los mejores terrenos en función de la propiedad y valor del terreno, que en el estándar consultado debe ser de preferencia de propiedad municipal y de un costo de inversión que el municipio pueda adquirir.

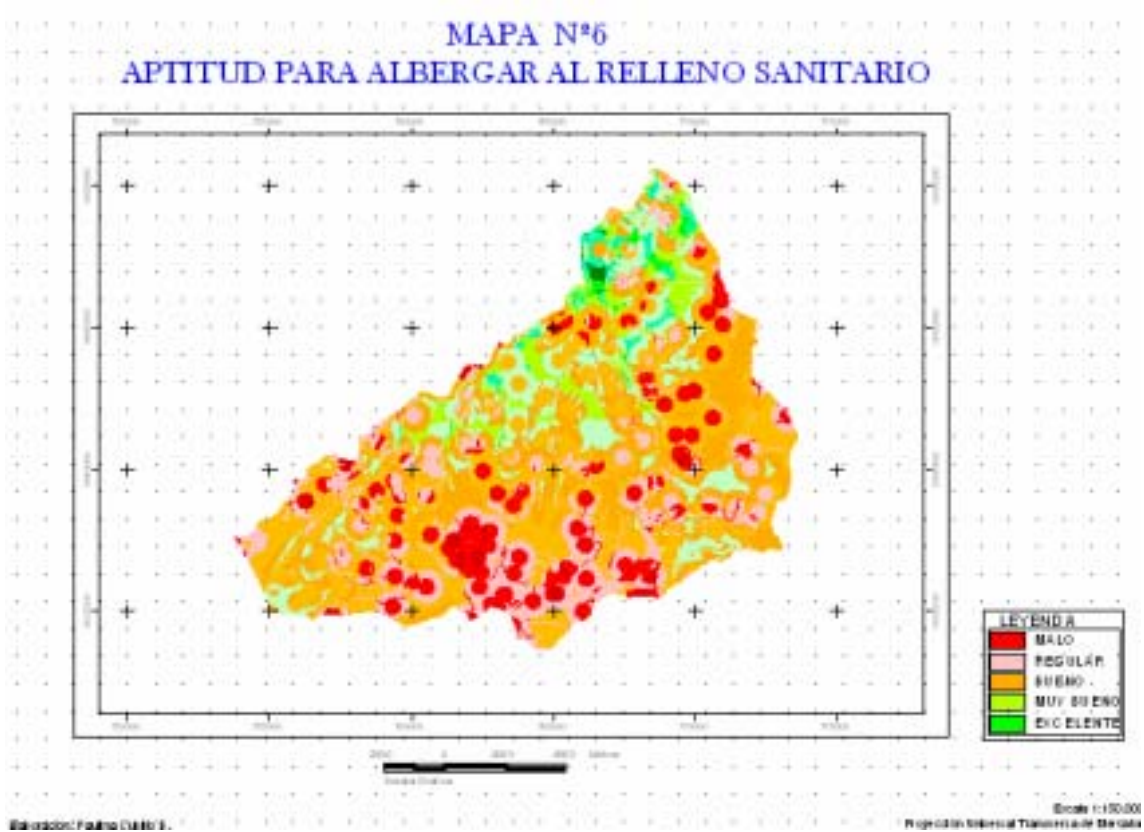
Del mapa de precios, se puede notar fácilmente que las quebradas son la que presentan el menor costo , las zonas mas baratas comprenden las zonas valoradas en 500, 2883 y 3575 dólares por hectárea. Los valores medianos van desde los 4068 dólares por hectárea hasta los 4900 dólares por hectárea y los precios mas altos lo comprenden aquellos que se han valorado en 6323, 9861 y 26712 dólares por hectárea.

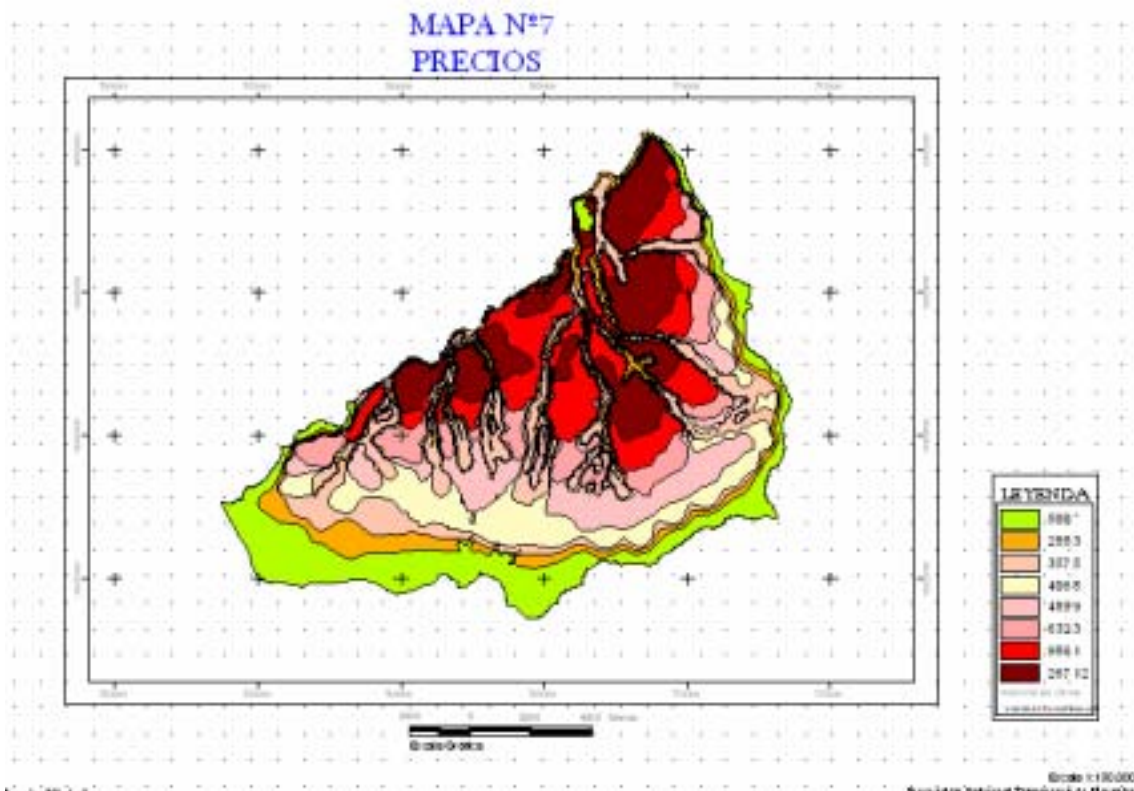
Los mapas de salida que se generaron de este proceso se muestran a continuación incluido el mapa de precios, que se utilizó posteriormente como una referencia solamente, debido a que los valores obtenidos corresponden a los valores catastrales y no comerciales de los predios.











▪ 4.2.3.4 EVALUACIÓN DEL MODELO

4.2.3.4.1 INFORMACIÓN DEL SIC-Q

A inicios de este estudio se mencionó que la información utilizada en el mismo fue generada por el CLIRSEN para el Sistema de Información Catastral de Quero (SIC-Q), con excepción del mapa de zonas en riesgo por caída de ceniza y flujos piroclásticos que fue proporcionado por la Defensa Civil del Tungurahua, tomando el mapa base del SIC-Q.

La información del SIC-Q, fue generada a partir de fotografía aérea escala 1:5.000 para el área urbana, y para el área rural se usó fotografía aérea de 1988 escala 1:60.000. De esta fotografía (1:60.000) se realizó la restitución a escala 1:5000 para predios rurales, con el previo control geodésico y aerotriangulación, para finalmente revisar, editar y estructurar la información resultante, que contiene información sobre vías, drenaje, curvas y cotas.

A partir de la restitución se elaboraron los fotomapas (utilizando ILWIS 3.0) a escala 1:5.000 generando inicialmente un MDT, luego se tomaron 40 puntos de control de la restitución (intersección de ríos, vías, puentes, etc.) que eran visibles en la foto; y a través del método “Georef Ortho Photo” se corrigió el desplazamiento debido al relieve de todos los puntos. A continuación se aplicó un re muestreo de la imagen obtenida utilizando el método “Nearest Neighbord Resampling”, en el que se asignó un tamaño de píxel de salida de un metro.

Para la generación de los fotomapas escala 1:1.000 para el área urbana se realizó lo siguiente: 1) Se utilizó el software ORTOBASE DE ERDAS IMAGINE; 2) Se utilizó la fotografía aérea escaneada a escala 1:5.000 de la parte urbana, la parroquia de Quero; 3) Se localizaron 26 puntos de control con GPS de precisión, repartidos homogéneamente en ocho fotos, a los que se les realizó una corrección diferencial con un error menor a 20 centímetros, definiendo como sistema de proyección al (UTM-PSAD56). 4) Se realizaron las correcciones interiores (Marcas fiduciales, distancia focal, etc.) también la corrección exterior (Puntos de control GPS), para finalmente obtener el fotomapa.

Toda la información temática fue generada con base a la utilización de fotografías aéreas, datos e información secundaria y trabajos de campo con las siguientes características:

- Mapa de pendientes y erosión del suelo, escala 1:25.000, con base a la interpretación de fotografías aéreas, escala 1:30.000.
- Mapa de suelos escala 1:25.000, tomando como base la cartografía de pendientes y, como referencia, el mapa de suelos de Quero escala 1:50.000, elaborado por el ex PRONAREG.
- Mapa de zonas climáticas escala 1:25.000, con base a la información de suelos y elementos meteorológicos recopilados en el INAMHI.
- Mapa de unidades biofísicas homogéneas escala 1:25.000, con base a la interpretación de fotografías aéreas, escala 1:30.000, trabajos en campo.

Siendo el IGM la entidad que regula todos los aspectos referidos a la cartografía ecuatoriana, es lógico pensar que la información base generada, cumple con los estándares por ellos propuestos. Además vemos que la información temática generada por el CLIRSEN ha sido validada antes de entregarla al municipio de Quero y por lo tanto es información confiable. Es bien conocido en un sistema que, “ si basura entra, basura sale”, entonces es razonable pensar que el mapa resultante es confiable; pero ¿Qué tanto??

4.2.3.4.2 VALIDACIÓN DEL MAPA DE SALIDA

Para la selección final de alternativas, se tomaron en cuenta únicamente las zonas catalogadas como “Muy Buenas” o Excelentes”, entonces la pregunta es: ¿aparece esta zona en el mapa como recomendable? si es así, ¿ en campo , es también recomendable? , lo que en otras palabras se traduce a ¿ es la información en campo igual a la obtenida en el mapa? Para ello debemos evaluar el mapa, tomando una muestra que satisfaga un grado mínimo de precisión δ a un nivel de confianza dado, esto es:

$$n = \pi(1 - \pi) \left(\frac{Z_{\alpha/2}}{\delta} \right)^2 \quad \text{Donde}$$

n= Tamaño de la muestra

π = proporción de la población

δ = error de estimación de π , y es igual a diferencia entre la proporción muestral (p) y la proporción de la población (π), es decir $\delta = p - \pi$

En este caso como el resto del trabajo, se va a trabajar con un nivel de confianza del 95%, por lo tanto el valor estándar para este nivel de confianza ($Z_{\alpha/2}$) es 1.96.

Pero ya que no conocemos π , podemos suponer que π es 0.5 debido a que es igualmente probable que el mapa esté bien como que esté mal. Por otro lado, sabemos que $\delta = p - \pi$ pero al no tener p es necesario un muestreo previo para sacar la proporción muestral del mapa (p) que está correcta y en función de ello obtener n para el muestreo final.

El criterio que se usó para determinar si un punto es correcto, es primeramente que tanto la calificación en el mapa, como la calificación en campo sean iguales.

Por otra parte, ya que las zonas que se consideraron aptas para localizar al Relleno Sanitario fueron aquellas catalogadas como “Muy Buenas (MB)” y “Excelentes (E)”, las combinaciones campo- mapa “MB-E” o “E-MB” se consideran puntos correctos.

De la misma manera, todos los puntos Buenos (B), Regulares(R) y Malos (M) son “no aptos” en el mapa, por lo tanto las combinaciones campo-mapa “B-R”, “B-M”, “R-M”, “R-B”, “R-M”, “M-B”, también se consideran puntos correctos, puesto que todos ellos en definitiva no son aptos para albergar al Relleno Sanitario.

El siguiente cuadro muestra los resultados del muestreo preliminar:

CUADRO N°17
MUESTREO PRELIMINAR EN CAMPO

PTO.	VALOR CAMPO	VALOR MAPA	ESTATUS
1	B	B	Correcto
2	M	M	Correcto
3	E	B	Incorrecto
4	B	B	Correcto
5	M	M	Correcto
6	E	B	Incorrecto
7	MB	MB	Correcto
8	M	M	Correcto
9	B	MB	Incorrecto
10	R	R	Correcto

11	R	R	Correcto
12	B	MB	Incorrecto
13	MB	MB	Correcto
14	R	R	Correcto
15	B	B	Correcto
16	M	M	Correcto
17	R	R	Correcto
18	R	R	Correcto
19	R	R	Correcto
20	MB	MB	Correcto

Elaboración: Paulina Cubillo B.

Del cuadro anterior se desprende que la proporción de puntos correctos es 0.8, con lo que reemplazando en la ecuación anterior, nos da un tamaño de muestra de 10.67 y por consiguiente la proporción de puntos incorrectos es 0.2, que al momento de reemplazarlos en la ecuación da un tamaño de la muestra de 24.01.

A pesar que el tamaño de muestra nos indica que bastan únicamente 11 puntos para realizar el muestreo, en vista que se contaba ya con 20 puntos, se optó por añadir cinco mas y sobre ellos hacer los cálculos. Los resultados se muestran a continuación:

CUADRO N°18
PUNTOS DE MUESTREO PARA VALIDACIÓN DEL MAPA DE SALIDA

PTO	MAPA	CAMPO	ESTATUS	DESCRIPCION
1	B	B	Correcto	Intersección quebrada Pichibamba con vía a Huangaló Bajo
2	M	M	Correcto	Intersección vía a Mellococochoa con sendero que sube hacia Loma Guaslan
3	B	E	Incorrecto	Km 2.5 vía hacia Piquil, paralela a la Q. Chilcahuayacu
4	B	B	Correcto	Km 4.5 de la vía a jaloa La Playa, desde su desviación con la vía a El Placer
5	M	M	Correcto	Afuera de Shaushi Chico
6	B	E	Incorrecto	Km. 1 Vía a Yayulingui Bajo, en la intersección con la quebrada Curiquingue
7	MB	B	Correcto	Km. 3 de la vía hacia Zona Libre
8	M	M	Correcto	Fin de la vía hacia Shaushi Grande
9	MB	B	Incorrecto	Límite Occidental de la ciudad, sobre Q.Curiquingue
10	R	R	Correcto	Intersección de las Q. Potrerillos y Q. Pilco
11	R	R	Correcto	Afuera de El Guanto
12	MB	MB	Incorrecto	Intersección Q. Conchuina, Tinajillas y Cotohuaycu
13	MB	MB	Correcto	A 2 km de Yayulingui Bajo, vía a Yanaurcu
14	R	R	Correcto	A 2 Km de Piquil, en la intersección con la vía hacia Hualcanga Santa Anita
15	B	B	Correcto	A 100 m de Intersección Q. Conchuina, Tinajillas y Cotohuaycu, sobre la vía hacia Quero
16	M	M	Correcto	Escuela Manuel Peñaherrera, sector Cuatro esquinas
17	R	R	Correcto	Panamericana, sobre puente de la Q. Rumipungu, sector Tzerapa
18	R	R	Correcto	Puente sobre Panamericana, sector cochas de Ashpachaca
19	R	R	Correcto	A 2Km de la intersección de las vías Piquil- La Libertad, hacia Cruz Loma
20	MB	MB	Correcto	Fin de la vía a Concepción con Q. Cotohuayco
21	B	B	Correcto	Fin de la vía que conduce hacia Chocaló
22	M	M	Correcto	Panamericana, sector Cocha Larga, cerca de laguna Yanacocha
23	B	B	Correcto	Sector pueblo viejo, a 1.6 km de los tanques de agua
24	B	B	Correcto	Vía a San Vicente Alto
25	MB	E	Correcto	Intersección de la quebrada Chilcahuayacu con la vía hacia Piquil

Elaboración: Paulina Cubillo B.

La descripción de los campos es la siguiente:

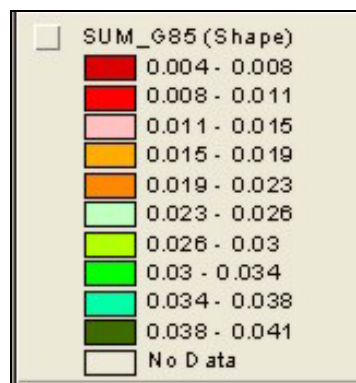
- PTO: Número del punto de muestreo
- MAPA: Calificación que el punto toma en el mapa, siendo “E” Excelente; “MB” Muy Buena, “B” Buena, “R” Regular y “M” Mala.
- CAMPO: Calificación del punto, en la verificación en campo
- ESTATUS: Indica si el punto evaluado es correcto o no.
- DESCRIPCIÓN: Breve descripción de ubicación de los puntos

El cuadro N° 18 nos indica que el 84% del mapa es correcto y por lo tanto el 16% está incorrecto.

Es importante señalar, que las cinco alternativas seleccionadas se detectaron durante este recorrido de campo y todas ellas cayeron dentro de los puntos catalogados como correctos.

▪ 4.2.3.5 SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

El mapa obtenido por el método fuzzy arrojó zonas cuyos valores oscilaban entre 0.004 y 0.41; de ellos, tal como se mencionó anteriormente, se tomaron únicamente el equivalente al 60%, es decir que nuevamente se filtraron las zonas para tomar en cuenta solo a aquellas que presentan valores desde 0.023, lo que en el mapa 6 se representa como “muy bueno” o “excelente”.



Elaboración: Paulina Cubillo B.

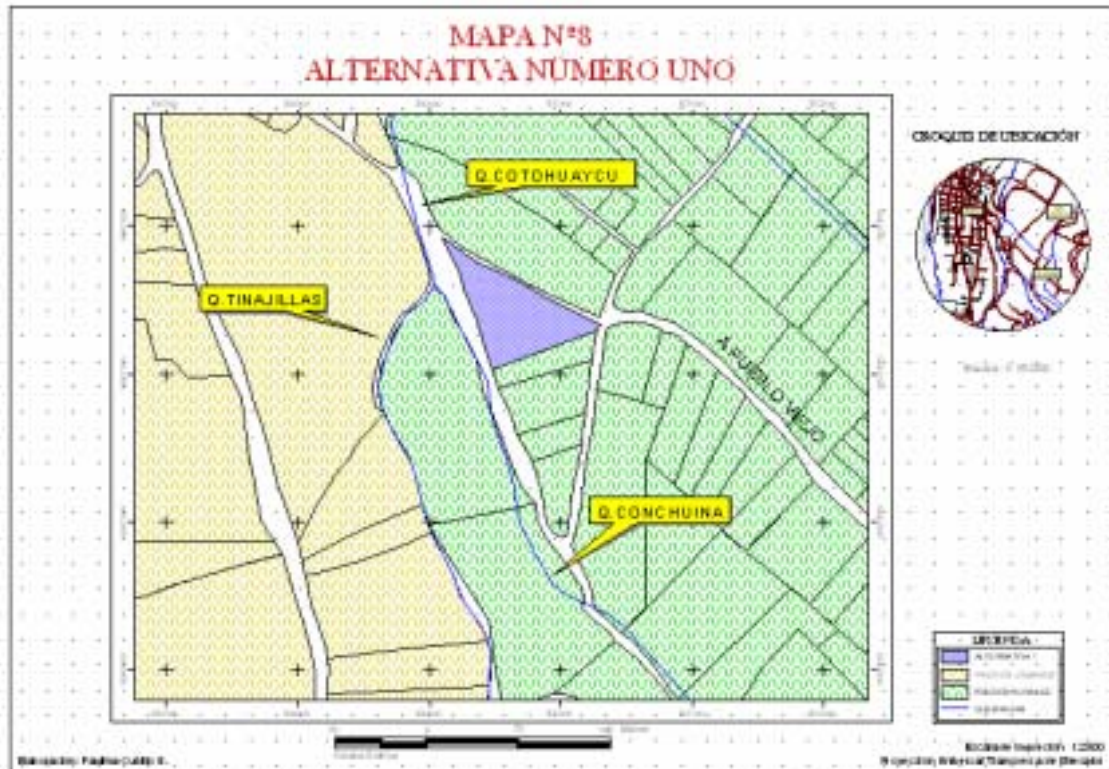
Dado que el resultado arrojado por el modelo fueron zonas muy amplias, se realizó un recorrido de campo encada una de ellas a fin de verificar sus condiciones y establecer las ventajas y desventajas que cada una de ellas ofrecía. Durante este paso se eliminaron todas las zonas cultivadas que aún se conservaban, debido a que el mapa de uso de suelo (1:25.000) no permitía establecer que en ciertas zonas (quebradas) no existían cultivos, a pesar que en su mayoría, la población cultiva incluso en las partes mas bajas de ellas.

En cada alternativa seleccionada se analizó su valor, por medio del mapa de precios y la condición respecto a él o los propietarios, los resultados son los siguientes:

4.2.3.5.1. ALTERNATIVA NÚMERO UNO

UBICACIÓN GENERAL

Corresponde a una zona comprendida en la intersección de las quebradas Conchuina, Tinajillas y Cotohuaycu. Para una mejor ubicación mirar el mapa número ocho.



SITUACIÓN LEGAL DE LA ZONA

Para la zona oriental de la Q. Conchuina, existen lotes que pertenecen a 2 propietarios, puesto que la capacidad requerida para el relleno no se abastece con un solo lote. Los lotes principales tienen un área de 4046 m² (propiedad del Sr Anibal Guerrero) y los cálculos obtenidos señalan un valor redondeado de 4100. De sujetarse a esta condición, se debería adquirir el lote vecino de 508 m² o una parte de él al señor Adán Calero. Toda la zona según el Sistema de Información catastral está valorada en 3575 dólares por hectárea, que equivaldría a una inversión por parte del municipio de 1500 dólares.

FOTO N°23
INTERSECCION Q.TINAJILLAS Y Q. CONCHUINA



FOTO N°24
AREAS CULTIVADAS CERCANAS A ALTERNATIVA UNO



Fotos: Paulina Cubillo B.

VÍAS DE ACCESO

La vía lleva al lugar es lastrada. Para llegar a la zona se puede tomar por las calles García Moreno o por la Mariano Benítez y de ahí hasta el final en donde estas calles se intersecan; luego siguiendo por esta vía se recorre aproximadamente 450 metros hasta llegar a su intersección con la quebrada Cotohuaycu, de ahí se toma por una vía de tierra siguiendo la

dirección de la misma quebrada hasta llegar a su intersección con a quebrada Tinajillas. Desde este punto la quebrada toma el nombre de Quebrada Conchuina.

ACTIVIDADES ANTRÓPICAS

No presenta mayor actividad antrópica, se observa gran presencia de vegetación arbustiva y arbórea. En las zonas cercanas existen pocos cultivos.

ACTIVIDADES DE ADECUACIÓN

- ❖ Limpieza y desmontaje: Alta presencia de árboles de eucalipto
- ❖ Construcción de la vía de acceso interna: Actualmente no existe ninguna
- ❖ Encerramiento del terreno o cerca
- ❖ Siembra de árboles a nivel perimetral: No sería necesaria
- ❖ Construcción de cunetas de coronación
- ❖ Preparación del suelo de soporte
- ❖ Construcción de drenajes de lixiviados y sistema de almacenamiento de lixiviados, así como ductos para gases, pozos de monitoreo para aguas subterráneas y demás obras necesarias en el proceso de construcción misma que se mencionan en el capítulo 2.

MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO

En las cercanías de la zona existe una zona cultivada, pero en su mayoría esta zona no presenta cultivos sobretodo del lado oriental de la quebrada Conchuina, a quien corresponde la foto n°23. La foto n°24 muestra la intersección de las quebradas conchuina y tinajillas , ambas catalogadas como “ríos intermitentes” .Dado que la inspección se realizó en los meses mas secos no existía caudal en ninguna de ellas; moradores de las zona nos informaron que en los meses de lluvia existe presencia de caudal , sin embargo a decir de los propios habitantes no es abundante. La foto 25 muestra zonas cultivadas del lado occidental de la Q.Tinajillas. De la inspección visual que se realizó, se constató una baja densidad de viviendas.

4.2.3.5.2 ALTERNATIVA NÚMERO DOS

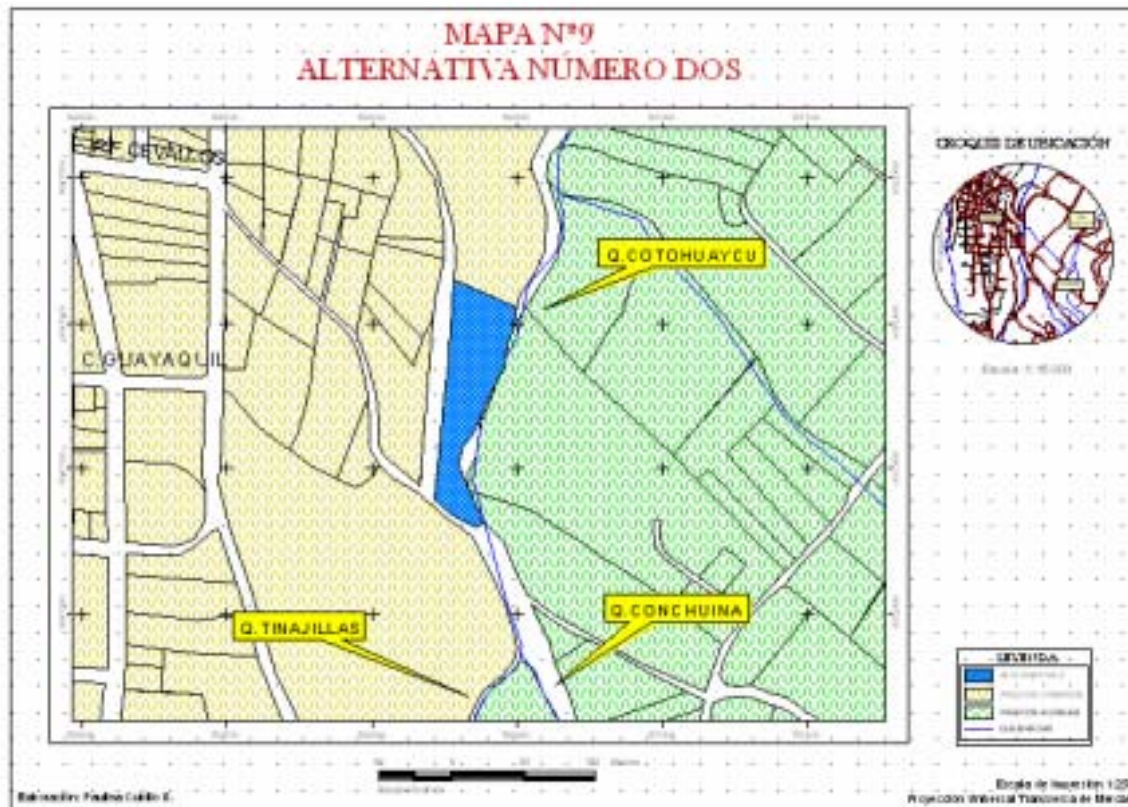
FOTO N°25
QUEBRADA COTOHUAYCU



FOTO N°26
QUEBRADA COTOHUAYCU



Fotos: Paulina Cubillo B.



UBICACIÓN GENERAL

Se encuentra aproximadamente a 100 metros hacia el norte de la alternativa número uno; se ubica sobre la intersección de la quebrada conchuina con la una vía sin nombre que nace de la intersección de las calles Mariano Benítez y García Moreno tal y como se muestra en el mapa número nueve.

SITUACIÓN LEGAL DE LA ZONA

La zona está valorada en 3575 dólares por hectárea, el área necesaria pertenece a dos propietarios. El un lote de 2590 m², pertenece al señor Manuel Flores Bautista; el área restante o sea 1510 m² se deben negociar con el señor Segundo Cunalata Chicaiza.

VÍAS DE ACCESO

Las fotografías 25 y 26 muestran la cercanía de la zona a una vía de lastrada en buen estado facilitando el transporte de los desechos. Su acceso es igual al de la alternativa uno.

FOTO N°27
QUEBRADA COTOHUAYCU (ESTE)

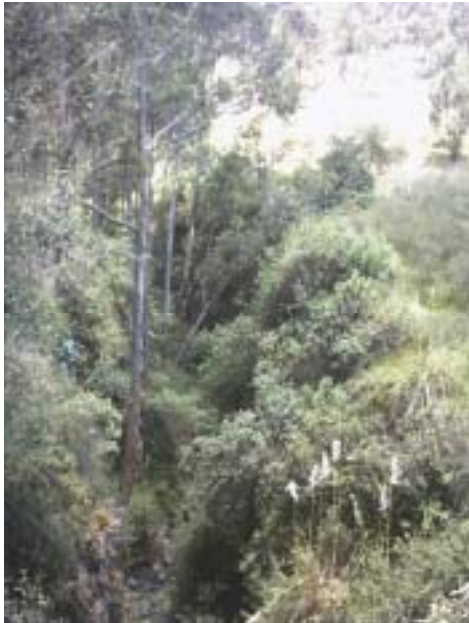


FOTO N°28
QUEBRADA COTOHUAYCU (OESTE)



Fotos: Paulina Cubillo B.

ACTIVIDADES ANTRÓPICAS

La zona no presenta mayor actividad antrópica; por tratarse de una quebrada la vegetación natural es predominante.

ACTIVIDADES DE ADECUACIÓN

- ❖ Limpieza y desmontaje: Alta presencia de arbustos con mediana presencia de árboles de eucalipto
- ❖ Construcción de la vía de acceso interna: Necesaria puesto que a parte de la vía de acceso a la zona se necesitaría una adicional que lleve hasta el lugar de disposición de desechos.
- ❖ Encerramiento del terreno o cerca
- ❖ Siembra de árboles a nivel perimetral: La zona ya posee estos atributos
- ❖ Construcción de cunetas de coronación
- ❖ Preparación del suelo de soporte

- ❖ Construcción de drenajes de lixiviados y sistema de almacenamiento de lixiviados, así como ductos para gases, pozos de monitoreo para aguas subterráneas y demás obras necesarias en el proceso de construcción misma que se mencionan en el capítulo 2.

MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO

La zona es homogénea, existen una sola vivienda cercana, muy pocos cultivos en zonas lejanas. Las fotografías número 27 y 28 muestran la quebrada en la que claramente se ve la vegetación presente que corresponde en su mayoría a eucaliptos, paja y pasto. En el recorrido de campo se pudo constatar que existe presencia de caudal muy bajo, que sin embargo según se nos informó, podría crecer debido a que en ocasiones esta quebrada es medio de desfogue de los canales de riego existentes, aguas arriba.

4.2.3.4.3 ALTERNATIVA NÚMERO TRES

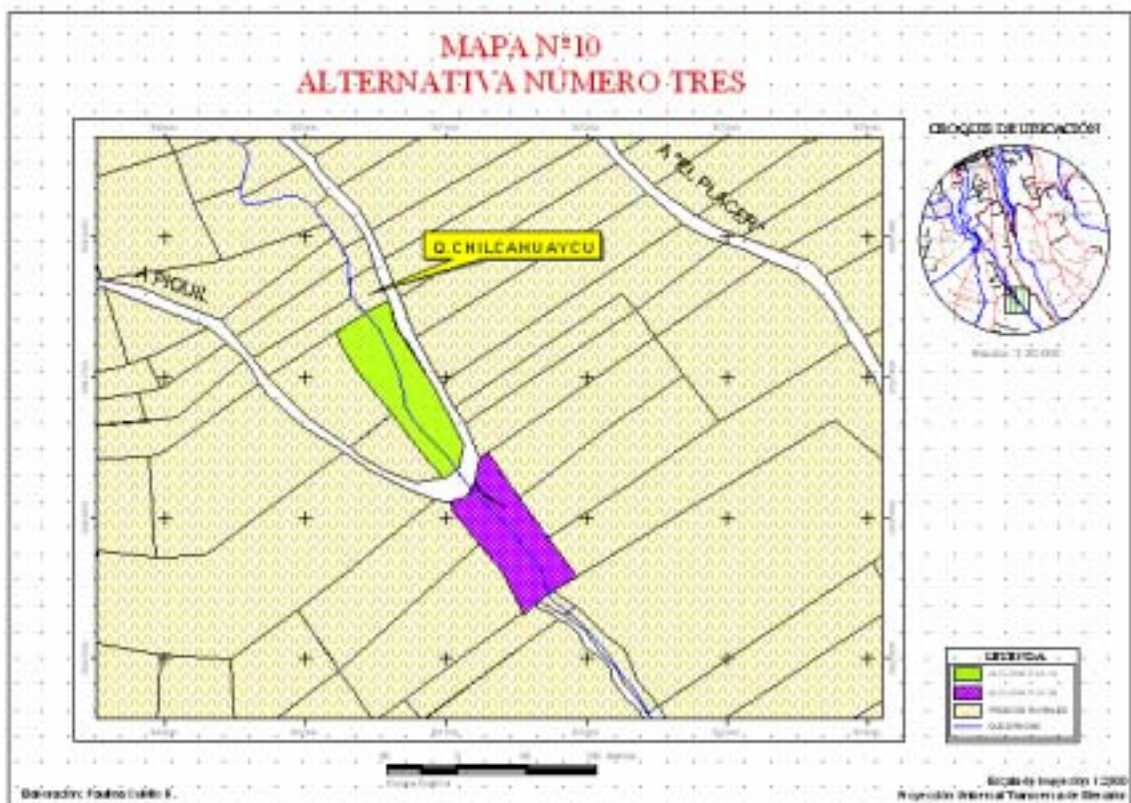
FOTO N°29
ALTERNATIVA TRES-PLANICIE JUNTO A QUEBRADA CHILCAHUAYCO



FOTO N°30
PLANICIE JUNTO A QUEBRADA CHILCAHUAYCO



Fotos: Paulina Cubillo B.



UBICACIÓN GENERAL

Se localiza en la intersección de la quebrada Chilcahuayco y la vía hacia Piquil, tal como se ubica en el mapa número diez.

SITUACIÓN LEGAL DE LA ZONA

Toda la zona está valorada en 3575 dólares por hectárea y a pesar de tratarse de una zona de quebradas posee varios propietarios, lo que dificultaría su adquisición.

Para la alternativa “A”, se debe negociar con 4 propietarios: Sr. Gurmecindo Castro (1729 m²) , Alcívides Santana (751m²), Neptalí Llerena (1594 m²), Onofre Zúñiga (437 m²). Estos terrenos corresponden desde el lado de la vía que viene desde Quero, hasta su límite con un sendero.

En el caso de la alternativa “B”, el caso es aún mas complejo: pese a estar en una quebrada, existen 6 propietarios con los que se debería negociar, puesto que la zona es altamente parcelada.

VÍAS DE ACCESO

Presenta una vía lastrada es muy buen estado . Para llegar a la zona se puede salir desde Quero por la Avenida Sur o la Juan Benigno Vela hasta la intersección de ambas vías (ambas pavimentadas). A partir de ello se recorren aproximadamente 600 metros hasta llegar a un puente en donde existe una división de la vía; tomamos por la vía lastrada que es la que lleva hacia Piquil y se recorren 2.5 kilómetros hasta llegar a una curva cerrada, donde queda la zona preseleccionada. Un recorrido desde este sitio hasta la ciudad misma se realiza en diez minutos.

ACTIVIDADES ANTRÓPICAS

Esta zona presenta dos grandes alternativas marcadas en el mapa como “A” y “B”. Para el caso “A” por tratarse de una quebrada no existe dentro de la misma actividades antrópicas, se observa a 300 metros cultivos de alfalfa. Hacia el lado sur de la quebrada marcada en el mapa con la letra “B”, la quebrada ha tomado una forma particular, puesto que las actividades de extracción de arena han cambiado su aspecto original (foto n°32).

FOTO N° 31
QUEBRADA CHILCAHUAYCO (VISTA SUR)



Foto: Paulina Cubillo B.

ACTIVIDADES DE ADECUACIÓN

- ❖ Limpieza y desmontaje: En el caso de la alternativa “A”, la limpieza se remontaría a la remoción de vegetación arbustiva y árboles de eucalipto. Para la “B” las labores de limpieza serían menores pues en el área la mayoría de vegetación existente es arbustiva.
- ❖ Construcción de la vía de acceso interna: En el caso de la alternativa “A”, es necesario construir una vía que permita acceder a la planicie en donde se depositarían los desechos. Para la “B” la vía existente es muy adecuada debido a las constantes entradas y salidas de los vehículos que recogen arena. (foto 32)
- ❖ Encerramiento del terreno o cerca
- ❖ Siembra de árboles a nivel perimetral: La zona ya posee estos atributos
- ❖ Construcción de cunetas de coronación
- ❖ Preparación del suelo de soporte
- ❖ Construcción de drenajes de lixiviados y sistema de almacenamiento de lixiviados, así como ductos para gases, pozos de monitoreo para aguas subterráneas y demás obras necesarias en el proceso de construcción misma que se mencionan en el capítulo 2.

MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO

Las fotografías 30 y 31 muestran una planicie que se encuentra al lado occidental de la vía y que corresponden a la alternativa “A” misma que presenta en su gran mayoría árboles de eucalipto, además de paja o sigse y ninguna vivienda cercana.

De acuerdo a información de los moradores, se pudo establecer que la quebrada es totalmente seca, incluso en épocas de lluvia no presenta caudal lo que haría que esta zona resultase óptima para albergar al RS. La fotografía 32 muestran la alternativa “B” en donde ya se dijo se extrae arena para construcción. Las condiciones topográficas son altamente favorables.

4.2.3.4 ALTERNATIVA NÚMERO CUATRO

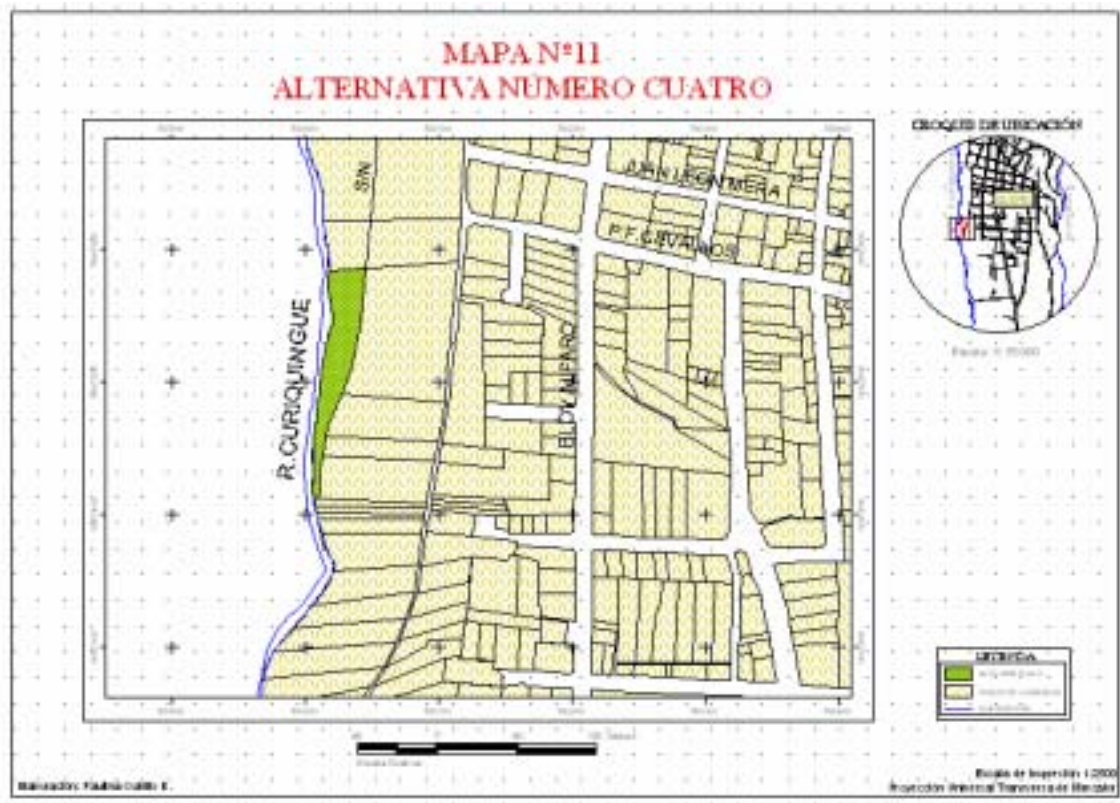
**FOTO N°32
QUEBRADA CURIQUINGUE
VISTA SUR**



**FOTO N°33
QUEBRADA CURIQUINGUE
VISTA ESTE**



Fotos: Paulina Cubillo B.



UBICACIÓN GENERAL

Se localiza en el límite occidental de la ciudad de Quero sobre la quebrada del río Curiquingue. Para ingresar a esta zona, se lo hace por la calle Ambato hasta el final y de allí hacia el sur. Ver mapa número once para mayor referencia.

SITUACIÓN LEGAL DE LA ZONA

Esta zona es una de las de mayor puntaje y su precio oscila entre los 2283 y 4899 dólares por hectárea. La negociación debería hacerse con 4 propietarios para las instalaciones administrativas, pero la quebrada misma por ley pertenece a la municipalidad, donde se ubicaría el relleno mismo.

VÍAS DE ACCESO

La vía de acceso que lleva directamente hacia la quebrada, es de tierra adaptada para un solo carril, al final de esta vía existe una pequeña planicie donde los autos pueden darse la vuelta, sin embargo sabemos que de resultar electo este sitio, deberán hacerse adecuaciones.

ACTIVIDADES ANTRÓPICAS

Actualmente se observa que los moradores aledaños botan basura a lo largo de la vía de acceso y en la quebrada misma, debido a que esta zona carece del servicio de recolección pese a estar en la zona urbana.

ACTIVIDADES DE ADECUACIÓN

- ❖ Limpieza y desmontaje: Contiene alta cantidad de árboles, su limpieza sería dificultosa.
- ❖ Construcción de la vía de acceso interna: Ampliar la vía existente implicaría grandes movimientos de masa (ver foto n°31 y 32)
- ❖ Encerramiento del terreno o cerca
- ❖ Siembra de árboles a nivel perimetral: No sería necesaria porque la zona ya posee estos atributos
- ❖ Construcción de cunetas de coronación
- ❖ Preparación del suelo de soporte
- ❖ Construcción de drenajes de lixiviados y sistema de almacenamiento de lixiviados, así como ductos para gases, pozos de monitoreo para aguas subterráneas y demás obras necesarias en el proceso de construcción misma que se mencionan en el capítulo 2.

MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO

La zona en general está ubicada en los bordes de la quebrada del río Curiquingue, presenta al igual que las demás eucaliptos y gran cantidad de pasto. Los bordes de la quebrada se ubican sobre terrenos planos que se encuentran a un desnivel aproximado de 10 metros respecto de los terrenos colindantes que poseen propietarios. La foto 31 muestra el final de la vía; en la foto n° 32 se observa los terrenos aledaños a la vía en los que se harían trabajos de adecuación para el RS.

4.2.3.4.5 ALTERNATIVA NÚMERO CINCO

UBICACIÓN GENERAL

Se localiza en la intersección de la vía hacia Yayulingui Bajo y la quebrada del río Curiquingue. Ver mapa número doce para una mejor ubicación.

FOTO N°34
INTERSECCIÓN Q.CURIQUINGUE Y VIA HACIA YAYULINGUI BAJO (VISTA SUR)



Foto: Paulina Cubillo B.

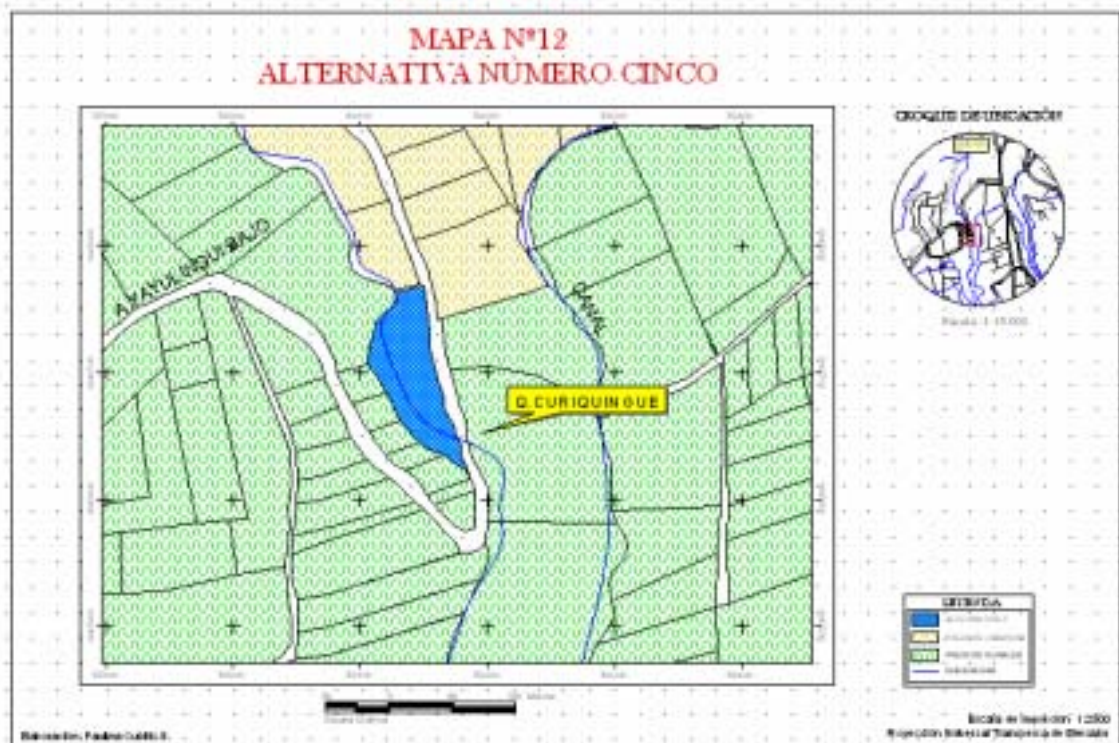
FOTO N°35
INTERSECCIÓN Q.CURIQUINGUE Y VIA HACIA YAYULINGUI BAJO (VISTA ESTE)



Foto: Paulina Cubillo B.

SITUACIÓN LEGAL DE LA ZONA

la zona está valorada en 2883 dólares por hectárea y al igual que en los casos anteriores posee dos propietarios, uno de ellos es el señor Luís Gerardo Enríquez a quien debería comprarse un terreno de 2471 m²; el otro propietario es el Sr. Neptalí Silva Enríquez, con quien se debe negociar un terreno de 2760 m².



VIAS DE ACCESO

La vía de acceso hacia esta zona es asfaltada. Para llegar a la zona , se sale de Quero por la Avenida Sur o la Benigno Vela, una vez q estas dos vías se intersecan se sigue por esta vía aproximadamente unos 350 metros y se toma por la primera vía hacia la derecha , que es la vía hacia Yayulingui Bajo y que es asfaltada, se recorre 1 kilómetro y se llega a la intersección de la vía con la quebrada del río Curiquingue.

ACTIVIDADES ANTRÓPICAS

Dentro de la zona misma no se presenta ninguna actividad antrópica.

ACTIVIDADES DE ADECUACIÓN

La zona presenta una planicie (foto 36) que podría ser adecuada para la ubicación del RS; además existe una vía de tierra que conduce hacia dicha planicie, por la que actualmente solo pueden circular autos pequeños. Las principales actividades a desarrollarse son:

- ❖ Limpieza y desmontaje: Cuya labor no sería muy trabajosa debido a que la zona presenta en su mayoría pasto y sigse.
- ❖ Construcción de la vía de acceso interna: Esta alternativa posee un vía de tierra de un solo carril que debería ser ampliada para que la circulación de los recolectores sea mas cómoda, esto implica realizar labores de remoción de tierras que podrían incrementar el costo de la implantación del RS.
- ❖ Encerramiento Del Terreno O Cerca
- ❖ Siembra de árboles a nivel perimetral:
- ❖ Construcción de cunetas de coronación
- ❖ Preparación del suelo de soporte
- ❖ Construcción de drenajes de lixiviados y sistema de almacenamiento de lixiviados, así como ductos para gases, pozos de monitoreo para aguas subterráneas y demás obras necesarias en el proceso de construcción misma que se mencionan en el capítulo 2.

MEDIO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO

A lo largo de la vía hacia Piquil, se observa una gran cantidad de cultivos; sin embargo en la zona misma existe bosque de eucaliptos y gran cantidad de sigse (foto 35) ideal para el desarrollo de un RS y no existen viviendas cercanas que puedan ser afectadas; la quebrada presenta además una planicie con vegetación natural que puede ser adecuado para el RS. Continuando 1 kilómetro hacia Piquil la actividad agrícola continúa y se presenta una alta densidad de viviendas.

OBSERVACIONES DE LA COMPROBACIÓN DE CAMPO

Tal como se mencionó anteriormente se hizo un recorrido a lo largo de todas las zonas que luego de la aplicación del modelo fuzzy resultaron como las mas favorables.

Durante esta actividad se logró establecer que la mayoría de las zonas se encontraban altamente pobladas , es decir que alrededor de las zonas si bien no existía una población consolidada como tal , si existían mas de diez viviendas aledañas; esto debido a la cercanía con las vías de comunicación sobretodo.

Por otra parte durante el recorrido se observó que en muchas ocasiones los sectores poseían la topografía adecuada, sin embargo ocurría que para acceder a ellos se debía hacerlo por vías en pésimo estado o en la mayoría de los casos, vías con pendientes fuertes

o muy fuertes, que para el caso práctico de un recolector sería muy dificultoso o imposible de hacerlo y por lo tanto fueron descartadas.

Además en muchas de las zonas recorridas se lograba ubicar a la zona catalogada como “factible”, pero para acceder a ella se debían cruzar extensiones de terreno cultivadas o pobladas, que para el caso práctico de este estudio resultaría muy difícil de negociar con los propietarios, quienes en la propia visita de campo manifiestan su rechazo de colocar la basura en las cercanías, y peor aún si se tratase de alguno de sus terrenos.

Finalmente el factor común ponderante resultó ser la existencia de cultivos, sobretodo de papa, cebada chocho, arveja, habas, maíz y un caso particular de cultivos de flores en las laderas de una quebrada.

Es notable que el cantón es meramente agrícola puesto que se cultiva incluso en quebradas con fuertes pendientes y hasta las partes mas bajas de las mismas. Cabe resaltar además que la información proporcionada por el Sistema de Información es muy fiel a la realidad, lo que facilitó de sobremanera el recorrido.

4.2.3.4.6 COMPARACIÓN ENTRE ALTERNATIVAS

Tal como se describió anteriormente se escogieron cinco alternativas para la ubicación del nuevo relleno sanitario, cada una de ellas –como es normal- presentan diferentes características que las pueden hacer mayor o menormente factibles; por lo tanto el cuadro n°17 resume las características de cada una de ellas, a fin que sirva como una guía para las autoridades locales en su decisión final. Es importante señalar que los precios presentados en este estudio, corresponden a valores **catastrales** calculados obtenidos del Sistema de Información Catastral de la ciudad; sin embargo al momento de adquirir cualquiera de los predios, sería importantísimo hacer un avalúo **comercial** de los terrenos con el fin de que los propietarios no resulten perjudicados con la venta de sus terrenos.

Además tal como se mencionó anteriormente, un aspecto que debe ser tomado muy en cuenta al momento de tomar una decisión, constituye el factor hidrogeológico que no se incluyó en el modelo para el análisis, y que se materializa en las perforaciones en cada una de las zonas seleccionadas para determinar la profundidad del nivel freático y de esta manera evitar la contaminación de acuíferos subterráneos.

De la misma manera, los estudios de movimientos de masa son un elemento de gran relevancia al momento de escoger la zona definitiva; este tipo de estudios debe hacerse ya en las zonas seleccionadas puesto que realizar un estudio de este tipo en todas las zonas señaladas como “factibles” resultaría altamente costoso.

CUADRO N°13
COMPARACION ENTRE ALTERNATIVAS

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4	ALTERNATIVA 5
Ubicación	A 500 m del frente oriental urbano de Guaya	A 400 m del frente oriental urbano de Guaya	En 2.5 Ha's 750m	Urbano urbano de Guaya	En 1.5 Ha's 750m Bajo
Propietarios	Doz propietarios	Doz propietarios	Alternativa "W" 4 propietarios Alternativa "E" 4 propietarios	Propietario # 4 propietarios	Propietario # 4 propietarios
Valor (Ushida)	3075	3075	3075	Entre 2285 y 4895	2085
Vías de Acceso a la zona	De Terma	Callejuela	Callejuela	De Terma	Admitida
Actividades Anticipas	Ninguna	Ninguna	Ninguna para la alternativa "W", para la "E" actualmente se están realizando obras de construcción	Revisión y desarrollo de la zona para áreas cubiertas	Ninguna
Actividades de adecuación	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Limpieza y Desmontaje ◆ Abre vía de acceso ◆ Cercado del terreno ◆ Cuentas de Conexión ◆ Preparación e suelo de soporte ◆ Demás obras necesarias en la etapa de funcionamiento ◆ Conexiones de luz 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Limpieza y Desmontaje ◆ Abre vía de acceso ◆ Cercado del terreno ◆ Cuentas de Conexión ◆ Preparación e suelo de soporte ◆ Demás obras necesarias en la etapa de funcionamiento 	<p>ALTERNATIVA "W"</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Limpieza y Desmontaje ◆ Abre vía de acceso ◆ Cercado del terreno ◆ Cuentas de Conexión ◆ Preparación e suelo de soporte ◆ Demás obras necesarias en la etapa de funcionamiento <p>ALTERNATIVA "E"</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Pocos labores de limpieza ◆ Vía de acceso en buenas condiciones ◆ Cercado del terreno ◆ Cuentas de Conexión ◆ Preparación e suelo de soporte ◆ Demás obras necesarias en la etapa de funcionamiento 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Limpieza y Desmontaje ◆ Abre vía interna de acceso ◆ Cercado del terreno ◆ Cuentas de Conexión ◆ Preparación e suelo de soporte ◆ Demás obras necesarias en la etapa de funcionamiento 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Limpieza y Desmontaje ◆ Abre vía interna de acceso ◆ Cercado del terreno ◆ Barrera de Protección Natural ◆ Cuentas de Conexión ◆ Preparación e suelo de soporte ◆ Demás obras necesarias en la etapa de funcionamiento
Medio Natural	Quebrada, alta presencia de eucaliptos	Quebrada, vegetación arbustiva y poca vegetación arborea	Quebrada, Totalmente seca, presencia de eucaliptos y paja e sigle	Quebrada, Bosque de eucaliptos, presencia de pasto y sigle	Quebrada, presencia de eucaliptos, sigle y paja
Medio Socioeconómico	Cultivos cercanos a la zona, pocas viviendas	Cultivos cercanos a la zona, pocas viviendas	Cultivos cercanos, no se divisan viviendas cercanas	Ubicada en límites de zona urbana, viviendas cercanas	Pocos cultivos cercanos, no viviendas

Elaboración: Paulina Cubillo B