Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"
Facultad de Informática
Carrera de Ingeniería Informática

Documento para el trabajo de diploma

Título:

"Sistema informático para el cálculo de la Huella Ecológica e Hídrica como indicadores de un desarrollo sostenible"

Autor:
Eduardo López Yanes

Tutores:
Dr. Eduardo López Bastida
Msc. Hugandy Álvarez Acosta
Msc. Anay Carrillo Ramos

Cienfuegos, Cuba
Curso 2011 – 2012

Declaración de autoría

Declaro que soy el único autor (Declaramos que somos los únicos autores) de este trabajo y autorizo (autorizamos) al <Nombre del Departamento> de (de la, del) <Nombre de la Entidad> y al Departamento de Informática de la Facultad de Informática en la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, para que hagan el uso que estimen pertinente con el trabajo de diploma.

Para que así conste firmo (firmamos) la presente a los ____ días del mes de ___ del ___.

	(Si procede)
_____	_____
Nombre completo del primer autor	Nombre completo del segundo autor
	(Si procede)
_____	_____
Nombre completo del primer tutor	Nombre completo del segundo tutor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido revisado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referente a la temática señalada.

---	---
Firma Tutor	Firma Tutor
---	---
Firma ICT	Firma Vicedecano

Opinión del usuario

El Trabajo de Diploma, titulado <Título del Trabajo de Diploma>, fue realizado en nuestra entidad <Nombre de la Entidad que utilizará el sistema>. Se considera que, en correspondencia con los objetivos trazados, el trabajo realizado nos satisface:

- □ Totalmente
- □ Parcialmente en un ____ %

Los resultados de este Trabajo de Diploma le reportan a nuestra entidad los beneficios siguientes (cuantificar):

_____
_____
_____
_____
_____

Como resultado de la implantación de este trabajo se reporta un efecto económico que asciende a <valor> MN y/o <valor> CUC. (Este valor debe ser REAL, no indica lo que se reportará, sino lo que reporta a la entidad. Puede desglosarse por conceptos, tales como: cuánto cuesta un software análogo en el mercado internacional, valor de los materiales que se ahorran por la existencia del software, valor anual del (de los) salario(s) equivalente al tiempo que se ahorra por la existencia del software).

Y para que así conste, se firma la presente a los __ días del mes de ____ del año ____.

_____ _____

Nombre del representante de la entidad Cargo

_____

Firma Cuño

Opinión del tutor

Título: <Título del trabajo de diploma>
Autor(es): <Nombres y apellidos del autor o los autores>

El(Los) tutor(es) del presente Trabajo de Diploma considera (mos) que durante su ejecución el(los) estudiante(s) mostró (aron) las cualidades que a continuación se detallan.

<El tutor debe expresar cualitativamente su opinión y medir (usando la escala: muy alta, alta, adecuada) entre otras las cualidades siguientes: Independencia, Originalidad, Creatividad, Laboriosidad y Responsabilidad>

<Además, debe evaluar la calidad científico-técnica del trabajo realizado (resultados y documento) y expresar su opinión sobre el valor de los resultados obtenidos (aplicación y beneficios)>.

Por todo lo anteriormente expresado considero que el estudiante está (no) apto para ejercer como Ingeniero Informático; y propongo que se le otorgue al Trabajo de Diploma la calificación de <2 – Desaprobado, 3 – Aprobado, 4 – Bien, 5 – Excelente>.

<Si considera que los resultados poseen valor para ser publicados, debe expresarlo también>

Y para que así conste, se firma la presente a los __ días del mes de _____ del año ___.

	(Si procede)
_____	_____
Nombre completo del primer tutor <Grado científico, Categoría docente y/o investigativa>	Nombre completo del segundo tutor <Grado científico, Categoría docente y/o investigativa>

Fecha: _____

Agradecimientos

Gracias a mis padres por apoyarme,
a mis tutores por guiarme
y a mis amigos por aguantarme.

Dedicatoria

Dedicado a todos los que hicieron posible la realización de este trabajo.

Resumen

La presente investigación que lleva por nombre “Sistema informático para el cálculo de la Huella Ecológica e Hídrica, como indicadores de un desarrollo sostenible”, se realiza con el objetivo de crear un software que agilice el cálculo y posterior análisis de los indicadores de desarrollo sostenible Huella Ecológica y Huella Hídrica.

Las políticas de desarrollo económico de los modelos capitalistas son insostenibles; un planeta limitado no puede suministrar indefinidamente los recursos que esta clase de explotación exige. Se ha impuesto la idea de un cambio de modelo económico con el fin de avanzar hacia un desarrollo real, que permita la mejora de las condiciones de vida, pero compatible con una explotación racional del planeta que cuide el ambiente. La Huella Ecológica es un método de medición que analiza las demandas de la humanidad sobre la biosfera comparando esta con la capacidad regenerativa del planeta.

El trabajo se desarrolló bajo la concepción de un sistema que automatice las distintas metodologías para el cálculo de la Huella Ecológica, que en la actualidad se aplican de forma manual en las investigaciones. El mismo permitirá una mayor eficacia y fiabilidad de los trabajos, a la vez que facilitará el análisis y manejo de la información arrojada.

El sistema informático dará la posibilidad de calcular la Huella Ecológica en tres variantes: para países y ciudades, para productos y servicios y en su variante personal; y la Huella Hídrica.

Se realiza la programación del sistema portable sobre la herramienta de trabajo QT, usando lenguaje C++, seleccionando como gestor de bases de datos SQLite para el almacenamiento de la información y para modelar el análisis y diseño de la aplicación la metodología RUP.

Índice

Introducción....1
Capítulo 1 – Fundamentación teórica....1
1.1 – Introducción....1
1.2 – Descripción del dominio del problema....1
1.2.1– Desarrollo sostenible....1
1.2.2– Economía Ecológica....2
1.2.3– Huella ecológica. Conceptos, importancia, fortalezas y debilidades.....3
1.2.4– Calculo de la Huella Ecológica....4
1.2.5 – Capacidad de carga de la naturaleza....5
1.2.6– Déficit ecológico....5
1.2.7– Importancia del cálculo de la Huella Ecológica....6
1.2.8– Ventajas y desventajas del indicador Huella Ecológica....7
1.2.9– Metodologías más usadas para el cálculo de la Huella Ecológica....9
1.2.10– Huella Ecológica de países y ciudades....9
1.2.11– Huella Ecológica de productos y servicios....13
1.2.12– Huella Personal....16
1.2.13– Huella Hídrica. Conceptos, importancia, fortaleza y debilidades....20
1.3 – Descripción del objeto de estudio....24
1.3.1– Flujo actual de los procesos....24
1.3.2– Análisis crítico de la ejecución de los procesos....24
1.3.3– Descripción de los sistemas existentes....24
1.4– Tendencias, metodologías y tecnologías actuales....25
1.4.1– Etapa de diseño y desarrollo....25
1.5– Lenguajes de programación y tecnología portable.....26
1.6– Sistemas gestores de bases de datos....29
1.7– Selección del lenguaje y gestor de base de datos que serán empleados....33
1.8– Conclusiones....33
Capítulo 2 – Diseño y Construcción de la solución propuesta....34
2.1 – Introducción....34
2.2 – Definición de las entidades y los conceptos principales....34
2.3 – Reglas del negocio a considerar....36
2.4 – Representación del modelo del dominio....37
2.5 – Descripción del sistema propuesto....37
2.5.1 – Concepción general del sistema....37
2.5.2 – Requerimientos funcionales....39
2.5.3 – Requerimientos no funcionales....49
2.6– Modelo de casos de uso del sistema....52
2.6.1– Actores del sistema....52
2.6.2 – Diagramas de casos de uso del sistema....52
2.6.3- Descripción de los casos de uso de sistema....53
2.7- Construcción de la solución propuesta....65
2.7.1 – Diagrama de clases del diseño....65
2.7.2- Diseño de la base de datos....65
2.7.3 – Diagrama de implementación....66

2.8– Principios de diseño 66
2.8.1- Estándares en la interfaz de la aplicación 66
2.8.2- Tratamiento de errores 66
2.9 – Conclusiones 67
Capítulo 3- Estudio de factibilidad y Validación de la solución propuesta. 68
3.1 Introducción. 68
3.2 Estudio de Factibilidad 68
3.3 Beneficios tangibles e intangibles 73
3.4 Diseño del cuestionario 74
3.5 Resultados de la aplicación de la encuesta a los usuarios 75
3.6 Conclusiones. 80
Conclusiones 82
Recomendaciones 83
Referencias bibliográficas 84
Bibliografía 86
Glosario de términos 90
Anexos 91

Índice de Tablas

Tabla 1 Comparación entre la Huella Ecológica y la capacidad de carga 6
Tabla 2 Actores del sistema 52
Tabla 3 Caso de uso 1 Módulo Países y Ciudades 54
Tabla 4 Caso de uso 2 Módulo Países y Ciudades 55
Tabla 5 Caso de uso 3 Módulo Países y Ciudades 55
Tabla 6 Caso de uso 4 Módulo Países y Ciudades 56
Tabla 7 Caso de uso 5 Módulo Países y Ciudades 56
Tabla 8 Caso de uso 6 Módulo Países y Ciudades 57
Tabla 9 Caso de uso 7 Módulo Países y Ciudades 58
Tabla 10 Caso de uso 8 Módulo Países y Ciudades 58
Tabla 11 Caso de uso 1 Módulo Productos y Servicios 59
Tabla 12 Caso de uso 2 Módulo Productos y Servicios 59
Tabla 13 Caso de uso 3 Módulo Productos y Servicios 60
Tabla 14 Caso de uso 4 Módulo Productos y Servicios 61
Tabla 15 Caso de uso 5 Módulo Productos y Servicios 61
Tabla 16Caso de uso 1 Módulo Personal 62
Tabla 17 Caso de uso 2 Módulo Personal 62
Tabla 18 Caso de uso 3 Módulo Personal 63

Tabla 19 Caso de uso 4 Módulo Personal 63
Tabla 20 Caso de uso 5 Módulo Personal 64
Tabla 21 Caso de uso 1 Módulo Hídrica 64
Tabla 22 Caso de uso 2 Módulo Hídrica 65
Tabla 23Archivos Lógicos Externos 69
Tabla 24 Entradas Externas 69
Tabla 25 Salidas Externas 71
Tabla 26 Calculo de puntos de función en bruto 71
Tabla 27 Factor de Ajuste.....72
Tabla 28 Resultado de factibilidad 73

Introducción

Las políticas de desarrollo económico basado en la máxima producción, el consumo, la explotación ilimitada de recursos y el beneficio como único criterio de la buena marcha económica es insostenible; un planeta limitado no puede suministrar indefinidamente los recursos que esta explotación exigiría. Por esto se ha impuesto la idea de que hay que ir a un desarrollo real, que permita la mejora de las condiciones de vida, pero compatible con una explotación racional del planeta que cuide el ambiente: El llamado desarrollo sostenible; implica un reto para la economía en la búsqueda de nuevos indicadores que reflejen el proceso de sostenibilidad. La **Huella Ecológica** es un indicador de economía ecológica que calcula el consumismo, definido como «el área de territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población dada con un modo de vida específico de forma indefinida». Su objetivo fundamental consiste en evaluar el impacto sobre el planeta de un determinado modo o forma de vida y, consecuentemente, su grado de sostenibilidad. Este indicador tiene la importancia, de que nos ayuda a comprender cómo afecta nuestro modo de vida a la naturaleza y a establecer los verdaderos costes del concepto de desarrollo, permitiendo ver muchos impactos que los indicadores tradicionales no reflejan. El análisis de la Huella Ecológica, proporciona una herramienta para la interpretación ecológica de hoy y permite trazar políticas para disminuir la carga ecológica de la humanidad. Es posible asegurar el bienestar humano con el patrimonio ecológico que tomamos prestados de nuestros hijos y la huella nos indica si caminamos en buena dirección.

También como indicador de economía ecológica se encuentra la **Huella Hídrica** que no es más que un indicador de uso del agua que considera tanto el uso directo como indirecto de un consumidor o productor. La huella hídrica de un individuo, comunidad o comercio se define como el volumen total de agua dulce

que se utiliza para producir los bienes y servicios consumidos por un individuo o comunidad, así como el uso provocado por el comercio.

El cálculo de la **Huella Ecológica** y la **Huella Hídrica** revela también los intercambios implicados por el comercio entre las naciones, lo que permite a los gobiernos de éstas y a sus agencias evaluar los riesgos que pudieran presentarse y formular mejores estrategias al respecto. El cálculo de estos indicadores es posible hacerlo a nivel mundial para estimar la huella de naciones, regiones, ciudades, familias, individuos, productos o servicios, existiendo una amplia literatura actual sobre reportes de huellas de países y ciudades de todo el planeta, lo cual nos permite tener un índice de comparación de los diferentes modelos de desarrollo.

Situación Problemática

El cálculo de la Huella Ecológica, ya sea en su variante personal, para países y ciudades, o para productos y servicios, y el cálculo de la Huella Hídrica conlleva un conjunto de fórmulas matemáticas, implicadas con variables propias de dichas operaciones, lo cual dificulta el cálculo de las mismas y se corre el riesgo de obtener valores erróneos. Además para el análisis del comportamiento de la huella de un periodo de tiempo a otro, y como se comportan las diferentes subhuellas, se necesita información tabulada que permita al investigador realizar un buen análisis de la información recopilada.

No se tiene conocimiento de ningún sistema que permita calcular la huella ecológica e hídrica, las investigaciones realizadas en Cienfuegos han tenido que ser calculadas por Microsoft Excel. Un software creado con el fin de ayudar en investigaciones para un desarrollo sostenible debe tener las siguientes funcionalidades:

- Calculo de la Huella Ecológica en su variante personal, para países y ciudades y para productos y servicios.

- Calculo de la Huella Hídrica.
- Calculo de la Huella Ecológica en parámetros económicos.
- Dar resultados gráficos de las distintas huellas calculadas con el fin de establecer comparaciones, así como graficar las diferentes subhuellas para establecer una evaluación del comportamiento de cada una.

El **problema a resolver** que se define es el siguiente: La Huella Ecológica hoy en día constituye uno de los principales indicadores de desarrollo sostenible a nivel personal, territorial y corporativo y su determinación conlleva toda una serie de procesamiento de datos y cálculos matemáticos que actualmente en el país se hacen de forma manual lo cual atenta contra la fiabilidad y eficacia de estos procedimientos metodológicos. Se plantea como **problema científico:** ¿Es posible la construcción de un software libre para la determinación de la Huella Ecológica y la Huella Hídrica adaptado a las condiciones en Cuba?

Para la realización de este trabajo se enmarca como **objeto de estudio** la investigación de los métodos y variantes que pueden ser utilizados para el cálculo de la **Huella Ecológica** y de la **Huella Hídrica** y el **campo de acción** es la gestión de la información relacionada con los indicadores de desarrollo sostenible Huella Ecológica y Huella Hídrica.

Considerando el análisis del problema se puede definir como **idea a defender**: si se automatiza las determinaciones de la Huella Ecológica e Hídrica mediante la construcción de un software libre se podrá aumentar la fiabilidad y eficacia de estos procedimientos lo cual a su vez ayudaría a la extensión de dichos cálculos al análisis del desarrollo sostenible del país.

Objetivos Generales

"Desarrollar un sistema informático que calcule y tabule la información referente a los indicadores de desarrollo sostenible Huella Ecológica y Huella Hídrica."

Objetivos Específicos

- Analizar los elementos que serán automatizados.
- Implementar la aplicación cumpliendo con los requerimientos del cliente.
- Validar el sistema informático en un período de un mes.

Tareas para el Cumplimiento de los Objetivos Específicos

- Estudio de los fundamentos teóricos y prácticos referentes al cálculo de la Huella ecológica y la Huella Hídrica.
- Estudio de las metodologías, tendencias y tecnologías actuales que puedan resultar aplicables.
- Investigación de sistemas existentes automatizados vinculados al problema.
- Diseño de la Base de Datos.
- Diseño de la interfaz gráfica de la aplicación propuesta.
- Puesta a punto del sistema informático propuesto.
- Confección de una ayuda detallada del sistema.
- Documentación del sistema.
- Diseño de la encuesta para la validación.
- Desarrollo de la encuesta.

El **aporte práctico** del trabajo es la obtención de un sistema informático que facilite la gestión de la información en el Cálculo de la Huella Ecológica y la Huella Hídrica, permitiendo mayor eficacia y fiabilidad en estos procesos.

Resumen capitular:

Capítulo 1: Fundamentación Teórica. Recoge los conceptos que se necesitan dominar para explicar en detalles cómo surge y de qué se encarga el presente trabajo. Se describe el objeto de estudio, sistemas existentes vinculados al campo de acción, se especifican los detalles de la construcción de la herramienta y la propuesta del sistema. También incluye una descripción del lenguaje a utilizar para la implementación del sistema; la herramienta utilizada para diseñar la interfaz gráfica; y el sistema de gestión de Bases de Datos. También se propone la metodología que se utilizará para realizar el análisis y diseño del sistema y el lenguaje para modelar, construir y documentar los elementos que conforman el software.

Capítulo 2: Descripción y Construcción de la solución propuesta. Se describe el modelo del negocio, el entorno de trabajo en que se desarrolla el sistema, mostrando el caso de uso, el diagrama de actividad, diagrama de clase del modelo de objeto, requerimientos funcionales y no funcionales, descripción del sistema propuesto y los casos de uso del sistema. Se plantean los detalles relacionados con el diseño del sistema que se propone, se utilizan para su modelado los diagramas de interacción y el diseño de la base de datos, se describe el tratamiento de errores, la concepción de la ayuda general y estándares de codificación. También se especifican principios tenidos en cuenta para la implementación y diseño de interfaz de la herramienta propuesta. Así como el modelo de despliegue y de implementación.

Capítulo 3: Estudio de la factibilidad y validación del sistema informático. Se describe lo relacionado con la planificación, costo, beneficios tangibles e intangibles, análisis de costo y beneficios en el desarrollo de la aplicación a desarrollar.

Capítulo 1 – Fundamentación teórica

1.1 – Introducción

Este capítulo contiene la fundamentación teórica del tema que es objeto de estudio en este trabajo. En él se exponen todos los conceptos y metodologías asociados con la investigación. Se realiza un estudio sobre las metodologías, tecnologías informáticas y herramientas que se puedan emplear para la solución del problema planteado.

1.2 – Descripción del dominio del problema

1.2.1– Desarrollo sostenible

El concepto de desarrollo sostenible (sustentable) fue enunciado por primera vez en 1981, irrumpiendo de manera generalizada como término de uso frecuente en los medios de comunicación y en los entes tomadores de decisiones a raíz del Informe ¨Nuestro Común Futuro¨ (conocido como Informe Brundtland) de la Comisión de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, 1987. El concepto enunciado en este Informe fue:

> Un desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades.

Fig. 1 Concepto de desarrollo sostenible

Esta definición es la que más ha perdurado con el tiempo por reunir las siguientes condicionantes:

Aceptabilidad: este concepto por su sencillez lo hace criticado por muchos debido a su vaguedad e impresión. Su sencillez le da carácter de aceptabilidad casi general por todos los expertos, político y sociólogos.

Carácter polémico: el hecho de representar una idea que pocas personas podrían manifestarse en desacuerdo le da una idea de generalidad. Esta situación conspira a favor de la dificultad de proponer modelos y ejemplos prácticos que sirvan para proporcionar guías útiles para la concertación de este tipo de desarrollo tanto en teoría como en práctico. De ello se deriva que las vías para alcanzar el desarrollo sostenible deben ser diferentes para cada país dependiendo de sus condiciones políticas, sociales y ambientales.

Globalidad: desde su origen el desarrollo económico ha sido de naturaleza global, pero pocas veces ha sido reconocido el fenómeno.

Integralidad: el concepto de desarrollo sustentable debe tener como premisa básica no solo el alcance de la sustentabilidad ecológica, sino también económica y social. No puede concebirse sustentabilidad ambiental sin justicia económica y social.

Otras definiciones de Desarrollo Sostenible que han surgido en los últimos años se presentan en el Anexo 1.

En la figura 1 del Anexo2 se observa la visión de Cuba para consolidar el desarrollo sostenible de acuerdo a los principios aquí planteados. **[R1]**

1.2.2– Economía Ecológica

La Economía Ecológica (EE) se define como la ciencia de la gestión de la sustentabilidad o como el estudio y valoración de la insostenibilidad. No es una rama de la economía teórica, sino un campo transdiciplinar, donde participan expertos en economía, sociedad, naturaleza o tecnología que practican la interdisciplina, con la finalidad de comunicarse entre ellos y realizar un fusión de conocimientos, que permita afrontar mejor los problemas, ya que los enfoques de la economía tradicional no se consideran adecuados para la medición desarrollo sostenible, al centrar solo su enfoque en la formación de precios y mercados, ignorando las incidencia físicas y humanas de la económica y no considerando las funciones de la biosfera y la comunidad.**[R2]**

La Economía Ecológica surgió durante los años 80, entre un grupo de científicos muldisciplinarios, que se dieron cuenta de que las mejoras en la política, la gestión medioambiental y la protección del bienestar de generaciones futuras dependerían de unir los campos de pensamiento de la ecología y la economía.

La EE estudia por lo tanto las relaciones entre el sistema natural y los subsistemas sociales y económicos, incluyendo los conflictos entre el crecimiento económico y los límites físicos y biológicos de los ecosistemas suministrándonos toda una serie de parámetros que nos hagan comprenden hasta que capacidad se pueden explotar los recursos materiales y energéticos sin causar alteración de los ecosistemas; por lo tanto esta economía centra su interés en un equilibrio entre el crecimiento económico, la sustentabilidad ambiental y la equidad social. Las principales características de la economía ecológica se muestran en el Anexo 3.

En el Anexo 4 se muestran algunos de los indicadores más usados para valorar el desarrollo sostenible basado en los principios de la economía ecológica. (Economía Ecología. Visión de Cuba desde a la economía ecología. López Bastida E. Memorias de Taller Nacional de Desarrollo Local. Universidad de Camagüey. 2011)

En este trabajo ampliamos en los indicadores de Huella Ecológica que son más usados en la actualidad.

1.2.3– Huella ecológica. Conceptos, importancia, fortalezas y debilidades.

¿Se ha preguntado alguna vez qué parte del planeta estará dedicada única y exclusivamente para mantenerte? No es una pregunta habitual, ya que la urbanización, el comercio internacional y la tecnología han alejado a los ciudadanos modernos de la tierra. Un método para estimar el impacto humano en términos de superficie es el análisis de la Huella Ecológica.

Debido a que las personas consumen los productos y servicios de la naturaleza, todos y cada uno de nosotros tiene un impacto en la Tierra. Esto no es problemático mientras nuestra carga no sobrepase la capacidad de carga del planeta. Pero, ¿Será así?

El concepto de la Huella Ecológica surge para responder esta interrogante. Ésta mide cuántos recursos naturales utiliza las personas para sostener el actual estilo de vida. El cálculo de la huella ecológica se basa en dos puntos:

1. Calcular el consumo de materia y energía de una población definida.
2. Transformar este consumo en la superficie de tierra o mar requerida para su producción.

La Huella Ecológica de cualquier población (desde el nivel individual, hasta una ciudad o país), se define como "**el área de terreno necesario para producir los *recursos* consumidos y para asimilar los *residuos* generados por una población determinada con un modo de vida específico, donde quiera que se encuentre esa área" [R3]**

Según estos autores la Huella Ecológica, básicamente consiste en la inversa del concepto de Capacidad de Carga. Siendo la comparación de estos dos factores lo que evalúa la sostenibilidad.

La filosofía del cálculo de la Huella Ecológica tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- Para producir cualquier producto, independientemente del tipo de tecnología utilizada, necesitamos un flujo de materiales y energía, producidos en última instancia por sistemas ecológicos.
- Necesitamos sistemas ecológicos para reabsorber los residuos generados durante el proceso de producción y el uso de los productos finales.
- Ocupamos espacio con infraestructuras, viviendas equipamientos, etc. reduciendo, así las superficie de ecosistemas productivos.

Para poder utilizar la Huella Ecológica como indicador de desarrollo sostenible, no es suficiente solo su cálculo, sino también es necesaria la determinación de la capacidad de carga asociada y su comparación con la huella a fin de determinar el déficit o superávit de la diferencia.

1.2.4– Cálculo de la Huella Ecológica

La metodología de cálculo de la Huella Ecológica se basa en la estimación de la superficie necesaria para satisfacer los consumos asociados a la alimentación, a los productos forestales, al gasto energético y a la ocupación directa del terreno. Esta superficie se suele expresar en hectáreas (ha)/capacidad (cap)/año si realizamos el cálculo para un habitante, o bien, en hectáreas si el cálculo se refiere al conjunto de la comunidad estudiada. Así, los terrenos productivos que se consideran para el cálculo son las que aparecen en el Anexo 5.

Para calcular estas superficies, la metodología se basa en dos aspectos básicos:

- Contabilizar el consumo de las diferentes categorías en unidades físicas.
- Transformar éstos consumos en superficie biológica productiva apropiada a través de índices de productividad.

Las personas consumen recursos y servicios ecológicos provenientes de todos los lugares del mundo, de tal manera que su huella es la suma de estas áreas, dondequiera que estén en el planeta.

Una vez calculados los consumos medios por habitante de cada producto, se transforman a área apropiada o Huella Ecológica para cada producto. Ello equivale a calcular la

superficie necesaria para satisfacer el consumo medio por habitante de un determinado producto. Para ello se utilizan valores de productividad.

Los valores de productividad pueden estar referidos a escala global, o bien, se pueden calcular específicamente para un determinado territorio teniendo en cuenta, así, la tecnología usada y el rendimiento de la tierra. **[R4]**

1.2.5 – Capacidad de carga de la naturaleza

Una vez que conocemos nuestra Huella Ecológica o capacidad de carga apropiada, tenemos que contrastarla con la superficie disponible en el planeta o capacidad de carga global. De esta forma, podemos saber si nos encontramos en una situación de déficit ecológico o sobrecarga de la naturaleza.

La ***capacidad de carga*** es la capacidad local disponible, teniendo en cuenta la productividad del terreno y una reserva del 12 % para conservación de la biodiversidad. Supone la máxima explotación a que puede ser sometido un terreno sin dañar de manera permanente su productividad. **[R4]**

1.2.6– Déficit ecológico

Una vez estimado el valor de la Huella Ecológica, se calculan las superficies reales de cada tipología de terreno productivo (cultivos, pastos, bosques, mar y terreno urbanizado) disponibles en el ámbito de estudio. La suma de todos ellos es la capacidad de carga local y está expresada en hectáreas por habitante.

La comparación entre los valores de la Huella Ecológica y la capacidad de carga local permite conocer el nivel de autosuficiencia del ámbito de estudio. Tal y como se indica en la Tabla No. 1, si el valor de la Huella Ecológica está por encima de la capacidad de carga local, la región presenta un déficit ecológico. Si, por el contrario, la capacidad de carga es igual o mayor a la Huella Ecológica, la región es autosuficiente, siempre teniendo en consideración las limitaciones del indicador. **[R4]**

Huella Ecológica	>	Capacidad de carga	La región presenta un déficit ecológico.
Huella Ecológica	= <	Capacidad de carga	La región es autosuficiente.

Tabla 1 Comparación entre la Huella Ecológica y la capacidad de carga

Por tanto, el déficit ecológico nos indica que una región no es autosuficiente, ya que consume más recursos de los que dispone. Este hecho nos indica que la comunidad se está apropiando de superficies fuera de su territorio, o bien, que está hipotecando y haciendo uso de superficies de las futuras generaciones.

En el marco de la sostenibilidad, el objetivo final de una sociedad tendría que ser el de disponer de una Huella Ecológica que no sobrepasara su capacidad de carga, y por tanto, que el déficit ecológico fuera cero.

1.2.7– Importancia del cálculo de la Huella Ecológica

A pesar de que la Huella Ecológica es un indicador que pueda subestimar el impacto real de la actividad humana sobre el entorno y que existen aún importantes limitaciones en relación a su aplicación metodológica e información disponible, hay que destacar las oportunidades que plantea en relación a la estrategia de la sostenibilidad. Hay que destacar entre sus principales potencialidades:

- **Agregación y simplificación**

Agrupa en un solo número la intensidad del impacto que una determinada comunidad humana ejerce sobre los ecosistemas, tanto por el consumo de recursos como por la generación de residuos.

- **Visualización de la dependencia ecológica**

El progresivo proceso de concentración de la población en sistemas urbanos y globalización de los flujos de materiales y energía, dificulta de forma creciente la vinculación por parte de la población del consumo de bienes y energía con el impacto que tienen sobre el medio. La Huella Ecológica permite definir y visualizar la dependencia de las sociedades humanas respecto al funcionamiento de los ecosistemas del planeta a

partir de superficies apropiadas para satisfacer un determinado nivel de consumo. Permite así establecer el área real productiva de la que se está apropiando ecológicamente una determinada comunidad humana, independientemente de que se encuentre más allá de su territorio, distinguiendo así mismo entre las diferentes funciones ecológicas que ejercen los ecosistemas. **[R4]**

- **Visualización de la inequidad social**

La posibilidad de realizar el cálculo para diferentes comunidades humanas o sectores de una misma sociedad con estilos de vida diferenciados, permite la visualización de inequidad en la apropiación de los ecosistemas del planeta.

- **Monitorización del consumo de recursos**

Pese a sus limitaciones, la Huella Ecológica permite hacer un seguimiento del impacto de una comunidad humana asociado al consumo de recursos – entradas del sistema mediante la actualización del indicador a lo largo de los años**.**

Resumiendo la Huella Ecológica es un indicador que reúne las siguientes características:

- **General:** Incluye una gran variedad de impactos humanos y uso de los recursos naturales.
- **Confiable:** Utiliza datos oficiales.
- **Concisa y detallada**: Presenta los resultados en una cifra sencilla, con la posibilidad de subdividir el resultado total en sus componentes.
- **Conservadora:** Excluye los datos especulativos con la finalidad de no exagerar la situación ecológica presente.
- **Flexible:** Permite analizar huellas desde el nivel individual hasta el nivel mundial, para aplicaciones económicas, políticas y sociales.

1.2.8– Ventajas y desventajas del indicador Huella Ecológica

Ventajas:

- La presentación es simple y reducida. En lugar de otros indicadores

medioambientales que utilizan unidades de medida difíciles de percibir como toneladas, microgramos en un metro cúbico, etc., la huella ecológica se contabiliza en hectáreas de terreno.

- Cuando comparamos la tierra ecológicamente productiva que ocupamos con la que nos corresponde, se ponen de manifiesto las desigualdades existentes.
- La Huella Ecológica evidencia la dependencia de la naturaleza y los inconvenientes del actual concepto de desarrollo.
- La Huella Ecológica refleja la influencia de cada individuo en los problemas medioambientales.
- La Huella Ecológica aporta información relevante desde el punto de vista del desarrollo sostenible, tal como el uso de la tierra. Así se pone de manifiesto que los ciudadanos dependen de los productos rurales.
- La huella es un indicador que, poco o muy complicado de calcular, resume en un solo dato la intensidad del impacto que la ciudad provoca, fuera de sus límites administrativos.

Desventajas:

- La Huella Ecológica es una herramienta que resume una gran variedad de impactos (consumo de energía no renovable, sobreexplotación de los recursos naturales, etc.). Por otro lado, se descuidan otros impactos más difíciles de cuantificar, pero no menos importantes: las emisiones atmosféricas (sólo se contabilizan las emisiones de CO_2), el mantenimiento de los ciclos del agua, la disminución de la capa de ozono o la contaminación de los suelos.
- No es suficiente el 12 % considerado como el espacio necesario para preservar el resto de las especies animales. Por lo tanto, la huella subestima el impacto del hombre sobre el entorno.
- Los recursos naturales no renovables no son tenidos en cuenta, excepto la energía fósil.
- Se asume que la agricultura y la silvicultura se desarrollan de forma sostenible.
- Se utilizan conceptos complicados de entender como kg de lana/ha de terreno, área para la asimilación de CO_2.
- La Huella Ecológica requiere un conjunto muy completo de datos, que no siempre están disponibles. **[R4]**

1.2.9– Metodologías más usadas para el cálculo de la Huella Ecológica

La huella ecológica puede ser calculada para países y ciudades, productos o servicios (huella ecológica corporativa) y personal. Estas son sus variantes más usadas pues sobre todo la determinación la huella de países y ciudades y la determinación de la huella de productos y servicios son muy usadas en la actualidad para medir el grado de sostenibilidad de un país, de una región, de una ciudad, de un producto o de un servicio.

1.2.10– Huella Ecológica de países y ciudades

La determinación de la Huella Ecológica para países y ciudades puede influir en la toma de decisiones de índole económica, ecológica y social como guía para la búsqueda del camino hacia un desarrollo sostenible de un país, ciudad o región.

Cálculo de la subhuella energía

Para calcular la Huella Ecológica producida por la energía hay que tener en cuenta la cantidad de superficie de bosque necesaria para absorber la cantidad de CO_2 emitido en la quema de materiales fósiles para la obtención de energía ya sea para combustible o para producir electricidad.

La metodología propuesta por William Rees y Mathis Wackernagel plantea que una hectárea absorbe 100 Giga Joule (GJ) de energía al año por lo que se realiza dicha conversión para cada tipo de combustible.

En resumen el cálculo de la ***subhuella ecológica energía*** quedará como expresan las siguientes formulaciones: **[R5]**

Primer paso. $$CEi = CPi * FCi * 1000$$

Donde, CE_i: Consumo de combustible equivalente (kg).

CP_i: Consumo anual portadores energéticos que utilizan combustibles fósiles (MW*h, t, kg).

FC_i: Factor de convención toneladas de combustible convencional (t)

Segundo paso. $$GJi = \frac{CEi * KCi * 4186.8}{1000000000}$$

Donde, GJ_i: Giga Joule que representa (GJ).

KC_i: Kilocalorías que libera en combustible en (kcal)=10000.

4,186.2 J/kg: Equivalencia kilocaloría internacional por kilogramo $(kcal_{IT}/kg)$.

Tercer paso.

$$SHCi = \frac{GJi}{\frac{100}{NH}}$$

Donde, SHC_i: Subhuella ecológica del producto (ha/cap/año).

NH: Número de habitantes (uno).

100 GJ: Cantidad de giga joule que absorbe una hectárea al año

Cuarto paso

$$SHE = \sum_{i=1}^{n} SHCi$$

Donde, SHE: Subhuella ecológica energía (ha/cap/año).

Cálculo de la subhuella cultivos

Los cultivos se subdividen en cereales, hortalizas, legumbres, tubérculos y raíces, viandas, cítricos, frutas y otros alimentos, estas subcategorías se dividen en productos específicos. Con estos datos se determina la ***subhuella de los cultivos*** dada por la siguiente fórmula: **[R5]**

$$SHC = \frac{\frac{\sum_{i=1}^{n} CC.i}{RC.i} + \frac{\sum_{j=1}^{m} CHO.j}{RHO.j} + \frac{\sum_{k=1}^{l} CTR.k}{RTR.k} + \frac{\sum_{p=1}^{t} CL.p}{RL.p} + \frac{\sum_{r=1}^{b} CV.r}{RV.r} + \frac{\sum_{a=1}^{u} CF.a}{RF.a} + \frac{\sum_{b=1}^{f} CCT.b}{RCT.b} + \frac{\sum_{c=1}^{h} COA.c}{ROA.c}}{NH}$$

Donde: SHC: Subhuella ecológica de cultivos (ha/cap/año)

CCi: Consumo de cereales (kg).

RCi: Rendimiento de los cereales (kg/ha).

CHOj: Consumo de hortalizas (kg).

RHOj: Rendimiento de las hortalizas (kg/ha).

CTRk: Consumo de tubérculos y raíces (kg).

RTRk: Rendimiento de los tubérculos y raíces (kg/ha).

CLp: Consumo de legumbres (kg).

RLp: Rendimiento de las legumbres (kg/ha).

RVr: Rendimiento de las viandas (kg/ha).

CFa: Consumo de frutas (kg).

RFa: Rendimiento de las frutas (kg/ha).

CCTb: Consumo de cítricos (kg).

RCTb: Rendimiento de los cítricos (kg/ha).

COAc: Consumo de otros alimentos (kg).

ROAc: Rendimiento de otros alimentos (kg/ha).

CVr: Consumo de las viandas (kg).

Cálculo de la subhuella pastos

En el caso de los pastos se subdividen en las categorías:

- Huevo.
- Leche.
- Queso.
- Carnes (bovina, porcina, avícola. y ovino - caprino).

Estas a su vez se subdividen en diferentes subcategorías.

En resumen, el cálculo de ***la subhuella de los pastos*** se calcula de la siguiente forma: **[R5]**

$$SHP = \frac{\frac{\sum_{i=1}^{n} CBi}{RBi} + \frac{\sum_{j=1}^{m} CPj}{RPj} + \frac{\sum_{k=1}^{l} CAk}{RAk} + \frac{\sum_{d=1}^{\tilde{n}} COd}{ROd} + \frac{\sum_{p=1}^{t} CHp}{RHp} + \frac{\sum_{r=1}^{b} CLr}{RLr} + \frac{\sum_{a=1}^{u} CQa}{RQa}}{NH}$$

Donde: SHP: Subhuella de pastos (ha/cap/año). RBi: Rendimiento de carne bovina (kg/ha).

CBi: Consumo de carne bovina (kg). RPj: Rendimiento de carne porcina (kg/ha).

CPj: Consumo de carne porcina (kg). RAk: Rendimiento de carne avícola (kg/ha).

CAk: Consumo de carne avícola (kg). ROd: Rendimiento de la carne ovino – caprino (kg/ha).

COd: Consumo de carne ovino – caprino (kg). RHp: Rendimiento de huevos (kg/ha).

CHp: Consumo huevos (Miles de Unidades). RLr: Rendimiento de leche (kg/ha).

CLr: Consumo leche (L). RQa: Rendimiento de queso (kg/ha).

CQa: Consumo de queso (kg).

Cálculo de la subhuella mar

En lo relacionado con el mar este se dividió en:

- Pescado fresco.
- Pescado envasado.
- Otros alimentos pesqueros.
- Mariscos.

En conclusión la ***subhuella de mar*** se calcula de la siguiente forma: **[R5]**

$$SHM = \frac{\frac{\sum_{i=1}^{n} CPF.i}{RPF.i} + \frac{\sum_{j=1}^{m} CPE.j}{RPE.j} + \frac{\sum_{k=1}^{l} CAP.k}{RP.k} + \frac{\sum_{p=1}^{t} CM.p}{RM.p}}{NH}$$

Donde, SHM: Subhuella de mar (ha/cap/año). RPFi: Rendimiento del pescado fresco (kg/ha).
CPFi: Consumo de pescado fresco (kg). RPEj: Rendimiento del pescado embasado (kg/ha).
CPEj: Consumo de pescado embasado (kg). RPk: Rendimiento del pescado (kg/ha).
CAPk: Consumo de otros alimentos pesqueros (kg). RMp: Rendimiento de los mariscos (kg/ha).
CMp: Consumo de mariscos (kg).

Cálculo de la subhuella bosque

Para determinar la categoría de bosque, se agrupan las superficies forestales, en naturales o repobladas, para la explotación de la madera, la misma se dividen en:

- Madera.
- Papel.
- Leña.

En conclusión la ***subhuella de bosque*** se calcula de la siguiente forma: **[R5]**

$$SHB = \frac{\frac{CM}{RM} + \frac{CP}{RP} + \frac{CL}{RL}}{NH}$$

Donde, SHB: Subhuella de bosque (ha/cap/año). RM: Rendimiento de la madera (m^3/ha).
CM: Consumo de madera (m^3/hab). RP: Rendimiento del papel (m^3/ha).
CP: Consumo de papel (kg/hab). RL: Rendimiento de la leña (kg/ha).
CL: Consumo de leña (m^3/hab).

Cálculo de la subhuella superficie construida

Esta subhuella ecológica está constituida por el terreno ocupado por nuestros pueblos y ciudades, por los polígonos industriales y por las vías de transporte. Para este cálculo se utiliza la siguiente fórmula: **[R5]**

$$SHSC = \frac{\sum_{i=1}^{n} TS.i}{NH}$$

Donde; SHSC: Subhuella superficie construida (ha/cap/año).

TSi: Tipo de superficie construida (ha).

Cálculo de la Huella Ecológica total

Para terminar la metodología, se suman las subhuellas de cada categoría y de esta forma obtener la superficie de tierra y mar, ecológicamente productiva, ocupada exclusivamente para producir los recursos consumidos y asimilar los desechos generados por la población, en este caso la Huella Ecológica de la población en estudio, que es la del municipio Lajas. La ecuación utilizada fue la siguiente: **[R5]**

$$HET = SHE + SHC + SHP + SHM + SHB + SHSC$$

Donde, HET: Huella ecológica total (ha/cap/año).

Cálculo de la capacidad de carga

Hay que señalar que en este apartado se calcula la *capacidad de carga* real para cada tipología de terreno productivo (cultivo, pasto, bosque, mar y superficie construida) disponible en el ámbito de estudio. La suma de todos ellos es la capacidad de carga local y está expresada en hectáreas por habitante. Se agrupa la capacidad de carga de los bosques con la de energía, puesto que estos tributan a la absorción del CO_2 (dióxido de carbono) desprendido al quemar los combustibles para la producción de energía. La ecuación utilizada para este cálculo es la siguiente:

$$CCT = \left(\frac{\sum_{i=1}^{n} CTS.i}{NH} \right) - 12\% Biodiversidad$$

Donde, CCT: Capacidad de carga total (ha/cap/año).

CTSi: Cantidad de tierra disponible por subhuella (ha).

1.2.11– Huella Ecológica de productos y servicios

En años reciente la concepción de huella ecológica se ha ampliado a productos y servicios denominándose huella ecológica corporativa.

La huella ecológica corporativa se define como el impacto ambiental (en hectáreas) de cualquier organización, provocado por:

a) La compra de todo tipo de productos y servicios claramente reflejados en sus cuentas contables.

b) La venta de productos procedentes de la producción primaria de alimentos y otros recursos forestales o bióticos, es decir, cuando hortalizas, frutas o carnes entran por primera vez en la cadena de mercado.

c) La ocupación de espacio.

d) La generación de desechos claramente reflejados en su memoria ambiental.

Todos los impactos considerados en la huella ecológica corporativa son perfectamente controlables y auditables, y, por lo tanto, objetivos y transparentes.

La huella ecológica corporativa permite establecer objetivos claros y concretos de sostenibilidad ambiental; permite la integración de indicadores, ciclo de vida y eco-etiquetado, en una única herramienta; y aporta un nuevo método de decisión política para luchar, de forma más justa, contra el cambio climático.

Es importante destacar que prácticamente todos los datos de cálculo de la huella ecológica corporativa se pueden obtener de la contabilidad de la organización, motivo por el cual se puede aplicar a cualquier organismo y a cualquier escala; elimina cualquier tipo de arbitrariedad; y facilita la comparación. La huella ecológica corporativa es un rastreador de la huella ecológica habitual (basada en el ciudadano, como consumidor final), pues analiza el impacto de cualquier producto a lo largo de todo su ciclo de vida.

Aplicaciones de la huella ecológica corporativa.

La huella ecológica corporativa sirve a una empresa de producción o servicio para.

1) Guía para la sostenibilidad.
2) Indicador de índice único.
3) Eco-etiquetado de empresas y de productos.
4) Herramienta justa contra el cambio climático.

Metodología para el cálculo de la huella ecológica corporativa.

Para la descripción del cálculo de la huella ecológica corporativa se propone la metodología: *"Guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa"* de

Juan Luís Doménech Quesada, al cual se le introdujeron adaptaciones por López Bastida y colaboradores la cual consta:

1- **Definición de objetivos y alcance.**
   a) Definir función y unidad funcional.
   b) Definir los límites del sistema.
   c) Los requisitos y la calidad de los datos.

2- **Cálculo de la huella ecológica.**

El cálculo de la Huella Ecológica se hace a partir de la suma de las subhuellas valoradas en el proceso de ciclo de vida:

- Energía (Área de absorción de CO_2).
- Tierras.
- Insumos.
- Superficie construida.

Cálculo de la subhuella energía.

El cálculo de la subhuella energía (Área de absorción de CO_2), se desglosa en el consumo de todos los portadores energéticos que lleva el ciclo de vida del producto. Al determinarse los mismos, se llevan a toneladas equivalentes a fin de unificar la unidad de energía y se determina la cantidad de CO_2 emitido a partir de la siguiente fórmula: **[R6]**

Subhuella energía (ha) = $\sum_{i=1}^{n} \frac{Cx \times Fx}{FC}$

Donde: Cx - Consumo de los diferentes portadores energéticos

Fx -Factor de conversión del portador energético a toneladas equivalentes.

FC - Factor de conversión de energía a ha absorbidas de CO_2 (1ha -100Gj)

Cálculo de la subhuella de gastos previstos.

Para esta subhuella se tiene en cuenta la energía y los insumos correspondientes a los servicios de mantenimiento, servicios de oficinas y de mensajería y correos. El cálculo considera un por ciento dado de la suma de las otras tres subhuellas y este resultado es la subhuella de gastos previstos.

Cálculo de la subhuella insumos.

En esta subhuella se tuvieron en cuenta la intensidad energética de los distintos insumos que tiene la producción o servicio según las recomendaciones emitidas por Juan Luís Doménech Quesada de los insumos y servicios quedando la expresión del cálculo de esta huella de la siguiente manera: **[R6]**

Subhuella insumos (ha) **=** $\sum_{i=1}^{n} \frac{Ex \times Gx}{FC}$

Donde: Ex - Cantidad de insumos necesarios para la unidad de producto a servicio definida

Gx - Intensidad energética del insumo (Gj/ton).

Cálculo de la subhuella superficie construida.

Esta huella se calcula a partir de la sumatoria del área que tienen todos los procesos productivos o de servicio enunciados

Su expresión quedaría: **[R6]**

Subhuella superficie construida (ha) **=** $\sum_{i=1}^{n} \frac{Ax}{t}$

Donde: Ax - Distintas superficies construidas (ha).

t Relación.

Cálculo de la Huella Ecológica General.

Se calcula a partir de la expresión: **[R6]**

Huella Ecológica = subhuella energía + subhuella tierra + subhuella insumos + subhuella superficie construida.

1.2.12– Huella Personal

¿Qué impacto tiene tu estilo de vida sobre el planeta? Esta es una pregunta que te puedes responder mediante el cálculo de la Huella Ecológica en su variante personal. Esta metodología está estructurada por el cálculo de cuatro subhuellas: la de la energía, la de los alimentos, la de los bosques y la de la superficie construida.

Subhuella de la Energía.

La subhuella de la energía es una sumatoria del cálculo de la subhuella de la electricidad, la del transporte y la de los insumos. La **subhuella de la electricidad** se determina de la siguiente forma: **[R7]**

$$\frac{El \times 0.355 \times 0.042 \times 12}{Ca \times 100}$$

Donde:

El: Cantidad de Kw consumidos de electricidad como promedio mensual.

Ca: Cantidad de Habitantes de la casa.

La **subhuella del transporte** se determina mediante la sumatoria del consumo semanal más el consumo mensual más el consumo anual. El consumo semanal se determina: **[R7]**

$$\frac{kmr \times Vac \times 0.032 \times Fr}{100 \times 100}$$

Donde:

kmr : Kilómetros recorridos promedio.

Vac . Valor del consumo del medio de transporte.

Fr: Frecuencia a la semana.

En el consumo mensual se tiene en cuenta los viajes mensuales frecuentes considerados largos (más de 50 km) y se determina: **[R7]**

$$\frac{kmr \times Vac \times 0.032 \times Cv \times 12}{100 \times 100}$$

Donde:

kmr : Kilómetros recorridos promedio.

Vac . Valor del consumo del medio de transporte.

Cv: Cantidad de viajes.

En el consumo anual se tiene en cuenta los viajes anuales no frecuentes considerados largos (más de 50 km) y se determina: **[R7]**

$$\frac{kmr \times Vac \times 0.032 \times Cv}{100 \times 100}$$

Donde:

kmr : Kilómetros recorridos promedio.

Vac . Valor del consumo del medio de transporte.

Cv: Cantidad de viajes.

Entonces la determinación de la **subhuella del transporte** es: **[R7]**

$$\sum Shts + Shtm + Shta$$

Donde:

Shts: transporte semanal.

Shtm: transporte mensual.

Shta: Transporte anual.

La **subhuella de los insumos** se determina mediante el valor promedio del rendimiento de los distintos productos y servicios en el mundo. Finalmente la **subhuella de la energía** se determina: **[R7]**

$$\sum ShE + ShT + ShI$$

Donde:

ShE: Subhuella energía

ShT: Subhuella transporte.

ShI: Subhuella Insumos.

Subhuella de los Alimentos

La subhuella de los alimentos se determina mediante la sumatoria de la subhuella del alimento vegetal y el alimento animal. El alimento vegetal se determina mediante: **[R7]**

$$\frac{\sum(Vg) \times 365}{\sum Ren}$$

Donde:

Vg: Valor en gramos del alimento consumido

Ren: Rendimiento del alimento consumido.

El alimento animal se determina de la siguiente manera: **[R7]**

$$\frac{\sum(Vg) \times 52}{\sum Ren}$$

Donde:

Vg: Valor en gramos del alimento consumido

Ren: Rendimiento del alimento consumido.

Entonces la **determinación de la subhuella** de los alimentos es: **[R7]**

$$\sum ShAv + ShAa$$

Donde:

ShAv: Alimento vegetal

ShAa: Alimento animal.

Subhuella de los bosques

La subhuella de los bosques tiene en cuenta el consumo personal de papel, cartón y leña como promedio anual. Su determinación es: **[R7]**

$$\frac{Cp + Cc}{Rp + Rp} + \frac{Cl}{Rl} + 0.005$$

Donde:

Cp: Consumo de papel

Cc: Consumo de cartón.

Cl: Consumo de leña.

Rp: Rendimiento del papel

Rc: Rendimiento del cartón

Rl: Rendimiento de la leña

Subhuella de la superficie construida

La subhuella de la superficie construida tiene en cuenta el espacio constructivo que usted ocupa en el planeta y se determina: **[R7]**

$$\frac{Ch + Eh}{10000 \times Ca}$$

Donde:

Ch: Cantidad de habitaciones de su casa

Eh: Extensión promedio de estas habitaciones.

Ca: Cantidad de habitantes de la casa.

Huella Total

Una vez que hayamos obtenido todas las subhuellas se formula: **[R7]**

$$\sum ShEn + ShAl + ShBo + ShSc$$

Donde:

ShEn: Subhuella de la Energía

ShAl: Subhuella de los alimentos

ShBo: Subhuella de los bosques.

ShSc: Subhuella de superficie construida.

El resultado es nuestra huella personal la cual se divide entre la huella ecológica del mundo y el resultado que arroja esta división nos da el impacto de nuestra forma de vida sobre el planeta. **[R7]**

1.2.13– Huella Hídrica. Conceptos, importancia, fortaleza y debilidades

Una de las principales deficiencias que se le atribuyen a la huella ecológica es la no contabilización de los consumos por eso surge como complemento de la huella el concepto de huella hídrica o agua virtual cuando se refiere a productos o servicios.

Conceptos fundamentales.

El ***contenido de agua-virtual*** o huella hídrica de un producto o servicio es el volumen de agua dulce empleado para producirlo, medido en el lugar de origen y sumando el consumo de todas las fases de la cadena de producción. Cuando se trabaja con este parámetro, de tipo de agua-virtual (azul, verde y gris), los flujo de la misma y su balance (exportación-importación). **[R8]**

- **Flujo de agua-virtual**. Volumen de agua-virtual transferido de un lugar a otro como resultado de la comercialización de un producto.
- **Exportación** de agua-virtual de un país o región. Volumen de agua virtual asociado con la exportación de bienes y servicios desde el país o región.
- **Importación** de agua-virtual de un país o región. Volumen de agua virtual asociado con la importación de bienes y servicios a dicho país o región.

Representa el volumen total de agua empleada (en los países exportadores) para producir los productos. Visto desde la perspectiva del país importador, puede verse como una fuente adicional de agua que suplementa a los recursos hídricos disponibles en el ámbito doméstico.

- **Balance** de agua-virtual de un país a lo largo del tiempo. Importación neta de agua virtual a lo largo de un período, equivalente a la importación bruta de agua virtual menos la exportación bruta. Un balance positivo implica un flujo neto entrante al país desde otros países. Uno negativo, un flujo neto saliente de agua virtual. **[R8]**

Otra definición plantea **"La huella hídrica es un indicador de uso del agua que considera tanto el uso directo como indirecto de un consumidor o productor. La huella hídrica de un individuo, comunidad o comercio se define como el volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios consumidos por un individuo o comunidad, así como el uso provocado por el comercio". [R9]**

Si nos refiriésemos a **la huella hídrica de un país**, esta sería el volumen total de agua utilizado globalmente para producir los bienes y servicios consumidos por sus habitantes. Incluye el agua sustraída de los ríos, lagos y acuíferos (aguas superficiales y subterráneas) para la agricultura, la industria y el uso doméstico, así como el agua de lluvia utilizada para los cultivos. La huella hídrica es análoga a la Huella Ecológica: mientras que esta última calcula el área total de espacio productivo requerido para producir los productos y servicios consumidos por una determinada población, la huella hídrica calcula el volumen de agua necesario para producir los mismos bienes y servicios.

La huella hídrica total de un país **contiene** dos componentes. **La huella hídrica interna:** es el volumen de agua necesario para cultivar y proporcionar los bienes y servicios que se producen y consumen dentro de ese país. **La huella hídrica externa:** es la resultante del consumo de bienes importados, o en otras palabras, el agua que se utiliza para la producción de bienes en el país exportador. Las exportaciones de un país no están incluidas como parte de su huella hídrica. **[R9]**

La Huella Hídrica de la Producción es una medida del agua utilizada en diferentes países, así como un indicador de la demanda humana de los recursos hídricos

Tipos de huella hídrica.

La huella hídrica consta de tres componentes:

— **Huella Hídrica verde:** el volumen de agua de lluvia que se evapora durante la

producción de los bienes; para productos agrícolas, ésta es el agua de lluvia almacenada en el suelo que se evapora de los campos de cultivo.

— **Huella Hídrica azul:** el volumen de agua dulce extraído de fuentes superficiales o de aguas subterráneas que utilizan las personas y no es devuelta.

— **Huella Hídrica gris:** el volumen de agua requerido para diluir los contaminantes liberados en los procesos de producción hasta tal concentración que la calidad del agua se mantenga por encima de los estándares de calidad acordados. **[R9]**

Importancia del cálculo de la huella hídrica.

El cálculo de la huella hídrica permite:

- Desarrollar estrategias dirigidas a reducir la intensidad del consumo de agua.
- Realizar evaluaciones más exactas del impacto sobre el medio ambiente.
- Definir políticas que permitan reorientar las pautas de consumo hacia bienes y servicios que impliquen un menor consumo de agua.
- Como indicador agregado, muestra la demanda de agua total de un país, una medida aproximada del impacto del consumo humano en el medioambiente acuático.
- Caracterizar el uso de agua en relación con patrones y volúmenes de consumo de la población. **[R9]**

Descripción de la metodología huella hídrica.

Para la determinación de la huella hídrica se siguió la recomendación dada por el Informe Planeta Vivo 2010, la cual se puede ver en la siguiente figura:

Anexo 6 Determinación de la huella hídrica.

Esta metodología consta de 2 partes; una primera donde se calculan las extracciones de agua provenientes de las fuentes superficiales y subterráneas, y la humedad de los suelos utilizados; y una segunda donde las mismas se clasifican según su uso en verdes, azules y grises.

Para esta primera parte con vistas a determinar la cantidad de agua de la fuente humedad del suelo, se usó la siguiente expresión: **[R4]**

Humedad del suelo = (A × B)+ C + D + E

Donde: ***A-*** Reporte de precipitaciones promedio ofrecidas por el instituto de meteorología (L/m^3).

B- Terreno necesario para producir o servir la unidad de referencia

C- Humedad al inicio del riego.

D- Ingreso de humedad capilar en los casos de un manto freático alto que suministra agua a la zona radicular. (Se calcula cuando las aguas subterráneas están a un valor no mayor de 2.5–3m)

E- Ingreso por suministro de agua artificial de riego.

La segunda parte es el cálculo de la huella hídrica, calculándose esta mediante la siguiente expresión: **[R4]**

Huella Hídrica (m^3/ha) = ∑ Aguas Verdes + Aguas Azules + Aguas Grises.

Donde:

- Aguas Verdes: volumen de agua de lluvia que se evapora durante la producción de bienes; para productos agrícolas, esta es el agua de lluvia almacenada en el suelo que se evapora en los campos de cultivo.

- Aguas azules: volumen de agua dulce extraído de fuentes superficiales o de aguas subterráneas que utiliza las personas y no es devuelta.

- Aguas Grises: volumen de agua requerido para diluir los contaminantes liberados en los procesos de producción hasta tal concentración que la calidad del agua se mantenga por encima de los estándares de calidad acordados.

Expresiones para calcular los distintos tipos de aguas:

Aguas Verdes (L/m^3) = $\sum DP_{(L/m3)} \times A_T$

Donde: DP – Dato de las precipitaciones ocurridas durante el año.

A_T – Área de superficie necesaria para 1 tonelada (ha).

Aguas Azules (L/m^3) = $\sum (R_G \times A_R) + RI_N$

Donde: R_G – Agua utilizada durante el proceso de riego.

A_R – Área regada o área necesaria para producir 16000 bolsitas (ha).

RI_N – Agua utilizada en los distintos procesos industriales que no se contamina.

Aguas Grises (L/m^3) = $\sum RI_S$

Donde: RI_S – Aguas usadas en el proceso industrial que se contaminan producto del propio proceso. **[R4]**

1.3 – Descripción del objeto de estudio

1.3.1– Flujo actual de los procesos

El proceso analizado es el cálculo de la Huella Ecológica en cualquiera de sus variantes y la Huella Hídrica, El proceso comienza cuando el investigador cuenta con toda la información requerida en las metodologías del cálculo de la Huella Ecológica e Hídrica. Entonces mediante esta información el investigador realiza los cálculos definidos en las metodologías y realiza un análisis de la investigación llevada a cabo.

1.3.2– Análisis crítico de la ejecución de los procesos

En la actualidad no hay constancia de un software que facilite el cálculo de la Huella Ecológica e Hídrica, teniéndose que realizar los cálculos de forma manual, atentando contra la fiabilidad y eficacia de los métodos aplicados, requiriéndose una mayor cantidad de tiempo para formular y resolver los algoritmos matemáticos de las metodologías a aplicar, arriesgándose a tener un mayor margen de errores en la resolución de los cálculos y corriendo el riesgo de un análisis incorrecto que influya en la toma de posteriores decisiones y medidas. Además de ser menos posible la organización adecuada de las distintas etapas del trabajo, también se corre el riesgo de no llevar un correcto almacenamiento de las investigaciones realizadas, incurriendo en el riesgo de perder algunas de las mismas.

1.3.3– Descripción de los sistemas existentes

Actualmente no se tiene conocimiento de ningún sistema implementado para el cálculo de estos parámetros. Los investigadores se ven obligados a recurrir a Microsoft Excel e implementar manualmente un sistema de tablas que ayuden en los cálculos.

1.4– Tendencias, metodologías y tecnologías actuales

1.4.1– Etapa de diseño y desarrollo

Lenguaje de Modelación Unificado (UML)

El Lenguaje de Modelación Unificado (UML - Unified Modeling Language) es un lenguaje que permite modelar, construir y documentar los elementos que forman un producto de software que responde a un enfoque orientado a objetos. Este lenguaje fue creado por un grupo de estudiosos de la Ingeniería de Software formado por: Ivar Jacobson, Grady Booch y James Rumbaugh en el año 1995. Desde entonces, se ha convertido en el estándar internacional para definir organizar y visualizar los elementos que configuran la arquitectura de una aplicación orientada a objetos.

Con este lenguaje, se pretende unificar las experiencias acumuladas sobre técnicas de modelado e incorporar las mejores prácticas actuales en un acercamiento estándar. UML no es un lenguaje de programación sino un lenguaje de propósito general para el modelado orientado a objetos y también puede considerarse como un lenguaje de modelación visual que permite una abstracción del sistema y sus componentes. **[R10]**

Entre sus objetivos fundamentales se encuentran: **[R11]**

1. Ser tan simple como sea posible, pero manteniendo la capacidad de modelar toda la gama de sistemas que se necesita construir.
2. Necesita ser lo suficientemente expresivo para manejar todos los conceptos que se originan en un sistema moderno, tales como la concurrencia y distribución, así como también los mecanismos de la ingeniería de software, como son el encapsulamiento y los componentes.
3. Debe ser un lenguaje universal, como cualquier lenguaje de propósito general.
4. Imponer un estándar mundial.

Proceso Unificado de Desarrollo de Software (RUP)

El Proceso Unificado de Desarrollo, fue creado por el mismo grupo de expertos que crearon UML, Ivar Jacobson, Grady Booch y James Rumbaugh en el año 1998. El objetivo que se perseguía con esta metodología era producir software de alta calidad, es decir, que cumpla con los requerimientos de los usuarios dentro de una planificación y presupuesto establecidos.

Es un proceso dirigido por casos de uso, este avanza a través de una serie de flujos de trabajo que parten de los casos de uso; está centrado en la arquitectura y es iterativo e

incremental. Además cubre el ciclo de vida de desarrollo de un proyecto y toma en cuenta las mejores prácticas a utilizar en el modelo de desarrollo de software.

A continuación se muestran estas prácticas. **[R12]**

- Desarrollo de software en forma iterativa.
- Manejo de requerimientos.
- Utiliza arquitectura basada en componentes.
- Modela el software visualmente
- Verifica la calidad del software.
- Controla los cambios.

Diagrama de flujos de trabajo de la metodología RUP en **Anexo 7**

Para apoyar el trabajo con esta metodología ha sido desarrollada por la Compañía norteamericana Rational Corporation la herramienta CASE (Computer Assisted Software Engineering) Rational Rose en el año 2000. Esta herramienta integra todos los elementos que propone la metodología para cubrir el ciclo de vida de un proyecto.

Rational Rose Enterprise Edition

Esta herramienta propone la utilización de cuatro tipos de modelo para realizar un diseño del sistema, utilizando una vista estática y otra dinámica de los modelos del sistema, uno lógico y otro físico. Permite crear y refinar estas vistas creando de esta forma un modelo completo que representa el dominio del problema y el sistema de software.

Rational Rose proporciona también mecanismos para realizar la denominada Ingeniería Inversa, es decir, a partir del código de un programa, se puede obtener información sobre su diseño.

1.5– Lenguajes de programación y tecnología portable.

Pascal

El lenguaje de programación en Pascal, es un lenguaje de alto nivel, y de propósito general, lo cual quiere decir que se puede utilizar para cualquier tipo de propósitos. El lenguaje de programación en Pascal se considera un lenguaje estructurado, sencillo y práctico para todos aquellos usuarios que se inician en el mundo de la programación, ya

que fue creado con fines de aprendizaje.
Al ser un Pascal lenguaje estructurado, sirve de base para cualquier otro lenguaje de alto nivel, por estas características es utilizado en las universidades e institutos de educación para inicializar a los futuros ingenieros en sistemas o informática.

El lenguaje de programación Pascal, es idóneo en el estudio y definición de las estructuras de datos, su fácil definición lo hace manejable para un programador novato.
Con la programación en Pascal, se pueden realizar desde programas formales, rutinas, utilitarios, hasta cualquier clase de video juegos.
Programación en Pascal es un lenguaje de sintaxis sencilla, muy estructurado y que comprueba exhaustivamente todo tipo de datos.

Delphi

El Delphi es un lenguaje de programación que se creó con el propósito de agilizar la creación de software basándolo en una programación visual. En el Delphi se utiliza una versión más actual del Pascal conocida como Object Pascal como lenguaje de programación.
El Delphi es un lenguaje muy versátil se usa para casi cualquier proyecto como por ejemplo servicios del sistema operativo, establecer comunicación entre un servidor web y un programa, aplicaciones de consola, conectividad con bases de datos, para realizar aplicaciones visuales, etc.
Este lenguaje produce aplicaciones en código máquina, por lo que la computadora las interpreta inmediatamente y no precisa de un lenguaje interprete como es necesario en otros lenguajes de programación.

Lenguaje C++

El lenguaje de programación en C++, es un lenguaje conocido como de alto nivel.
Una de las características del lenguaje de programación en C++, es que es un lenguaje estructurado, lo que permite generar código claro y sencillo, ya que está basado en la modularidad.
El lenguaje de programación en C++, está estructurado en tres partes fundamentales, las cuales son, una librería estándar, un programa compilador y un preprocesador.

La librería estándar en el lenguaje de programación C++, no es más que librerías realizadas en código objeto y puede haber sido realizada en otro lenguaje diferente que el C. Estas librerías se deben colocar en un programa de lenguaje programación en C++, en la instrucción conocida como INCLUDE.

El programa compilador en el lenguaje de programación en C++, es el que tiene como función traducir las instrucciones del programa fuente en C++ al lenguaje conocido por las computadoras u ordenadores, el llamado lenguaje maquina. El programa compilador, depura y detecta los posibles errores en el lenguaje fuente, y es capaz de notificar el error ocurrido al programador, mediante un mensaje de texto.

En el lenguaje de programación en C++, el preprocesador es un componente perteneciente propiamente al lenguaje C, el cual transforma el programa fuente traduciendo cada instrucción del programa fuente, de la siguiente forma: Elimina los comentarios colocados por el programador, incluye en el programa fuente el contenido de los archivos que se encuentran declarados en el *INCLUDE*, a estos archivos se les suele llamar cabeceras, y por último sustituye los valores de las constantes declaradas en él *DEFINE*. Por su flexibilidad y ser un lenguaje de alto nivel, es empleado por muchos programadores.

Tecnología Portable

Un programa Portable es un software con el que podemos trabajar sin necesidad de instalarlo en nuestro ordenador. Además no guarda ningún dato o información en el equipo, sino que lo hace en su propia carpeta. Un detalle importante es que el programa esté diseñado para trabajar en un Sistema Operativo o plataforma (Windows, Linux, Mac, etc.). Puede ser utilizado desde unidades externas como USB, Disco duro externo, Cd, Dvd, etc. y por supuesto, también en la PC.

Su uso es de importancia, ya que no requiere de instalaciones y de registros que estorban en la velocidad del Sistema Operativo. Otorgando mayor velocidad y rendimiento.

Ventajas

No usa espacio en el disco. Así es, como anteriormente comentamos este tipo de programas no es necesario instalarlo en el disco duro para su función, ya que al momento de usarlo solo se da clic sobre el icono que lo abre para usarlo desde la unidad portable (USB) o desde el mismo disco duro de la computadora.

QT

Qt es una biblioteca multiplataforma ampliamente usada para desarrollar aplicaciones con una interfaz gráfica de usuario así como también para el desarrollo de programas sin interfaz gráfica como herramientas para la línea de comandos y consolas para servidores.

Es producido por la división de software Qt de Nokia, que entró en vigor después de la adquisición por parte de Nokia de la empresa noruega Trolltech, el productor original de Qt, el 17 de junio de 2008.15 Nokia anunció que va a detener sus desarrollos en Symbian para usar la plataforma de Microsoft para sus teléfonos inteligentes en Febrero de 2011. En marzo del mismo año, anunciaron la adquisición de las licencias comerciales de QT por Digia PLC, aunque Nokia va a continuar como la fuerza de desarrollo principal atrás de la librería.

Qt es utilizada en KDE, un entorno de escritorio para sistemas como GNU/Linux o FreeBSD, entre otros. Qt utiliza el lenguaje de programación C++ de forma nativa, adicionalmente puede ser utilizado en varios otros lenguajes de programación a través de bindings.

Funciona en todas las principales plataformas, y tiene un amplio apoyo. El API de la biblioteca cuenta con métodos para acceder a bases de datos mediante SQL, así como uso de XML, gestión de hilos, soporte de red, una API multiplataforma unificada para la manipulación de archivos y para el manejo de ficheros, además de estructuras de datos tradicionales. Distribuida bajo los términos de GNU Lesser General Public License (y otras), Qt es software libre y de código abierto.

Qt se encuentra disponible para sistemas tipo Unix con el servidor gráfico X Window System (Linux, BSDs, Unix), para Apple Mac OS X, para sistemas Microsoft Windows, para Linux embebido (en inglés Embedded Linux, para sistemas embebidos como PDA, Smartphone, etc.) y para dispositivos que utilizan Windows CE.**[R13]**

1.6– Sistemas gestores de bases de datos

Una Base de Datos (BD) es un conjunto de datos interrelacionados, almacenados con carácter más o menos permanente en la computadora, puede ser considerada una colección de datos variables en el tiempo. **[R14]**

Un Sistema de Gestión de Base de Datos (SGBD) es el software que permite la utilización y/o la actualización de los datos almacenados en una (o varias) base(s) de datos por uno o varios usuarios desde diferentes puntos de vista y a la vez.

El objetivo fundamental de un SGBD consiste en suministrar al usuario las herramientas que le permitan manipular en términos abstractos los datos, o sea que no le resulte necesario conocer el modo de almacenamiento de los datos en la computadora, ni el método de acceso empleado.

Un SGBD tiene los siguientes objetivos específicos:

- Independencia de los datos y los programas de aplicación.
- Minimización de la redundancia.
- Integración y sincronización de las bases de datos.
- Integridad de los datos.
- Seguridad y protección de los datos.
- Facilidad de manipulación de la información.
- Control centralizado.

La información es representada a través de tuplas, las cuales describen al fenómeno, proceso o ente de la realidad objetiva que se está analizando y se representan a través de tablas. **[R15]**

SQL

El Lenguaje de Consulta Estructurado (Structured Query Language) es un lenguaje declarativo de acceso a bases de datos relacionales que permite especificar diversos tipos de operaciones sobre las mismas. Aúna características del álgebra y el cálculo relacional permitiendo realizar consultas con el fin de recuperar información de interés de una base de datos, de forma sencilla. **[R16]**

Microsoft Access

Microsoft Access es un sistema de gestión de bases de datos creado y modificado por Microsoft para uso personal o de pequeñas organizaciones. Es un componente de la suite Microsoft Office aunque no se incluye en el paquete básico. Su principal función es ser una potente base de datos, capaz de trabajar en sí misma o bien con conexión hacia otros lenguajes de programación, tales como Visual Basic 6.0 o Visual Basic .NET. Pueden realizarse consultas directas a las tablas contenidas mediante instrucciones SQL. Internamente trae consigo el lenguaje Visual Basic para Aplicación el cual es similar en forma al Visual Basic 6.

Permite el ingreso de datos de tipos: Numéricos, Texto, Fecha, Sí/No, OLE, Moneda, Memo y Boolean. Pueden desarrollarse aplicaciones completas basadas en Microsoft Access, pues trae consigo las herramientas necesarias para el diseño y desarrollo de formularios para el ingreso y trabajo con datos e informes para visualizar e imprimir la información requerida.

MySQL

MySQL es uno de los sistemas gestores de base de datos más populares desarrollado bajo la filosofía de código abierto. Las principales virtudes del MySQL son su gran velocidad, robustez y facilidad de uso. Fue desarrollado inicialmente para manejar grandes bases de datos, mucho más rápido que las soluciones existentes hasta ese momento, y ha sido usado exitosamente por muchos años en ambientes de producción de alta demanda. **[R17]**

Oracle

Oracle es un sistema fabricado por Oracle Corporation. Surge a finales de los 70 bajo el nombre de Relational Software a partir de un estudio sobre los Sistemas Gestores de Base de Datos (SGBD) de George Koch.

Se considera a Oracle como uno de los sistemas de bases de datos más completos, destacando su:

- Soporte de transacciones.
- Estabilidad.
- Escalabilidad.
- Multiplataforma.

Es un producto vendido a nivel mundial, aunque la gran potencia que tiene y su elevado precio hacen que sólo se vea en empresas muy grandes y multinacionales, por norma general. En el desarrollo de páginas Web pasa lo mismo: como es un sistema muy caro no está tan extendido como otras bases de datos, por ejemplo, MySQL, Ms SQL Server, etc. Otro aspecto que ha sido criticado por algunos especialistas es la seguridad de la plataforma, y las políticas de suministro de parches de seguridad.

PostgreSQL

Es un servidor de base de datos relacional libre, liberado bajo la licencia BSD (Berkeley Software Distribution). Es una alternativa a otros sistemas de bases de datos de código abierto (como MySQL, Firebird y MaxDB), así como sistemas propietarios como Oracle o DB2.

Algunas de sus principales características son:

- Claves ajenas también denominadas Llaves ajenas o Llaves Foráneas (foreign keys).
- Disparadores (triggers).
- Vistas.
- Integridad transaccional.
- Acceso concurrente multiversión (no se bloquean las tablas, ni siquiera las filas, cuando un proceso escribe).
- Capacidad de albergar programas en el servidor en varios lenguajes.
- Herencia de tablas.
- Tipos de datos y operaciones geométricas. **[R18]**

SQLite

SQLite es un sistema de gestión de bases de datos relacional compatible con ACID, contenida en una relativamente pequeña (~275 kiB)2 biblioteca en C. SQLite es un proyecto de dominio público1 creado por D. Richard Hipp.

A diferencia de los sistemas de gestión de bases de datos cliente-servidor, el motor de SQLite no es un proceso independiente con el que el programa principal se comunica. En lugar de eso, la biblioteca SQLite se enlaza con el programa pasando a ser parte integral del mismo. El programa utiliza la funcionalidad de SQLite a través de llamadas simples a subrutinas y funciones. Esto reduce la latencia en el acceso a la base de datos, debido a que las llamadas a funciones son más eficientes que la comunicación entre procesos. El conjunto de la base de datos (definiciones, tablas, índices, y los propios datos), son guardados como un sólo fichero estándar en la máquina host. Este diseño simple se logra bloqueando todo el fichero de base de datos al principio de cada transacción.

En su versión 3, SQLite permite bases de datos de hasta 2 Terabytes de tamaño, y también permite la inclusión de campos tipo BLOB. El autor de SQLite ofrece formación, contratos de soporte técnico y características adicionales como compresión y cifrado.

La biblioteca implementa la mayor parte del estándar SQL-92, incluyendo transacciones de base de datos atómicas, consistencia de base de datos, aislamiento, y durabilidad (ACID), triggers y la mayor parte de las consultas complejas.

SQLite usa un sistema de tipos inusual. En lugar de asignar un tipo a una columna como en la mayor parte de los sistemas de bases de datos SQL, los tipos se asignan a los valores individuales. Por ejemplo, se puede insertar un string en una columna de tipo entero (a pesar de que SQLite tratará en primera instancia de convertir la cadena en un entero). Algunos usuarios consideran esto como una innovación que hace que la base de datos sea mucho más útil, sobre todo al ser utilizada desde un lenguaje de scripting de tipos dinámicos. Otros usuarios lo ven como un gran inconveniente, ya que la técnica no es portable a otras bases de datos SQL. SQLite no trataba de transformar los datos al tipo de la columna hasta la versión 3. **[R19]**

1.7– Selección del lenguaje y gestor de base de datos que serán empleados

El sistema portable se desarrollará en la herramienta de trabajo QT, usando lenguaje C++. La capa de datos estará representada por SQLite como sistema gestor de bases de datos relacional.

1.8– Conclusiones

Del estudio realizado anteriormente se puede concluir:

Dada la importancia que tiene la incidencia de los seres humanos y los productos y servicios producidos por el mismo sobre nuestro planeta se hace imprescindible un cálculo de dicha afectación para lograr mantener un balance ecológico naturaleza-hombre.

Para ello se ha realizado un profundo estudio teórico, capaz de definir las metodologías existentes para el cálculo de la Huella Ecológica e Hídrica, el cual llevará a la implementación de un sistema portable que se convertirá en una herramienta muy útil para el cálculo de dichos parámetros.

Al finalizar este estudio, se definieron además la metodología a utilizar, así como el lenguaje, tecnología y sistema gestor de base de datos.

Capítulo 2 – Diseño y Construcción de la solución propuesta

2.1 – Introducción

En el presente capítulo se utilizan una de las herramientas de la Metodología RUP, el Modelo del Dominio, el cual ayuda a modelar y describir la solución propuesta. En este capítulo se definirán las entidades y los conceptos principales asociados con el dominio del problema, se describirán las reglas a considerar, se hará una descripción del sistema propuesto teniendo en cuenta los requisitos funcionales y no funcionales y se mostrará los actores y casos de usos propios del sistema.

2.2 – Definición de las entidades y los conceptos principales

Descripción del modelo del dominio del Cálculo de Huella Ecológica para países y ciudades.

En el modelo del dominio perteneciente al módulo del Cálculo de Huella Ecológica para países y ciudades se definen las entidades y clases relacionadas a continuación:

- Investigador.
- Cálculo de la subhuella de energía.
- Cálculo de la subhuella de cultivos.
- Cálculo de la subhuella de pastos.
- Cálculo de la subhuella de mares.
- Cálculo de la subhuella de bosques.
- Cálculo de la subhuella de superficie construida.
- Cálculo de la capacidad de carga.
- Cálculo de la Huella Total.

La funcionalidad de este dominio radica en el trabajo del investigador que mediante las metodologías de cálculo definidas en el software y una demostración gráfica de información brindada por el mismo, es capaz de definir y analizar el comportamiento en un país, ciudad o región de la Huella Ecológica.

Descripción del modelo del dominio del Cálculo de Huella Ecológica para productos y servicios.

En el modelo del dominio perteneciente al módulo del Cálculo de Huella Ecológica para productos y servicios se definen las entidades y clases relacionadas a continuación:

- Investigador.
- Cálculo de la subhuella de energía.
- Cálculo de la subhuella de insumos.
- Cálculo de la subhuella de gastos previstos.
- Cálculo de la subhuella de superficie construida.
- Cálculo de la Huella Total.

La funcionalidad de este dominio radica en el trabajo del investigador que mediante las metodologías de cálculo definidas en el software, es capaz de obtener el resultado del cálculo de la Huella Ecológica para un producto o servicio.

Descripción del modelo del dominio del Cálculo de Huella Ecológica personal.

En el modelo del dominio perteneciente al módulo del Cálculo de Huella Ecológica para países y ciudades se definen las entidades y clases relacionadas a continuación:

- Investigador.
- Cálculo de la subhuella de energía.
- Cálculo de la subhuella de alimentos.
- Cálculo de la subhuella de bosques.
- Cálculo de la subhuella de superficie construida.
- Cálculo de la Huella Ecológica personal.

La funcionalidad de este dominio radica en el trabajo del investigador que mediante las metodologías de cálculo definidas como un sistema de encuestas en el software, es capaz de analizar la Huella Ecológica personal de cualquier individuo.

Descripción del modelo del dominio del Cálculo de Huella Hídrica.

En el modelo del dominio perteneciente al módulo del Cálculo de Huella Hídrica se definen las entidades y clases relacionadas a continuación:

- Investigador.
- Cálculo de la humedad de los suelos.
- Cálculo de la Huella Hídrica.
- Informe Total.

La funcionalidad de este dominio radica en el trabajo del investigador que mediante las metodologías de cálculo definidas en el software, es capaz de analizar el comportamiento de la Huella Hídrica en una investigación o de manera individual.

2.3 – Reglas del negocio a considerar

Las reglas de negocio regulan y describen las principales políticas que deben cumplirse para el adecuado funcionamiento del negocio. A continuación se presentan las que fueron identificadas para cada módulo:

Reglas del módulo de Cálculo de Huella Ecológica para países y ciudades.

-Para realizar el cálculo de la Huella Ecológica para países y ciudades es necesario calcular con anterioridad las subhuellas de la energía, los cultivos, los pastos, los mares, los bosques, la superficie construida y la capacidad de carga.

Reglas del módulo de Cálculo de Huella Ecológica para productos y servicios.

-Para realizar el cálculo de la Huella Ecológica para productos y servicios es necesario calcular con anterioridad las subhuellas de la energía, los insumos, los servicios y la superficie construida.

Reglas del módulo de Cálculo de Huella Ecológica personal.

-Para realizar el cálculo de la Huella Ecológica personal es necesario calcular con anterioridad las subhuellas de la energía, los alimentos, los bosques y la superficie construida.

2.4 – Representación del modelo del dominio

Modelo de objetos del dominio

Un Modelo del Dominio captura los tipos más importantes de objetos en el contexto del sistema. Los objetos del dominio representan los elementos que existen y los eventos que suceden en el entorno en el que trabaja el sistema. Muchos de los objetos del dominio o clases pueden obtenerse de una especificación de requisitos. La modelación del dominio tiene como objetivo fundamental la comprensión y descripción de las clases más importantes en el sistema.

Modelo de objetos del Cálculo de Huella Ecológica para países y ciudades. Anexo 8

Modelo de objetos del Cálculo de Huella Ecológica para productos y servicios. Anexo 9

Modelo de objetos del Cálculo de Huella Ecológica personal. Anexo 10

Modelo de objetos del Cálculo de Huella Hídrica. Anexo 11

2.5 – Descripción del sistema propuesto

2.5.1 – Concepción general del sistema

El sistema propuesto tiene como finalidad agilizar, aportar eficacia, fiabilidad y organización a las investigaciones realizadas por los especialistas del cálculo de los indicadores de desarrollo sostenible Huella Ecológica y Huella Hídrica, además que brinde al investigador una información comprensible, clara y apropiada que después contribuya a una toma correcta de decisiones. El sistema se compone de cinco módulos que se describen a continuación.

El primer módulo es el que se dedica al cálculo de la variante Huella Ecológica para países y ciudades; este se compone de 8 partes:

- Interfaz para el cálculo de la subhuella de la energía.
- Interfaz para el cálculo de la subhuella de los cultivos.
- Interfaz para el cálculo de la subhuella de los pastos.
- Interfaz para el cálculo de la subhuella de los mares.
- Interfaz para el cálculo de la subhuella de los bosques.

- Interfaz para el cálculo de la subhuella de la superficie construida.
- Interfaz para el cálculo de la capacidad de carga.
- Interfaz de los resultados de la Huella Ecológica Total.

El responsable de iniciar el proceso es el investigador, el cual debe introducir los datos correctamente, cuidando seguir las indicaciones que le brinda el software el cual posteriormente arroja resultados que son precisos en este tipo de investigación. También es el encargado de guardar el trabajo realizado y de solicitar más información (ya sea gráfica, o en forma de informe completo) de la investigación realizada.

El segundo módulo es el que se dedica al cálculo de la variante Huella Ecológica para productos y servicios; este se compone de 5 partes:

- Interfaz para el cálculo de la subhuella de la energía.
- Interfaz para el cálculo de la subhuella de los insumos.
- Interfaz para el cálculo de la subhuella de gastos previstos.
- Interfaz para el cálculo de la subhuella de la superficie construida.
- Interfaz de los resultados de la Huella Ecológica Total.

El responsable de iniciar el proceso es el investigador, el cual debe introducir los datos correctamente, cuidando seguir las indicaciones de la metodología a aplicar. También es el encargado de guardar el trabajo realizado y de solicitar más información (ya sea gráfica, o en forma de informe completo) de la investigación realizada.

El tercer módulo es el que se dedica al cálculo de la variante Huella Ecológica personal; este se compone de 5 partes:

- Interfaz para el cálculo de la subhuella de la energía.
- Interfaz para el cálculo de la subhuella de alimentos.
- Interfaz para el cálculo de la subhuella de los bosques.
- Interfaz para el cálculo de la subhuella de la superficie construida.
- Interfaz de los resultados de la Huella Ecológica Total.

El responsable de iniciar el proceso es el investigador, el cual debe introducir los datos correctamente, cuidando seguir las indicaciones que brinda el software para llevar a cabo una correcta investigación. También es el encargado de guardar el trabajo realizado y de solicitar más información (ya sea gráfica, o en forma de informe completo) de la investigación realizada.

El cuarto módulo es el que se dedica al cálculo de la Huella Hídrica; este se compone de 3 partes:

- Interfaz para el cálculo de la humedad de los suelos.
- Interfaz para el cálculo de la Huella Hídrica.
- Interfaz de los resultados de la Huella Ecológica Total.

El responsable de iniciar el proceso es el investigador, el cual debe introducir los datos correctamente, cuidando seguir las indicaciones de la metodología a aplicar. También es el encargado de guardar el trabajo realizado y de solicitar más información (ya sea gráfica, o en forma de informe completo) de la investigación realizada.

2.5.2 – Requerimientos funcionales

Los requerimientos funcionales son declaraciones de los servicios o funciones que proveerá el sistema, de la manera en que éste reaccionará a entradas particulares. Estos dependen del tipo de software y del sistema que se desarrolle y de los posibles usuarios del software. Cuando se expresan como requerimientos del usuario, habitualmente se describen de forma general mientras que los requerimientos funcionales del sistema describen con detalle la función de éste, sus entradas y salidas, excepciones, etc. En algunos casos, los requerimientos funcionales de los sistemas también declaran explícitamente lo que el sistema no debe hacer.

Listado de los requerimientos funcionales del módulo Cálculo de Huella Ecológica para países y ciudades.

Subhuella de la energía.

1. Insertar el consumo del portador energético.
2. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético de la electricidad.

3. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético del crudo nacional.
4. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético del Fuel-Oíl.
5. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético del diesel.
6. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético de la gasolina regular.
7. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético de la gasolina especial.
8. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético del keroseno.
9. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético de la nafta.
10. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético del GLP.
11. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético del alcohol desnaturalizado.
12. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético de los aceites y lubricantes.
13. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético de las grasas lubricantes.
14. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético de la antracita.
15. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético del turbo.
16. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético del coque.
17. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético del carbón bituminoso.
18. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético de la turba.

19. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético del asfalto.
25. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético de la electricidad.
26. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético del crudo nacional.
27. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético del Fuel-Oíl.
28. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético del diesel.
29. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético de la gasolina regular.
30. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético de la gasolina especial.
31. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético del keroseno.
32. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético de la nafta.
33. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético del GLP.
34. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético del alcohol desnaturalizado.
35. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético de los aceites y lubricantes.
36. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético de las grasas lubricantes.
37. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético de la antracita.
38. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético del turbo.
39. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético del coque.
40. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético del carbón bituminoso.
41. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético de la turba.
42. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético del asfalto.
43. Calcular la huella ecológica del portador energético de la electricidad.
44. Calcular la huella ecológica del portador energético del crudo nacional.
45. Calcular la huella ecológica del portador energético del Fuel-Oíl.
46. Calcular la huella ecológica del portador energético del diesel.
47. Calcular la huella ecológica del portador energético de la gasolina regular.

48. Calcular la huella ecológica del portador energético de la gasolina especial.
49. Calcular la huella ecológica del portador energético del keroseno.
50. Calcular la huella ecológica del portador energético de la nafta.
51. Calcular la huella ecológica del portador energético del GLP.
52. Calcular la huella ecológica del portador energético del alcohol desnaturalizado.
53. Calcular la huella ecológica del portador energético de los aceites y lubricantes.
54. Calcular la huella ecológica del portador energético de las grasas lubricantes.
55. Calcular la huella ecológica del portador energético de la antracita.
56. Calcular la huella ecológica del portador energético del turbo.
57. Calcular la huella ecológica del portador energético del coque.
58. Calcular la huella ecológica del portador energético del carbón bituminoso.
59. Calcular la huella ecológica del portador energético de la turba.
60. Calcular la huella ecológica del portador energético del asfalto.
61. Calcular el por ciento que representan cada uno de los portadores energéticos.
62. Calcular la subhuella total.

Subhuella de los cultivos.

63. Insertar el consumo de productos tipo cultivos.
64. Calcular el consumo total de cereales.
65. Calcular el rendimiento total de los cereales.
66. Calcular la huella ecológica de los cereales.
67. Calcular el consumo total de hortalizas.
68. Calcular el rendimiento total de las hortalizas.
69. Calcular la huella ecológica de las hortalizas.
70. Calcular el consumo total de tubérculos y raíces.
71. Calcular el rendimiento total de los tubérculos y raíces.
72. Calcular la huella ecológica de los tubérculos y raíces.
73. Calcular el consumo total de legumbres.
74. Calcular el rendimiento total de las legumbres.
75. Calcular la huella ecológica de las legumbres.
76. Calcular el consumo total de viandas.
77. Calcular el rendimiento total de las viandas.
78. Calcular la huella ecológica de las viandas.

79. Calcular el consumo total de otros alimentos.
80. Calcular el rendimiento total de otros alimentos.
81. Calcular la huella ecológica de otros alimentos.
82. Calcular la huella ecológica de la harina de trigo.
83. Calcular la huella ecológica del maíz grano seco.
84. Calcular la huella ecológica del arroz.
85. Calcular la huella ecológica del pan.
86. Calcular la huella ecológica del tomate.
87. Calcular la huella ecológica de otras hortalizas.
88. Calcular la huella ecológica de la papa.
89. Calcular la huella ecológica de otros tubérculos y raíces.
90. Calcular la huella ecológica de los frijoles.
91. Calcular la huella ecológica de los chícharos.
92. Calcular la huella ecológica de otras legumbres.
93. Calcular la huella ecológica del plátano.
94. Calcular la huella ecológica de otras viandas.
95. Calcular la huella ecológica de los cítricos.
96. Calcular la huella ecológica de las frutas.
97. Calcular la huella ecológica del aceite.
98. Calcular el porciento que representa cada uno de los productos.
99. Calcular la subhuella total.
100. Graficar la representación de la subhuella de los cultivos.

Subhuella de los pastos.

101. Insertar el consumo del producto tipo pastos.
102. Calcular la huella ecológica de la carne bovina.
103. Calcular la huella ecológica de la carne porcina.
104. Calcular la huella ecológica de la carne avícola.
105. Calcular la huella ecológica de la carne ovino-caprina.
106. Calcular la huella ecológica del huevo.
107. Calcular la huella ecológica el queso.
108. Calcular la huella ecológica de la leche.
109. Calcular el porciento que representa cada uno de los productos.
110. Calcular la subhuella total.

111. Graficar la representación de la subhuella de los pastos.

Calcular la subhuella de los mares.

112. Insertar el consumo del producto tipo mares.
113. Calcular la huella ecológica del pescado fresco.
114. Calcular la huella ecológica del pescado embasado.
115. Calcular la huella ecológica de los mariscos.
116. Calcular la huella ecológica de otros alimentos marinos.
117. Calcular el por ciento que representa cada uno de los productos.
118. Calcular la subhuella total.
119. Graficar la representación de la subhuella de los mares.

Subhuella de los bosques.

120. Insertar el consumo del producto tipo bosques.
121. Calcular la huella ecológica del papel.
122. Calcular la huella ecológica de la madera.
123. Calcular la huella ecológica de la leña.
124. Calcular el por ciento que representa cada material.
125. Calcular la subhuella total.
126. Graficar la representación de la subhuella de los bosques.

Subhuella de la superficie construida.

127. Insertar la extensión del tipo de superficie.
128. Calcular la huella ecológica de los asentamientos poblacionales.
129. Calcular la huella ecológica de construcción de transporte.
130. Calcular la huella ecológica de construcción de industria.
131. Calcular la huella ecológica de ocupación de vertederos.
132. Calcular la huella ecológica de construcción agrícola y silvicultura.
133. Calcular la huella ecológica de otras construcciones.
134. Calcular el por ciento que representa cada una de las superficies construidas.
135. Calcular la huella ecológica total.

Calcular la capacidad de carga.

136. Insertar la extensión del tipo de superficie.
137. Calcular la capacidad de carga de la superficie agrícola.
138. Calcular la capacidad de carga de la superficie ociosa.

139. Calcular la capacidad de carga de la superficie forestal.
140. Calcular la capacidad de carga de la superficie población constructiva.
141. Calcular la capacidad de carga de la superficie acuosa.
142. Calcular el por ciento que representa cada una de las superficies.
143. Calcular la capacidad de carga total.

Huella Ecológica Total

144. Calcular la Huella Total

Listado de los requerimientos funcionales del módulo Cálculo de Huella Ecológica para productos y servicios.

Subhuella de la energía.

1. Insertar el consumo del portador energético.
2. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético de la electricidad.
3. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético del crudo nacional.
4. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético del Fuel-Oíl.
5. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético del diesel.
6. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético de la gasolina regular.
7. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético de la gasolina especial.
8. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético del keroseno.
9. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético de la nafta.
10. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético del GLP.
11. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético del alcohol desnaturalizado.

12. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético de los aceites y lubricantes.
13. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético de las grasas lubricantes.
14. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético de la antracita.
15. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético del turbo.
16. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético del coque.
17. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético del carbón bituminoso.
18. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético de la turba.
19. Calcular la cantidad de combustible equivalente que representa el portador energético del asfalto.
20. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético de la electricidad.
21. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético del crudo nacional.
22. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético del Fuel-Oíl.
23. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético del diesel.
24. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético de la gasolina regular.
25. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético de la gasolina especial.
26. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético del keroseno.
27. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético de la nafta.
28. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético del GLP.
29. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético del alcohol desnaturalizado.
30. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético de los aceites y lubricantes.

31. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético de las grasas lubricantes.
32. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético de la antracita.
33. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético del turbo.
34. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético del coque.
35. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético del carbón bituminoso.
36. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético de la turba.
37. Calcular la cantidad de Giga Joule que representa el portador energético del asfalto.
38. Calcular la huella ecológica del portador energético de la electricidad.
39. Calcular la huella ecológica del portador energético del crudo nacional.
40. Calcular la huella ecológica del portador energético del Fuel-Oíl.
41. Calcular la huella ecológica del portador energético del diesel.
42. Calcular la huella ecológica del portador energético de la gasolina regular.
43. Calcular la huella ecológica del portador energético de la gasolina especial.
44. Calcular la huella ecológica del portador energético del keroseno.
45. Calcular la huella ecológica del portador energético de la nafta.
46. Calcular la huella ecológica del portador energético del GLP.
47. Calcular la huella ecológica del portador energético del alcohol desnaturalizado.
48. Calcular la huella ecológica del portador energético de los aceites y lubricantes.
49. Calcular la huella ecológica del portador energético de las grasas lubricantes.
50. Calcular la huella ecológica del portador energético de la antracita.
51. Calcular la huella ecológica del portador energético del turbo.
52. Calcular la huella ecológica del portador energético del coque.
53. Calcular la huella ecológica del portador energético del carbón bituminoso.
54. Calcular la huella ecológica del portador energético de la turba.
55. Calcular la huella ecológica del portador energético del asfalto.
56. Calcular el por ciento que representa cada uno de los portadores energéticos.
57. Calcular la subhuella total.

Subhuella de los insumos.

58. Insertar el consumo del insumo.
59. Calcular la huella ecológica de todos los Materiales de Industria.
60. Calcular la huella ecológica de todos los Alimentos de Producción.

61. Calcular la Huella Ecológica de todas las Manufacturas de Materiales.
62. Calcular el por ciento que representa la subhuella de cada uno de los Materiales de Industria.
63. Calcular el por ciento que representa la subhuella de cada uno de los Alimentos de Producción.
64. Calcular el por ciento que representa la subhuella de cada uno de las Manufacturas de Materiales.

    Subhuella de los gastos previstos.

65. Insertar el por ciento a calcular.
66. Calcular los gastos previstos.

    Calcular Superficie Construida.

67. Insertar la extensión del tipo de estructura.
68. Calcular la subhuella de Infraestructura productiva.
69. Calcular la subhuella de Infraestructura Logística y Administrativa.
70. Calcular la subhuella de Viales.
71. Calcular la subhuella de Otras Estructuras.
72. Calcular el porciento que representa cada estructura.

    Huella Ecológica Total.

73. Calcular la Huella Ecológica Total.

Listado de los requerimientos funcionales del módulo Cálculo de Huella Ecológica personal.

Subhuella de la energía.

1. Insertar cantidad de habitantes
2. Calcular la subhuella de la electricidad.
3. Calcular la subhuella del transporte.
4. Calcular el por ciento que representa el transporte y la electricidad
5. Calcular la subhuella de la energía.

Subhuella de los alimentos.

6. Insertar consumo de alimentos.
7. Calcular la subhuella del alimento vegetal.
8. Calcular el por ciento que representa en la subhuella de los alimentos el alimento vegetal y el animal.

9. Calcular la subhuella del alimento animal.
10. Calcular la subhuella del alimento.

    Subhuella de los bosques.
11. Insertar consumo de materiales tipo bosques.
12. Calcular la subhuella de los bosques.

    Subhuella de la superficie construida.
13. Insertar la extensión de habitaciones.
14. Calcular la subhuella de la superficie construida.

    Huella Total Personal.
15. Calcular la Huella Ecológica Personal.

Listado de los requerimientos funcionales del módulo Cálculo de Huella Hídrica.

1. Calcular la humedad de los suelos.
2. Calcular las aguas azules.
3. Calcular las aguas verdes.
4. Calcular aguas grises.
5. Calcular la Huella Hídrica.

2.5.3 – Requerimientos no funcionales

Los requerimientos no funcionales describen las restricciones del sistema o del proceso de desarrollo; no se refieren directamente a las funciones específicas que entrega el sistema, sino a las propiedades emergentes de éste como la fiabilidad, la respuesta en el tiempo y la capacidad de almacenamiento. De forma alternativa, definen las restricciones del sistema como la capacidad de los dispositivos de entrada/salida, en cuanto a prestaciones, atributos de calidad y la representación de datos que se utiliza en la interfaz del sistema.

Apariencia o interfaz externa:

- La aplicación informática propuesta será usada por personas que no necesariamente tienen habilidades en el trabajo con la computadora, por lo que la interfaz debe ser amigable y fácil de usar, de manera que no sea una dificultad para que el usuario haga uso de ella. La interfaz será uniforme logrando identificar todos los módulos como un mismo sistema.
- La interfaz estará diseñada de modo tal que el usuario pueda tener en todo

momento el control de la aplicación, lo que le permitirá ir de un punto a otro dentro de ella con gran facilidad. Se cuidará porque la aplicación sea lo más interactiva posible. La interfaz será uniforme un cuanto a apariencia y funcionalidad.

Requisitos de usabilidad:

- El usuario puede entrar en modo investigador.
- El sistema propuesto podrá ser usado por personas que pueden o no, tener habilidades en el trabajo con la computadora, debido a que contará con una ayuda dirigida al usuario sobre los aspectos más importantes en la utilización del mismo; facilitando además el acceso a la información sin un costo elevado.

Requisitos de rendimiento:

- El módulo está concebido para funcionar como una aplicación desktop, por lo que con un solo ordenador basta para su correcto funcionamiento.
- Se requiere de una capacidad de procesamiento media para ejecutar algoritmos que requieren tiempo de procesamiento.
- En cuanto a los tiempos de respuesta, estos deben ser cortos para lograr una mayor rapidez en la creación de la presentación.
- El módulo deberá funcionar de manera estable evitando errores que conciernan directamente a su programación.

Requisitos de soporte:

- Para el uso de la aplicación no es necesaria su instalación ya que se trata de un sistema portable.
- Las pruebas del sistema serán realizadas por especialistas en la materia. Dichas pruebas permitirán evaluar en la práctica la funcionalidad y las ventajas de este nuevo producto.
- El sistema debe propiciar su mejoramiento y la anexión de otras opciones que se le incorporen en un futuro.

Requisitos de portabilidad:

- El sistema es multiplataforma.

Requisitos políticos – culturales:

- El investigador debe tener conocimientos de la materia, ya que el uso del software

requiere del conocimiento de metodologías predefinidas.

Requisitos legales:

- La herramienta propuesta responderá a los intereses de las investigaciones para medir los indicadores de desarrollo sostenible Huella Ecológica y Huella Hídrica en cualquier parte del mundo.
- El producto podrá ser comercializado.

Requisitos de confiabilidad:

- El módulo debe garantizar total fiabilidad y eficacia en los resultados obtenidos.

Requisitos de ayuda y documentación en línea:

- Tendrá un manual de usuario que explique el sistema de creación de la presentación y sus conceptos fundamentales, así como la explicación de las diferentes opciones del módulo.

Requerimientos de software:

- Se debe disponer de un sistema operativo superior a Windows 98 y del sistema operativo Linux Ubuntu cualesquiera de sus versiones.

Requerimientos de hardware:

- Para el desarrollo y puesta en práctica del proyecto se requieren ordenadores con los siguientes requisitos mínimos:
  - Procesador Pentium IV a 1.6 GHz.
  - 256 Mbytes de memoria RAM.
  - 30 Gbytes de Capacidad de disco duro.
  - Tarjeta Aceleradora de video con 128 MBytes de memoria VRAM.
  - Teclado y Mouse.

2.6– Modelo de casos de uso del sistema

Un actor es aquel que interactúa con el sistema, sin ser parte de él y puede asumir el rol que juega una o varias personas, un equipo o un sistema automatizado. A continuación se definen los actores del sistema propuesto:

2.6.1– Actores del sistema

Nombre del actor	Descripción
Investigador	El investigador puede acceder a cualquiera de los módulos de cálculo de Huella Ecológica y Huella Hídrica. Es el encargado de realizar la investigación. Tiene acceso a cualquiera de los requerimientos funcionales de estos cuatro módulos: Cálculo de la Huella Ecológica para países y ciudades, Cálculo de la Huella Ecológica para productos y servicios, Cálculo de la Huella Ecológica personal, Cálculo de la Huella Hídrica.

Tabla 2 Actores del sistema

2.6.2 – Diagramas de casos de uso del sistema

Los actores interactúan y usan el sistema a través de casos de uso. Los casos de uso son artefactos narrativos que describen, bajo la forma de acciones y reacciones, el comportamiento del sistema desde el punto de vista del usuario**.** En este trabajo los casos de uso del sistema quedan representados por:

Casos de uso del módulo Cálculo de la Huella Ecológica para países y ciudades.

1. Calcular la subhuella de la energía.
2. Calcular la subhuella de los cultivos.
3. Calcular la subhuella de los pastos.
4. Calcular la subhuella de los mares.
5. Calcular la subhuella de los bosques.
6. Calcular la subhuella de la superficie construida.
7. Calcular la capacidad de carga.
8. Calcular la Huella Total.

Casos de uso del módulo Cálculo de la Huella Ecológica para productos y servicios.

1. Calcular la subhuella de la energía.
2. Calcular la subhuella de los insumos.
3. Calcular la subhuella de los servicios.
4. Calcular la subhuella de la superficie construida.
5. Calcular la Huella Total.

Casos de uso del módulo Cálculo de la Huella Ecológica personal.

1. Calcular la subhuella de la energía.
2. Calcular la subhuella de los alimentos.
3. Calcular la subhuella de los bosques.
4. Calcular la subhuella de la superficie construida.
5. Calcular la Huella Total.

Casos de uso del módulo Cálculo de la Huella Ecológica personal.

1. Calcular la humedad de los suelos.
2. Calcular la Huella Hídrica.

Diagrama de casos de uso del módulo Huella Ecológica para países y ciudades. Anexo 12
Diagrama de casos de uso del módulo Huella Ecológica para productos y servicios. Anexo 13.

Diagrama de casos de uso del módulo Huella Ecológica personal. Anexo 14

Diagrama de casos de uso del módulo Huella Hídrica. Anexo 15

2.6.3- Descripción de los casos de uso de sistema

Después de haber representado los casos de usos del sistema para los módulos de del mismo; pasaremos a describirlos.

Descripción de los casos de uso del módulo de Cálculo de la Huella Ecológica para países y ciudades.

Descripción del caso de uso de sistema Calcular subhuella de la energía.

Caso de uso	**Calcular subhuella de la energía**
Actores:	Investigador.
Propósito:	Permite al usuario calcular la subhuella de la energía.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el usuario decide calcular la subhuella de la energía en una investigación tipo para países y ciudades. El sistema pide una serie de valores que se especifican de que tipo y de quien son para calcular la subhuella de la energía. Cuando el usuario llene los campos que necesita para calcular y efectué la operación el caso de uso culmina con la devolución por parte del sistema de una tabla donde se representan todos los valores calculados que son de interés para el usuario.	
Referencias:	R1, R2, R3, R, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62.
Precondiciones:	Debe elegir el cálculo de huella para países y ciudades.
Poscondiciones:	Se calcula la subhuella de la energía.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Ver anexo 16, 17

Tabla 3 Caso de uso 1 Módulo Países y Ciudades

Descripción del caso de uso de sistema Calcular subhuella de los cultivos.

Caso de uso	**Calcular subhuella de los cultivos**
Actores:	Investigador.
Propósito:	Permite al usuario calcular la subhuella de los cultivos.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el usuario decide calcular la subhuella de los cultivos en una investigación tipo para países y ciudades. El sistema pide una serie de valores que se especifican de que tipo y de quien son para calcular la subhuella de los cultivos. Cuando el usuario llene los campos que necesita para calcular y efectué la operación el caso de uso culmina con la devolución por parte del sistema de una tabla donde se representan todos los	

valores calculados que son de interés para el usuario.	
Referencias:	R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, R71, R72, R73, R74, R75, R76, R77, R78, R79, R80, R81, R82, R83, R84, R85, R86, R87, R88, R89, R90, R91, R92, R93, R94, R95, R96, R97, R98, R99, R100.
Precondiciones:	Debe elegir el cálculo de huella para países y ciudades.
Poscondiciones:	Se calcula la subhuella de los cultivos.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Ver anexo 18,19

Tabla 4 Caso de uso 2 Módulo Países y Ciudades

Descripción del caso de uso de sistema Calcular subhuella de los pastos.

Caso de uso	**Calcular subhuella de los pastos**
Actores:	Investigador.
Propósito:	Permite al usuario calcular la subhuella de los pastos.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el usuario decide calcular la subhuella de los pastos en una investigación tipo para países y ciudades. El sistema pide una serie de valores que se especifican de que tipo y de quien son para calcular la subhuella de los pastos. Cuando el usuario llene los campos que necesita para calcular y efectué la operación el caso de uso culmina con la devolución por parte del sistema de una tabla donde se representan todos los valores calculados que son de interés para el usuario.	
Referencias:	R101, 102, R103, R104, R105, R106, R107, R108, R109, R110, R111.
Precondiciones:	Debe elegir el cálculo de huella para países y ciudades.
Poscondiciones:	Se calcula la subhuella de los pastos.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Ver anexo 20,21

Tabla 5 Caso de uso 3 Módulo Países y Ciudades

Descripción del caso de uso de sistema Calcular subhuella de los mares.

Caso de uso	**Calcular subhuella de los mares**

Actores:	Investigador.
Propósito:	Permite al usuario calcular la subhuella de los mares.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el usuario decide calcular la subhuella de los mares en una investigación tipo para países y ciudades. El sistema pide una serie de valores que se especifican de que tipo y de quien son para calcular la subhuella de los mares. Cuando el usuario llene los campos que necesita para calcular y efectué la operación el caso de uso culmina con la devolución por parte del sistema de una tabla donde se representan todos los valores calculados que son de interés para el usuario.	
Referencias:	R112, 113, R114, R115, R116, R117, R118, R119.
Precondiciones:	Debe elegir el cálculo de huella para países y ciudades.
Poscondiciones:	Se calcula la subhuella de los mares.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Ver anexo 22, 23

Tabla 6 Caso de uso 4 Módulo Países y Ciudades

Descripción del caso de uso de sistema Calcular subhuella de los bosques.

Caso de uso	**Calcular subhuella de los bosques**
Actores:	Investigador.
Propósito:	Permite al usuario calcular la subhuella de los bosques.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el usuario decide calcular la subhuella de los bosques en una investigación tipo para países y ciudades. El sistema pide una serie de valores que se especifican de que tipo y de quien son para calcular la subhuella de los bosques. Cuando el usuario llene los campos que necesita para calcular y efectué la operación el caso de uso culmina con la devolución por parte del sistema de una tabla donde se representan todos los valores calculados que son de interés para el usuario.	
Referencias:	R120, R121, R122, R123, R124, R125, R126.
Precondiciones:	Debe elegir el cálculo de huella para países y ciudades.
Poscondiciones:	Se calcula la subhuella de los bosques.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Ver anexo 24,25

Tabla 7 Caso de uso 5 Módulo Países y Ciudades

Descripción del caso de uso de sistema Calcular subhuella de la superficie construida.

Caso de uso	**Calcular subhuella de la superficie construida**
Actores:	Investigador.
Propósito:	Permite al usuario calcular la subhuella de la superficie construida.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el usuario decide calcular la subhuella de la superficie construida en una investigación tipo para países y ciudades. El sistema pide una serie de valores que se especifican de que tipo y de quien son para calcular la subhuella de la superficie construida. Cuando el usuario llene los campos que necesita para calcular y efectué la operación el caso de uso culmina con la devolución por parte del sistema de una tabla donde se representan todos los valores calculados que son de interés para el usuario.	
Referencias:	R127, R128, R129, R130, R131, R132, R133, R134, R135.
Precondiciones:	Debe elegir el cálculo de huella para países y ciudades
Poscondiciones:	Se calcula la subhuella de la superficie construida.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Ver anexo 26, 27

Tabla 8 Caso de uso 6 Módulo Países y Ciudades

Descripción del caso de uso de sistema Calcular la capacidad de carga.

Caso de uso	**Calcular la capacidad de carga**
Actores:	Investigador.
Propósito:	Permite al usuario calcular la capacidad de carga.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el usuario decide calcular la capacidad de carga en una investigación tipo para países y ciudades. El sistema pide una serie de valores que se especifican de que tipo y de quien son para calcular la capacidad de carga. Cuando el usuario llene los campos que necesita para calcular y efectué la operación el caso de uso culmina con la devolución por parte del sistema de una tabla donde se representan todos los valores calculados que son de interés para el usuario.	
Referencias:	R136, R137, R138, R139, R140, R141, R142, R143.
Precondiciones:	Debe elegir el cálculo de huella para países y ciudades.

Poscondiciones:	Se calcula la subhuella de los bosques.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Ver anexo 28, 29

Tabla 9 Caso de uso 7 Módulo Países y Ciudades

Descripción del caso de uso de sistema Calcular Huella Ecológica Total.

Caso de uso	**Calcular la Huella Ecológica Total**
Actores:	Investigador.
Propósito:	Permite al usuario calcular la Huella Ecológica para países y ciudades.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el usuario ya ha calculado las subhuellas pertenecientes al tipo países y ciudades. El sistema muestra en una tabla el resultado de cada una de las subhuellas a medida que estas se van calculando, también muestra el resultado de la capacidad de carga obtenida cuando ya todas las subhuellas y la capacidad de carga están calculadas se obtiene la Huella Total	
Referencias:	R144
Precondiciones:	Deben estar calculadas todas las subhuellas asociadas.
Poscondiciones:	Se calculan la huella total.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Ver anexo 30

Tabla 10 Caso de uso 8 Módulo Países y Ciudades

Descripción de los casos de uso del módulo de Cálculo de la Huella Ecológica para productos y servicios.

Descripción del caso de uso de sistema Calcular subhuella de la energía.

Caso de uso	**Calcular subhuella de la energía**
Actores:	Investigador.
Propósito:	Permite al usuario calcular la subhuella de la energía.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el usuario decide calcular la subhuella de la energía en una investigación tipo para productos y servicios. El sistema pide una serie de valores que se especifican de que tipo y de quien son para calcular la subhuella de la energía. Cuando el	

usuario llene los campos que necesita para calcular y efectué la operación el caso de uso culmina con la devolución por parte del sistema de una tabla donde se representan todos los valores calculados que son de interés para el usuario.	
Referencias:	R1, R2, R3, R, R5, R6, R7, R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22, R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, R31, R32, R33, R34, R35, R36, R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43, R44, R45, R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, R53, R54, R55, R56, R57.
Precondiciones:	Debe elegir el cálculo de huella para productos y servicios.
Poscondiciones:	Se calcula la subhuella de la energía.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Ver anexo 31,32

Tabla 11 Caso de uso 1 Módulo Productos y Servicios

Descripción del caso de uso de sistema Calcular subhuella de los insumos.

Caso de uso	**Calcular subhuella de los insumos**
Actores:	Investigador.
Propósito:	Permite al usuario calcular la subhuella de los insumos.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el usuario decide calcular la subhuella de los insumos en una investigación tipo para productos y servicios. El sistema pide una serie de valores que se especifican de que tipo y de quien son para calcular la subhuella de los cultivos. Cuando el usuario llene los campos que necesita para calcular y efectué la operación el caso de uso culmina con la devolución por parte del sistema de una tabla donde se representan todos los valores calculados que son de interés para el usuario.	
Referencias:	R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64.
Precondiciones:	Debe elegir el cálculo de huella para productos y servicios.
Poscondiciones:	Se calcula la subhuella de los insumos.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Ver anexo 33,34

Tabla 12 Caso de uso 2 Módulo Productos y Servicios

Descripción del caso de uso de sistema Calcular subhuella de gastos previstos.

Caso de uso	**Calcular subhuella de gastos previstos**
Actores:	Investigador.
Propósito:	Permite al usuario calcular la subhuella de los pastos.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el usuario decide calcular la subhuella de los gastos previstos en una investigación tipo para productos y servicios. El sistema pide un valor como porciento a tomar para realizar el cálculo. Cuando el usuario llene este campo y efectué la operación el caso de uso culmina con la devolución por parte del sistema de una tabla donde se representan todos los valores calculados que son de interés para el usuario.	
Referencias:	R65, R66.
Precondiciones:	Deben estar calculadas las tres subhuellas asociadas.
Poscondiciones:	Se calcula la subhuella de los gastos previstos.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Ver anexo 35,36

Tabla 13 Caso de uso 3 Módulo Productos y Servicios

Descripción del caso de uso de sistema Calcular subhuella de superficie construida.

Caso de uso	**Calcular subhuella de superficie construida**
Actores:	Investigador.
Propósito:	Permite al usuario calcular la subhuella de la superficie construida.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el usuario decide calcular la subhuella de la superficie construida en una investigación tipo para productos y servicios. El sistema pide una serie de valores que se especifican de que tipo y de quien son para calcular la subhuella de los mares. Cuando el usuario llene los campos que necesita para calcular y efectué la operación el caso de uso culmina con la devolución por parte del sistema de una tabla donde se representan todos los valores calculados que son de interés para el usuario.	
Referencias:	R67, R68, R69, R70, R71, R72.
Precondiciones:	Debe elegir el cálculo de huella para productos y servicios.

Poscondiciones:	Se calcula la subhuella de la superficie construida.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Ver anexo 37,38

Tabla 14 Caso de uso 4 Módulo Productos y Servicios

Descripción del caso de uso de sistema Calcular Huella Ecológica Total

Caso de uso	**Calcular la Huella Ecológica Total**
Actores:	Investigador.
Propósito:	Permite al usuario calcular la Huella Ecológica para productos y servicios.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el usuario ya ha calculado las subhuellas pertenecientes al tipo productos y servicios. El sistema muestra en una tabla el resultado de cada una de las subhuellas a medida que estas se van calculando y cuando ya todas están calculadas se obtiene la Huella Total.	
Referencias:	R73.
Precondiciones:	Deben estar calculadas todas las subhuellas asociadas.
Poscondiciones:	Se calculan la huella total.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Ver anexo 39

Tabla 15 Caso de uso 5 Módulo Productos y Servicios

Descripción de los casos de uso del módulo de Cálculo de la Huella Ecológica personal.

Descripción del caso de uso de sistema Calcular subhuella de la energía.

Caso de uso	**Calcular subhuella de la energía**
Actores:	Investigador.
Propósito:	Permite al usuario calcular la subhuella de la energía.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el usuario decide calcular la subhuella de la energía en una investigación tipo huella personal. El sistema pide una serie de valores que se especifican de que tipo y de quien son para calcular la subhuella de la energía. Cuando el usuario llene los campos que necesita para calcular y efectué la operación el caso de uso culmina con la devolución por parte del sistema de una tabla donde se representan todos los valores	

calculados que son de interés para el usuario.	
Referencias:	R1, R2, R3, R4, R5.
Precondiciones:	Debe elegir el cálculo de huella personal.
Poscondiciones:	Se calcula la subhuella de la energía.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Ver anexo 40,41

Tabla 16Caso de uso 1 Módulo Personal

Descripción del caso de uso de sistema Calcular subhuella de los alimentos.

Caso de uso	**Calcular subhuella de los alimentos**
Actores:	Investigador.
Propósito:	Permite al usuario calcular la subhuella de los alimentos.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el usuario decide calcular la subhuella de los alimentos en una investigación tipo para productos y servicios. El sistema pide una serie de valores que se especifican de que tipo y de quien son para calcular la subhuella de los cultivos. Cuando el usuario llene los campos que necesita para calcular y efectué la operación el caso de uso culmina con la devolución por parte del sistema de una tabla donde se representan todos los valores calculados que son de interés para el usuario.	
Referencias:	R6, R7, R8, R9, R10.
Precondiciones:	Debe elegir el cálculo de huella personal.
Poscondiciones:	Se calcula la subhuella de los alimentos.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Ver anexo 42,43

Tabla 17 Caso de uso 2 Módulo Personal

Descripción del caso de uso de sistema Calcular subhuella de bosques.

Caso de uso	**Calcular subhuella de bosques**
Actores:	Investigador.
Propósito:	Permite al usuario calcular la subhuella de bosques.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el usuario decide calcular la subhuella de bosques en una	

investigación tipo huella personal. El sistema pide un valor como porciento a tomar para realizar el cálculo. Cuando el usuario llene este campo y efectué la operación el caso de uso culmina con la devolución por parte del sistema de una tabla donde se representan todos los valores calculados que son de interés para el usuario.	
Referencias:	R11, R12.
Precondiciones:	Debe elegir el cálculo de huella personal.
Poscondiciones:	Se calcula la subhuella de los bosques.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Ver anexo 44,45

Tabla 18 Caso de uso 3 Módulo Personal

Descripción del caso de uso de sistema Calcular subhuella de superficie construida.

Caso de uso	**Calcular subhuella de superficie construida**
Actores:	Investigador.
Propósito:	Permite al usuario calcular la subhuella de la superficie construida.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el usuario decide calcular la subhuella de la superficie construida en una investigación tipo huella personal. El sistema pide una serie de valores que se especifican de que tipo y de quien son para calcular la subhuella de los mares. Cuando el usuario llene los campos que necesita para calcular y efectué la operación el caso de uso culmina con la devolución por parte del sistema de una tabla donde se representan todos los valores calculados que son de interés para el usuario.	
Referencias:	R13, R14
Precondiciones:	Debe elegir el cálculo de huella personal.
Poscondiciones:	Se calcula la subhuella de la superficie construida.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Ver anexo 46,47

Tabla 19 Caso de uso 4 Módulo Personal

Descripción del caso de uso de sistema Calcular Huella Ecológica Total.

Caso de uso	**Calcular la Huella Ecológica Total**
Actores:	Investigador.

Propósito:	Permite al usuario calcular la Huella Ecológica Personal.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el usuario ya ha calculado las subhuellas pertenecientes al tipo huella personal. El sistema muestra en una tabla el resultado de cada una de las subhuellas a medida que estas se van calculando y cuando ya todas están calculadas se obtiene la Huella Total.	
Referencias:	R15.
Precondiciones:	Deben estar calculadas todas las subhuellas asociadas.
Poscondiciones:	Se calcula la huella total.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Ver anexo 48

Tabla 20 Caso de uso 5 Módulo Personal

Descripción de los casos de uso del módulo de Cálculo de la Huella Hídrica

Descripción del caso de uso de sistema Calcular humedad de los suelos.

Caso de uso	**Calcular humedad de los suelos**
Actores:	Investigador.
Propósito:	Permite al usuario calcular la humedad de los suelos.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el usuario decide calcular la humedad de los suelos en una investigación tipo huella hídrica. El sistema pide una serie de valores que se especifican de que tipo y de quien son para calcular la subhuella de los mares. Cuando el usuario llene los campos que necesita para calcular y efectué la operación el caso de uso culmina con la devolución por parte del sistema de una tabla donde se representan todos los valores calculados que son de interés para el usuario.	
Referencias:	R1.
Precondiciones:	Debe elegir el cálculo de huella hídrica
Poscondiciones:	Se calcula la humedad de los suelos.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Ver anexo 49

Tabla 21 Caso de uso 1 Módulo Hídrica

Descripción del caso de uso de sistema Calcular Huella Hídrica.

Caso de uso	**Calcular la Huella Hídrica**
Actores:	Investigador.
Propósito:	Permite al usuario calcular la Huella Hídrica.
Resumen: El caso de uso se inicia cuando el usuario decide calcular la huella hídrica. El sistema pide una serie de valores que se especifican de que tipo y de quien son para calcular la subhuella de los mares. Cuando el usuario llene los campos que necesita para calcular y efectué la operación el caso de uso culmina con la devolución por parte del sistema de una tabla donde se representan todos los valores calculados que son de interés para el usuario.	
Referencias:	R2, R3, R4, R5
Precondiciones:	Debe elegir el cálculo de huella hídrica.
Poscondiciones:	Se calcula la huella hídrica.
Requisitos especiales:	-
Prototipo:	Ver anexo 50, 51

Tabla 22 Caso de uso 2 Módulo Hídrica

2.7- Construcción de la solución propuesta

En este epígrafe se realiza una descripción de la construcción de la solución propuesta, en la que se han utilizado el Diagrama de Clases del Diseño y el Diagrama de Clases Persistentes, artefactos que propone la Metodología de RUP.

2.7.1 – Diagrama de clases del diseño

Representación gráfica del diagrama de clases del diseño. Anexo 52

2.7.2- Diseño de la base de datos

Modelo lógico de datos

Representación gráfica del diagrama de clases persistentes. Anexo 53

Modelo físico de datos

Representación gráfica del diagrama del modelo físico de datos. Anexo 54

2.7.3 – Diagrama de implementación

El diagrama de implementación describe como los elementos del modelo de diseño, como las clases, se implementan en términos de componentes. Describe también como se organizan los componentes de acuerdo con los mecanismos de estructuración y modularización disponibles en el entorno de implementación y en el lenguaje o lenguajes de programación utilizados y como dependen los componentes unos de otros.

Un diagrama de implementación sería un diagrama que contenga nodos y componentes por lo que en una sola vista se pueden apreciar los diagramas de componentes y de despliegue. Aunque se pueden construir por separado estos diagramas, en ellos no queda clara la relación directa que puede darse entre componentes ubicados en nodos diferentes. Representación gráfica de los diagramas de implementación. Anexo 55

2.8– Principios de diseño

2.8.1- Estándares en la interfaz de la aplicación

- El diseño de la interfaz estará basado en el estándar de ventanas de Windows.
- Se diseñará una aplicación servicial y conservadora.
- El vocabulario a utilizar será cercano al usuario y no con palabras técnicas de informática.
- No se utilizarán colores fuertes ni brillantes.
- El menú principal tiene todas las funcionalidades del sistema y una barra de herramientas que brinda acceso rápido a la mayor parte de las opciones.

2.8.2- Tratamiento de errores

El sistema será programado de manera tal que se minimicen los errores aplicando técnicas de validación de datos y mediante la cuidadosa confección de la navegación en la interfaz. El sistema esta validado para que el usuario introduzca el tipo de parámetro que le es requerido y no otro. Además está validado para no realizar cálculos innecesarios e incoherentes que afecten a la investigación.

2.9 – Conclusiones

Se realizó un estudio de las metodologías involucradas en el cálculo del indicador de desarrollo sostenible Huella Ecológica y se constató que no existe un software profesional destinado a esta labor y por ende este proceso se hace complejo, conllevando riesgo de error o ineficiencia en el momento de aplicar estas metodologías.

Se hizo un análisis profundo y con la ayuda de opiniones de especialistas acerca de un producto de este tipo se especificaron características que debería cumplir un software que le diera solución a esta problemática.

Para su creación se incluyeron técnicas de programación y diseño en tres dimensiones, se usaron softwares de última tecnología para el trabajo con imágenes y para su implementación un lenguaje de alto nivel. Además para su análisis y diseño metodologías de ingeniería de software como RUP y UML. Todo este conocimiento y métodos invertidos le aportaron al producto las características deseadas.

Capítulo 3- Estudio de factibilidad y Validación de la solución propuesta.

3.1 Introducción.

En este capítulo se realiza el cálculo de estudio de la factibilidad del producto informático, se ofrece una descripción de la planificación del proyecto, así como los costos asociados al mismo, los beneficios tangibles e intangibles que reportaría su elaboración y finalmente el análisis entre los costos y los beneficios para concluir si es o no factibles el desarrollo del sistema. Es necesario para la realización de un proyecto estimar el esfuerzo humano, el tiempo de desarrollo que se requiere para la ejecución del mismo y también su costo. Estas estimaciones pueden realizarse a través del método de puntos de función del modelo de COCOMO II. Además se confecciona una encuesta (Anexo 56) que es aplicada a los usuarios a los cuales está destinado el software, luego se procesan en el SPSS-v15 para obtener finalmente los resultados.

3.2 Estudio de Factibilidad

Planificación

Se utilizó para el cálculo de la estimación del esfuerzo, el tiempo de desarrollo y el costo del proyecto el método de puntos de función.

Para realizar el cálculo de los costos de desarrollo del sistema informático se deben obtener primero las instrucciones fuentes. Analizándose para esto las cantidades de entradas, salidas, peticiones, archivos lógicos e interfaces externas preliminares que tiene el sistema**.** Para calcular la cantidad de instrucciones fuentes hay que tener en cuenta también que la conversión de los lenguajes de programación y base de datos Qt y SQLite herramientas seleccionadas para implementar este software, es de 14 y 9 puntos respectivamente.

Después de este estudio se llegó a los siguientes resultados:

Nombre	Datos elementales referenciados	Registros lógicos referenciados	Valor
Huella	9	1	simple
Subhuella	4	2	simple
Capacidad de Carga	8	2	simple
Variables de Huella Hídrica	11	2	simple
Variables	26	3	medio

Tabla 23Archivos Lógicos Externos

Nombre	Datos elementales referenciados	Registros lógicos referenciados	Valor
Insertar datos de consumo de portador energético	1	1	simple
Insertar datos de consumo de producto tipo cultivos	1	1	simple
Insertar datos de consumo de producto tipo pastos	1	1	simple
Insertar datos de consumo de material tipo bosques	1	1	simple
Insertar datos de extensión de superficie construida	1	1	simple
Insertar datos de consumo tipo mares	1	1	simple
Insertar datos de consumo de insumo	1	1	simple
Insertar datos de porciento de gastos previstos	1	1	simple
Insertar datos para electricidad	1	1	simple
Insertar datos para transporte	1	1	simple
Insertar datos para humedad de los suelos	1	1	simple
Insertar datos para huella hídrica	1	1	simple
Insertar nueva investigación	3	1	simple

Tabla 24 Entradas Externas

Nombre	Datos Elementales referenciados	Registros lógicos referenciados	Valor
Calcular cantidad de combustible equivalente	1	1	simple

Calcular cantidad de GJ equivalente	1	1	simple
Calcular la subhuella del portador energético	1	1	simple
Calcular subhuella de energía	1	1	simple
Calcular la huella total de paises y ciudades	1	1	simple
Graficar la relación consumo-rendimiento	1	1	simple
Calcular subhuella del producto tipo cultivos	1	1	simple
Calcular la capacidad de carga	1	1	simple
Calcular la humedad de los suelos	1	1	simple
Calcular el porciento que representa	1	1	simple
Calcular el consumo Total	1	1	simple
Calcular el rendimiento Total	1	1	simple
Calcular el déficit	1	1	simple
Calcular el superávit	1	1	simple
Calcular la subhuella del producto tipo pastos	1	1	simple
Calcular subhuella del producto tipo mares	1	1	simple
Calcular subhuella tipo superficie construida	1	1	simple
Calcular biodiversidad	1	1	simple
Calcular la huella total de productos y servicios	1	1	simple
Calcular la subhuella de insumos	1	1	simple
Calcular la subhuella de gastos previstos	1	1	simple
Calcular la subhuella de pastos	1	1	simple
Calcular subhuella de superficie construida	1	1	simple
Calcular subhuella de bosques	1	1	simple
Calcular subhuella de electricidad	1	1	simple
Calcular subhuella de transporte	1	1	simple

Calcular subhuella de alimentos	1	1	simple

Tabla 25 Salidas Externas

Tipos de función	Complejidad	Total x Complejidad	Suma
Archivos Lógicos Internos	Simples	4	38
	Medios	1	
	Complejos	0	
Archivos de Interfase Externa	Simples	0	0
	Medios	0	
	Complejos	0	
Entradas Externas	Simples	13	39
	Medios	0	
	Complejos	0	
Salidas externas	Simples	27	108
	Medios	0	
	Complejos	0	
Consultas Externas	Simples	0	0
	Medios	0	
	Complejos	0	

Tabla 26 Calculo de puntos de función en bruto

Características generales del sistema	Nivel de Influencia
Comunicación de datos	0
Procesamiento distribuido	0
Desempeño	1
Configuración del equipamiento	1
Volumen de transacciones	0
Entrada de datos on-line	0
Interfase con el usuario	2
Actualización on-line	0
Procesamiento complejo	0
Reusabilidad	0
Facilidad de implementación	1
Facilidad de operación	0
Múltiples locales	0

Facilidad de cambios	0
Nivel de influencia	5

Tabla 27 Factor de Ajuste

Costos

El factor de ajuste se calcula mediante la fórmula:
Factor de ajuste = (Nivel de influencia * 0,01) + 0,65

Factor de ajuste = 2.1

Puntos de Función Ajustados.

Puntos de función = Puntos de función brutos * Factor de Ajuste

Puntos de función = 185 * 2.1

Puntos de función = 388.5

Productividad en el desarrollo de una aplicación.

La productividad en el desarrollo de una aplicación se traduce en la velocidad en que la aplicación puede ser construida, o sea cuántas unidades de tamaño puntos de función (pf) en una unidad de tiempo o cuantas unidades de tiempo fueron consumidas para realizar una unidad de software.

Productividad = tiempo/puntos de función

Productividad = 1,977

Esfuerzo en el desarrollo de la aplicación.

El esfuerzo está definido como la cantidad de horas necesarias de trabajo para desarrollar la aplicación.

Esfuerzo = productividad * tamaño del software

Esfuerzo = 768

Costo.

El costo se define por la multiplicación del número de personas involucradas, el salario básico promedio en días laborales y el tiempo establecido.

Costo = Hombres * Salario promedio * Tiempo

Costo = 1920

Cálculo del personal.

Personal=Números de Puntos de Función / (tiempo/productividad)

Personal= 1 hombre

Cálculo del tiempo.

Tiempo= Números de Puntos de Función / (cantidad de personas * productividad)

Tiempo= 196.30 horas

Cálculo de productividad por Punto de Función.

Productividad = Número de Puntos de Función / (cantidad de personas * tiempo)

Productividad = 1hora / PF

Cálculo de funcionalidades.

Funcionalidades = cantidad de personas * productividad * tiempo

Funcionalidades = 1518.208 PF

Los costos en los que se incurriría de desarrollarse el sistema serían:

Cálculo de:	**Valor**
Esfuerzo(PM)	768
Tiempo de desarrollo	4meses
Cantidad de hombres	1
Costo por esfuerzo de trabajo	1920
Salario medio	$480,0

Tabla 28 Resultado de factibilidad

3.3 Beneficios tangibles e intangibles.

Los beneficios obtenidos con el desarrollo del software son fundamentalmente intangibles, ya que permite mantener actualizada y organizada la información durante el proceso del cálculo de la Huella Ecológica y después del mismo.

Al desarrollo de todo producto informático va asociado un costo, el justificarlo depende de los beneficios tangibles e intangibles que produce. La utilización de este nuevo sistema informático para mostrar la información actualizada de la aplicación de las metodologías de cálculo parte de la idea de concebir la información como un recurso estratégico para asistir a los usuarios que realicen estas investigaciones. Además, mejora considerablemente las condiciones de trabajo que, con solo acceder al sistema informático, analiza la información a través de la interacción con este, sin depender de autentificarse por parte de otras personas que podrían demorar más tiempo en llegar a sus manos la información necesaria.

3.4 Diseño del cuestionario

Se aplicada una encuesta como instrumento para validar el uso de la herramienta para realizar investigaciones sobre Huella Ecológica como medio de gran ayuda para los usuarios en cuanto a la información detallada que se le muestra.

El cuestionario fue diseñado cumpliendo los requisitos de presentación, motivación y preguntas claras, simples y con secuencia lógica. La selección del formato (escala) de respuesta es un aspecto fundamental que se necesita tener en cuenta para diseñar un cuestionario, éste determina el modo en que los usuarios pueden contestar al mismo, de ahí la importancia de que sea bien comprendida. Su extremada importancia radica cómo puede utilizarse y procesarse estadísticamente la información procedente del cuestionario. Para éste estudio se utilizó una escala del tipo Likert, que es comúnmente utilizada en cuestionarios, y es la de uso más amplio en encuestas para la investigación, con 5 puntos alternativos de respuesta (1, 2, 3, 4, 5) que van desde muy bajo hasta muy alto.

Para la elaboración de la escala se tuvo en cuenta los siguientes aspectos:

1. Preparación de los ítems iníciales; se elabora una serie de enunciados afirmativos y negativos sobre el tema o actitud que se pretende medir.

2. Se le solicita a los sujetos que expresen su acuerdo o desacuerdo frente a cada ítem mediante una escala.
3. Asignación de puntajes a los ítems; se le asigna un puntaje a cada ítem a fin de clasificarlos según reflejen actitudes positivas o negativas.
4. Asignación de puntuaciones a los sujetos; la puntuación de cada sujeto se obtiene mediante la suma de las puntuaciones de los distintos ítems.
5. Análisis y selección de los ítems; mediante la aplicación de pruebas estadísticas se seleccionan los ajustados al momento de efectuar la discriminación de la actitud en cuestión rechazando aquellos que no cumplan con este requisito.

3.5 Resultados de la aplicación de la encuesta a los usuarios.

La cantidad de persona encuestada fue de 19 entre especialistas en la materia hasta estudiantes que se inician de la Universidad de Cienfuegos.

La forma de aplicación de la encuesta garantiza que la cantidad de encuestas entregadas sean recuperadas referentes a la proporción de no respondientes.

Para procesar la información se utilizó el paquete estadístico SPSS-v15. El archivo de datos quedó finalmente conformado por 13 variables y 19 casos. Los resultados descriptivos y frecuenciales de la encuesta aplicada a los especialistas y estudiantes se muestran resumidos y se comentan a continuación.

Estadísticos. Encuesta a especialistas y estudiantes.

	Media	Mediana	Moda	Desv.Tip.	Mínimo	Máximo
Es posible acceder a la aplicación informática de manera sencilla y práctica.	4,89	5,00	5	,315	4	5
Existen pocas restricciones para poder utilizar el software.	4,74	5,00	5	,562	3	5
La estructura de la información de los módulos creados para	5,00	5,00	5	,000	5	5

los distintos cálculos es la adecuada						
La estructura modular facilita la navegación en el sistema informático.	5,00	5,00	5	,000	5	5
Desde cualquier módulo se puede ir fácilmente a otros requerimientos del sistema informático.	5,00	5,00	5	,000	5	5
El software propuesto es concreto, balanceado, de operación simple.	4,95	5,00	5	,229	4	5
El software puede ser utilizado sin un adiestramiento previo.	4,74	5,00	5	,452	4	5
El software puede ser utilizado durante el proceso de la investigación.	4,79	5,00	5	,419	4	5
Es relevante la información que aporta.	4,95	5,00	5	,229	4	5
Logra motivar el uso del mismo por parte de los especialistas y estudiantes.	5,00	5,00	5	,000	5	5
La sencillez de su diseño permite mayor atención al contenido.	5,00	5,00	5	,000	5	5
El diseño de los textos es aceptable (color, tamaño y ubicación en pantalla).	5,00	5,00	5	,000	5	5
Los colores utilizados favorecen la apariencia del software.	4,95	5,00	5	,229	4	5

Tablas de frecuencia

Acceder a la aplicación informática de manera sencilla y práctica.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto	2	10,5	10,5	10,5
	Muy Alto	17	89,5	89,5	100,0
	Total	19	100,0	100,0	

Acceso al software con pocas restricciones.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Normal	1	5,3	5,3	5,3
	Alto	3	15,8	15,8	21,1
	Muy Alto	15	78,9	78,9	100,0
	Total	19	100,0	100,0	

Estructura modular de la aplicación es la adecuada.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy Alto	19	100,0	100,0	100,0

Estructura modular **que facilita navegación.**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy Alto	19	100,0	100,0	100,0

Modelo didáctico que permite ir rápidamente a cualquier requerimiento funcional.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy Alto	19	100,0	100,0	100,0

Concreto, balanceado, de operación simple.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto	1	5,3	5,3	5,3
	Muy Alto	18	94,7	94,7	100,0
	Total	19	100,0	100,0	

No necesita previo adiestramiento.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto	5	26,3	26,3	26,3
	Muy Alto	14	73,7	73,7	100,0
	Total	19	100,0	100,0	

Útil en el proceso de investigación.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto	4	21,1	21,1	21,1
	Muy Alto	15	78,9	78,9	100,0
	Total	19	100,0	100,0	

Información que facilita el aprendizaje.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto	1	5,3	5,3	5,3
	Muy Alto	18	94,7	94,7	100,0
	Total	19	100,0	100,0	

Motiva a los especialistas y estudiantes.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy Alto	19	100,0	100,0	100,0

Diseño sencillo permite mayor atención al contenido.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy Alto	19	100,0	100,0	100,0

Diseño de textos aceptable.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Muy Alto	19	100,0	100,0	100,0

Colores y apariencia.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Alto	1	5,3	5,3	5,3
	Muy Alto	18	94,7	94,7	100,0
	Total	19	100,0	100,0	

Acceso a la aplicación informática.

El acceso a los módulos para el cálculo de la Huella Ecológica de forma sencilla y práctica es considerado alto o muy alto por el 100 % de los estudiantes.

La existencia de pocas restricciones para utilizar el curso como medio auxiliar de estudio muestra resultados en varios puntos de la escala de medida en el rango normal muy alto; el 5,3 % de los especialistas y estudiantes lo considera normal, el 15,8 % lo considera alto y el 78,9 % muy alto.

Modelo didáctico y navegación.

Para éste análisis se utilizaron diferentes items que se comportaron de la siguiente forma:

El 100 % de los especialistas y estudiantes de la Universidad de Cienfuegos consideran que la estructura de los módulos es adecuada, considerándolo todos con valor de muy alto. De igual forma se comportan los criterios sobre la facilidad para la navegación que brinda la estructura modular y para acceder desde cualquier tema.

Aspectos estéticos y afectivos.

El item que evalúa lo concreto, balanceado y de operación simple del software, es considerado como muy alto por 94,7% de los especialistas y estudiantes, un 5,3 % lo considera alto.

El 100% de los encuestados consideran que para el uso del software no necesita adiestramiento previo, considerándolo el 23,6 % alto y el 73,7 % muy alto.

El 100% considera que puede ser utilizado en el estudio independiente, de ellos un 78,9 % lo evalúa como muy alto y el 21,1 % alto.

Todos los especialistas y estudiantes de la Universidad de Cienfuegos encuestados consideran que la información facilita un mayor análisis en las estadísticas de cada jugador, así como que tiene un diseño sencillo, lo que permite mayor atención al contenido, con diseños de texto aceptable.

Del comportamiento de los item que evalúan los colores se obtienen que favorezcan la apariencia, con un porciento mayoritario del 94,7 % muy alto y el 5,3 % alto.

Concluyendo sobre la aplicación de la encuesta a los especialistas y estudiantes de la Universidad de Cienfuegos:

Todos los items que evalúan la calidad de los módulos de cálculos de la Huella Ecológica implementados en el software propuesto alcanzan una puntuación media de 5 puntos (muy alto).

3.6 Conclusiones.

Con el desarrollo del presente trabajo se logra el análisis, diseño e implementación de una aplicación informática que sirva de apoyo a los investigadores, para apropiarse de los conocimientos que se deben tener en cuenta para hacer una eficiente aplicación de las metodologías para el cálculo de la Huella Ecológica. Esta aplicación puede ser extendida, por su carácter flexible y escalable a todo el país para su uso. La herramienta propuesta trae consigo una serie de beneficios sobre todo intangibles para la organización, pero no menos necesarios e importantes, porque va a contribuir a mejorar su funcionamiento, lo que indica que es factible implementar la herramienta propuesta. Una vez terminado el estudio de factibilidad del sistema, se estima un tiempo

de 4 meses para su construcción por un hombre y su costo asciende a $1920,0. Además para la validación del sistema se aplico un sistema de encuesta usando una escala del tipo Likert para el sistema de evaluación y para procesar la información se utilizó el paquete estadístico SPSS-v15 con 13 variables involucradas a 19 casos diferentes, arrojando como resultado una puntuación media de 5 puntos de los ítems puestos a consideración a los encuestados.

Conclusiones

Se estudió la manera en que se aplican las metodologías para la determinación del indicador de desarrollo sostenible Huella Ecológica y se constató que se hace sin tener en cuenta los adelantos científico - técnico.

Se realizó una investigación de los sistemas asociados al problema, como las metodologías montadas en hojas de Microsoft Excel, donde se determinó que la información que arroja esta variante no satisface todos los requerimientos de los investigadores.

Se implementó y se puso a punto una aplicación informática que se ajusta a toda la información que necesita manejar y obtener el usuario en este tipo de investigaciones.

Se realizó el estudio de factibilidad económica del sistema informático, y se estimó un tiempo de 4 meses para su construcción por un hombre y su costo es de $1920,00.

Se tomó un período de un mes para la validación estadística, utilizándose un sistema de encuesta, utilizando una escala del tipo Likert para el sistema de evaluación y para procesar la información se utilizó el paquete estadístico SPSS-v15 con 13 variables involucradas a 19 casos diferentes, arrojando como resultado una puntuación media de 5 puntos de los ítems puestos a consideración a los encuestados.

Recomendaciones

A pesar que el sistema implementado, producto de la presente investigación, ha cumplido con la mayoría de las expectativas y ha satisfecho las necesidades del momento de realizar las investigaciones asociadas al tema; no está exento de posibles cambios. Por lo que se plantean cuatro recomendaciones para la implementación de futuras versiones del sistema:

- Establecer la conexión con el gestor de base de datos SQLite, para darle la opción al usuario de una vez obtenida la información que requiera pueda ser almacenada en el propio software.

- Realizar un módulo de Administración que permita a los especialistas en la materia cambiar valores que están predefinidos en el software.

- Elaborar una Ayuda del sistema.

- Hacer extensible este software a todas las Instituciones del país que realizan dichas investigaciones.

Referencias bibliográficas

[R1] Curso de postgrado sobre desarrollo sostenible, facultad de Geografía de la Universidad de la Habana

[R2] López Bastida, "Memorias del Evento de Desarrollo Local, Camagüey", 2010

[R3] Rees W y Wackernagel M, 1996

[R4]*Informe Planeta Vivo 2010*. (2010)

[R5]López Bastida, Indicadores de Economía Ecológica para alcanzar la sustentabilidad. Ejemplo de Caso: América Latina, ISBN 9789591614483, Editorial MES, Cuba 2012.

[R6] Juan Luís Doménech Quesada, "Guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa"

[R7] http://www.vidasostenible.org/fundacion/fundacion.asp , (Marzo, 2012)

[R8] Quintero, A. G, Robledo, Á. J, & Cerón, G. C (n.d). "Los nuevos conceptos sobre agua virtual y huella hídrica aplicados al desarrollo sostenible: implicaciones de la agricultura en el consumo hídrico"

[R9] Chapagain, A.K. y Hoekstra, A.Y., 2004

[R10] Letelier, Torres Patricio "Desarrollo de Software Orientado a Objeto usando UML", Departamento Sistemas Informáticos y Computación, Universidad Politécnica de Valencia, España. Tomado de: :http://www.creangel.com/uml/intro.php , (14/05/12)

[R11] Ferrá Grau Xavier *"Desarrollo orientado a objetos con UML"* Universidad Politécnica de Madrid,Tomado de: http://www.clikear.com/manuales/uml/introduccion.asp, (12/12/11)

[R12] Díaz Antón María Gabriela, Angélica Pérez María "Propuesta de una metodología de desarrollo de software educativo bajo un enfoque de calidad sistemática" 2004. URL: http://www.academia-interactiva.com/ise.pdf, Mayo, 2012.

[R13] [Prentice Hall] C++ GUI Programming with Qt 4

.

[R14] Conexión Tecnológica. *Base de Datos.* http://conexiontecnologica.com.do/articulos/programando.asp (18/04/12).

[R15] Silberschatz, A. *Fundamentos de diseño de bases de datos*. McGraw-Hill, USA, 2004.

[R16] Casares, C. *Tutorial de SQL*. http://www.maestrosdelweb.com/editorial/tutsql1/ (10/01/12).

[R17] MySQLYa. *MySQL desde Cero*. http://www.mysqlya.com.ar/ (10/01/12).

[R18] PostgreSQL Global Development Group. *PostgreSQL Manual*. http://www.postgresql.org/docs/8.2/interactive/index.html (05/03/12).

[R19] SQlite Expert Personal Documentation.

Bibliografía

[R1]Aranda, A. (2006). *"Ecodiseño* y análisis de ciclo de vida*"* [Electronic Versión], p. 47.

[R2]Argentina. La Huella Ecológica es una herramienta que nos ayuda a analizar la demanda de naturaleza por parte de la humanidad. Tomado De: http//www.autosuficiencia.com.ar/img.18 de diciembre del 2011.

[R3]¿Catástrofe o Nueva Sociedad? Modelo Mundial Latinoamericano 30 Años después/A.O.Herrera…[et.al].--Buenos Aires: Centro internacional de Investigación para el Desarrollo, IIED-América Latina, 2004.--40p.

[R4]Concepto de Índice de planeta vivo. Tomado De: http//www.panda.org/livingplanet. 23 de marzo del 2012.

[R5]España. Cálculo de la huella ecológica. Tomado De: http//www.larioja.org/ma/prevención_ambiental/huella_ecológica/consumos_superficies.htm, 2 de enero del 2012.

[R6]España. Cálculo de la huella ecológica de Navarra. Tomado De: http//www.cfnavarra.es/Medioambiente/agenda/Huella/EcoNav.htm, 13 de abril del 2012.

[R7]Estados Unidos. Las huella de los países. Tomado De: http//www.redefiningprogress.org/publications/footprintnations2004.pdf, 27 de abril del 2012.

[R8]*Informe Planeta Vivo 2008*. (2008).

[R9]*Informe Planeta Vivo 2010*. (2010).

[R10]Daly, H. E. (1980). *Economía, Ecología, Ética: ensayos hacia una economía en estado estacionario*. México D.F.

[R11]Daly, H. E. (1993). *Para el bien común: reorientando la economía hacia la comunidad, el ambiente y un futuro sostenible.* México D.F.

[R12]Doménech,, J. (2004). La huella ecológica empresarial: el caso del puerto de Gijón.

[R13]Doménech, J. (2006). *Huella social y desarrollo sostenible: un nuevo indicador de sostenibilidad*. Málaga. Retrieved from

[R14]Orallo, Enrique Hernández. "El Lenguaje Unificado de Modelado (UML),". [En línea] http://www.disca.upv.es/enheror/pdf/ActaUML.PDF.

[R15]Letelier Torres, Patricio,. esarrollo de Software Orientado a Objeto usando UML. [En línea] http://www.creangel.com/uml/intro.php.

[R16]Ingeniería de software 1. Scribd. [En línea] . [En línea] [Citado el: 5 de mayo de 2011.] http://www.scribd.com/doc/3062020/Capitulo-I-HERRAMIENTAS-CASE..

[R17]Base de Datos: MySQL, PostgreSQL, SQLite. [En línea] http://www.eaprende.com/gestor-de-basededatos-mysql-postresql-sqlite.html.

[R18]Jacobson, Ivar.*El Proceso Unificado de Desarrollo de Software.* 2004

[R19]Rational Rose Enterprise. [En línea]. [En línea] [Citado el: 20 de abril de 2011.] http://www.rational.com.ar/herramientas/roseenterprise.html.

[R20]Letelier, Torres Patricio "Desarrollo de Software Orientado a Objeto usando UML", Departamento Sistemas Informáticos y Computación, Universidad Politécnica de Valencia, España. Tomado de: :http://www.creangel.com/uml/intro.php , (14/02/12)

[R21]Ferrá Grau Xavier *"Desarrollo orientado a objetos con UML"* Universidad Politécnica de Madrid, Tomado de: http://www.clikear.com/manuales/uml/introduccion.asp,(12/12/11)

[R22]Díaz Antón María Gabriela, Angélica Pérez María “Propuesta de una metodología de desarrollo de software educativo bajo un enfoque de calidad sistemática” 2004. URL: http://www.academia-interactiva.com/ise.pdf, Mayo, 2012.

[R23] [Prentice Hall] C++ GUI Programming with Qt 4

.

[R24]Conexión Tecnológica. *Base de Datos.* http://conexiontecnologica.com.do/articulos/programando.asp (18/04/12).

[R25] Silberschatz, A. *Fundamentos de diseño de bases de datos*. McGraw-Hill, USA, 2004.

[R26]Casares, C. *Tutorial de SQL*. http://www.maestrosdelweb.com/editorial/tutsql1/(10/01/12).

[R27] MySQLYa. *MySQL desde Cero*. http://www.mysqlya.com.ar/ (10/01/12).

[R28]PostgreSQL Global Development Group. *PostgreSQL Manual*. http://www.postgresql.org/docs/8.2/interactive/index.html (05/03/12).

[R29]SQlite Expert Personal Documentation.

[R30]Curso de postgrado sobre desarrollo sostenible, facultad de Geografía de la Universidad de la Habana

[R31]López Bastida, “Memorias del Evento de Desarrollo Local, Camagüey”, 2010

[R32]Rees W y Wackernagel M, 1996

[R33]López Bastida, Indicadores de Economía Ecológica para alcanzar la sustentabilidad. Ejemplo de Caso: América Latina, ISBN 9789591614483, Editorial MES, Cuba 2012.

[R34] Juan Luís Doménech Quesada, “Guía metodológica para el cálculo de la huella ecológica corporativa”

[R35]http://www.vidasostenible.org/fundacion/fundacion.asp , (Marzo, 2012)

[R36]Quintero, A. G, Robledo, Á. J, & Cerón, G. C (n.d). “Los nuevos conceptos sobre agua virtual y huella hídrica aplicados al desarrollo sostenible: implicaciones de la agricultura en el consumo hídrico”

[R37] Chapagain, A.K. y Hoekstra, A.Y., 2004

Glosario de términos

Biosferas: Conjunto de los medios que se encuentran en la corteza terrestre como son: el agua, la tierra, el aire, y que dan sustento a la vida.

Ecosistema: Sistema biológico formado por una comunidad de seres vivos y el medio ambiente en el que se desarrollan

Superávit: En el comercio y también en la administración pública es lo que excede en el haber después de satisfechas todas las obligaciones, o sea el exceso de los ingresos sobre los gastos. Es lo contrario del déficit, es decir, sobrante disponible

Globalización: Proceso de globalizar, la transformación de fenómenos locales en globales. Se puede describir como el proceso mediante el cual la humanidad se integra en una única sociedad.

Metodologías: Conjunto particular de métodos o procedimientos que se emplean para tratar un caso o situación.

Recurso natural: Bien material que se encuentra en la naturaleza y que es valioso para la sociedad humana sin alteración por parte del hombre

Superficie: Medida de espacio bidimensional su unidad en el Sistema Internacional es el metro cuadrado y su símbolo es $m^{2.}$

Anexos

Anexo1: Otras definiciones de desarrollo sostenible

- Mejorar la calidad de vida humana, sin rebasar la capacidad de los ecosistemas que la sustentan (PNUMA-1991).
- Proceso de cambio continuo, en el cual la utilización de los recursos, la orientación de las inversiones y de la evolución tecnológica, los rumbos de desarrollo ecológico, y el cambio de las instituciones, están acordes con el potencial y las necesidades actuales y futuras (Jiménez 1995).
- La gestión y conservación de la base de los recursos naturales y la orientación del cambio tecnológico para asegurar el logro y la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones presentes y futuras (FAO).
- Reconceptualización del desarrollo como una interacción evolutiva de los procesos naturales, económicos y sociales y una nueva ética de la equidad económica y social (Ahern y Fabel 1992).
- Conjuntos de estrategias dirigidas a mejorar la calidad de la vida humana, dentro de la capacidad de carga de los sistemas ambientales (Christofoletti, 1993).
- Mejoramiento cualitativo, sin incremento o crecimiento cuantitativo que va más allá de cierta escala, que no sobrepase la capacidad del ambiente para regenerar los insumos de materias primas y absorber los desechos producidos (Doly, 1991).
- Aquel que utilizase los recursos naturales por debajo de su capacidad de renovación, distribuye actividad en el territorio de acuerdo con su capacidad de acogida y practicarse tales actividades de tal manera que la emisión de contaminantes fuese inferior a la capacidad de asimilación (Gómez Urea, 1994).

Anexo2: Visión de la transacción cubana hacia el desarrollo sostenible

.

Anexo3: Principales características de la economía ecológica

- Investiga aspectos que quedan ocultos por un sistema de precios, que infravalora la escasez y los perjuicios ambientales y sociales, presentes y futuros.
- Plantea la equidad, la distribución, la ética y los procesos culturales como el centro para entender el problema de la sustentabilidad.
- Hace énfasis en los conflictos ecológicos distributivos inter y intrageneracionales.
- Suplanta el crecimiento económico por la sustentabilidad ecológica de la economía.
- La escala de la economía está limitada por ecosistemas y el capital natural no se sustituye por el capital fabricado por el hombre.
- Propone indicadores biofísicos para superar limitaciones de los indicadores monetarios para medir la sustentabilidad ecológica.
- Se plantea el uso de los recursos renovables a un ritmo que no excede su tasa de renovación para su sustitución por recursos renovables.
- Tiene como objetivo la conservación de la diversidad biológica y entiende que los residuos, solo pueden ser generados en la magnitud que el ecosistema pueda asimilarlos o reciclarlos.
- Es una economía con visión a largo plazo.
- Considera el conjunto de la comunidad.
- Supone una visión interdisciplinaria y sistémica.
- Debe de ser una economía politizada donde los límites ecológicos se basen en debates científicos y democráticos con la participación de todos las actores sociales interesados.
- El reconocimiento de que en el análisis de estos sistemas es complejos y la incertidumbre es grande y irreductible
- Las instituciones y los gestores de políticas deberían ser proactivos y producir políticas simples, adaptables y que puedan llevarse a cabo, basadas en criterios ambientalmente realista, socialmente justos, económicamente viables y políticamente aceptables.
- Tener presentes las necesidades psicológicas de la sociedad.
- Los políticas deben integrar los sentimientos humanos, los proyectos relativos a la ingeniería, la ecología, los problemas sociales, el transporte, etc.
- Todos los actos que condicionan el medio ambiente deben contribuir a su totalidad.
- El medio ambiente debe ser construidos por aquellos que lo ocupan.

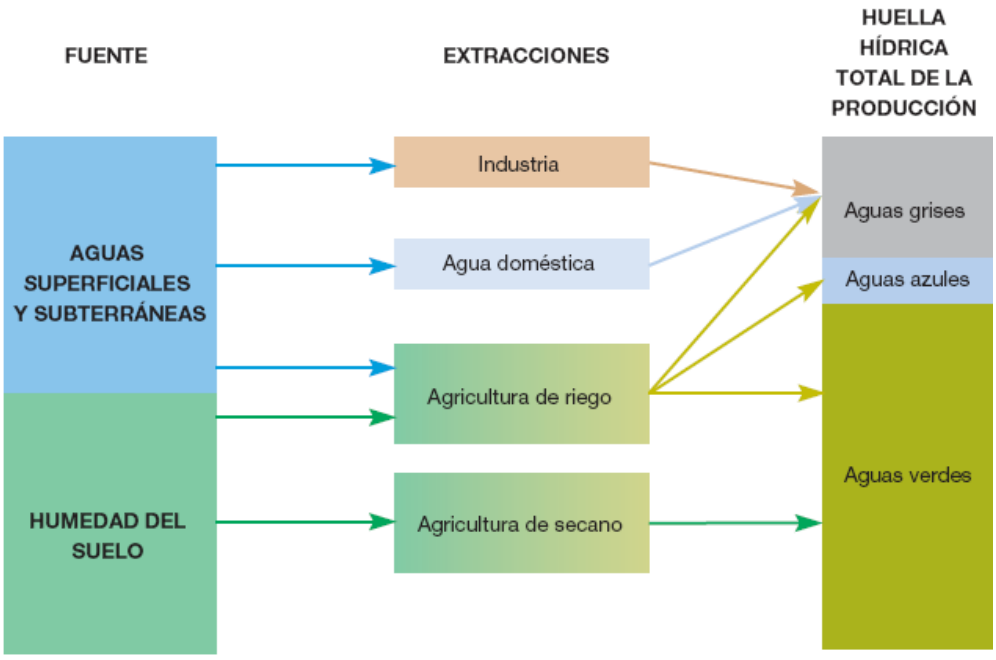
Anexo 4 Otros Indicadores de Economía Ecológica

Anexo 5: Tipos de terrenos productivos para el cálculo de la huella ecológica

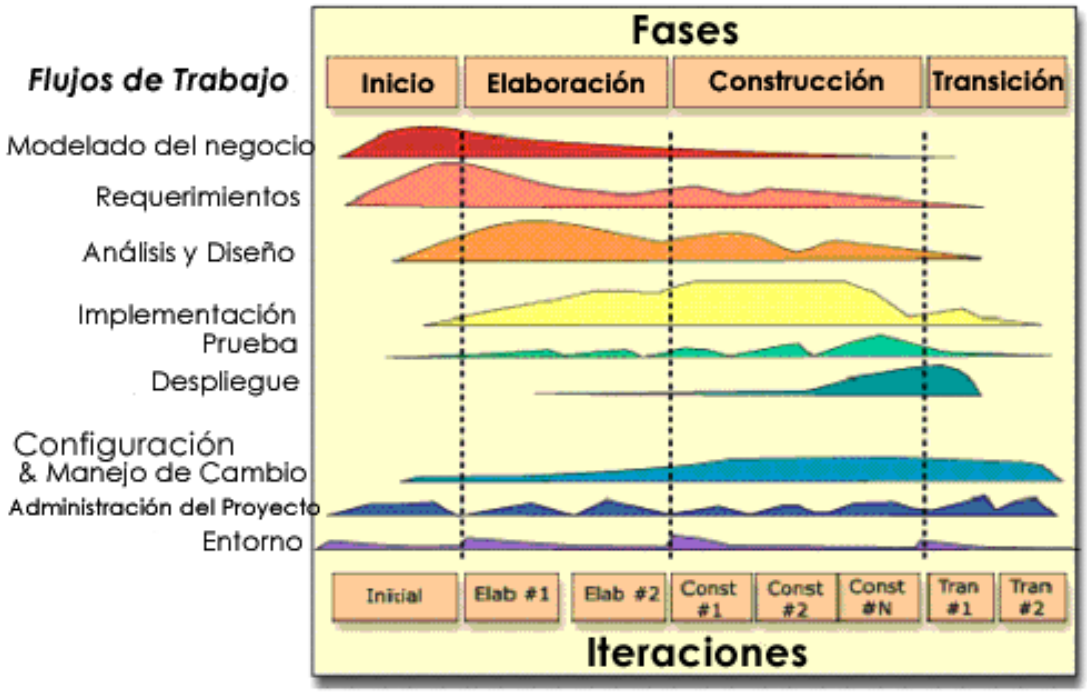
Cultivos	Superficies con actividad agrícola y que constituyen la tierra más productiva ecológicamente hablando pues es donde hay una mayor producción neta de biomasa utilizable por las comunidades humanas.
Pastos	Espacios utilizados para el pastoreo de ganado, y en general considerablemente menos productiva que la agrícola.
Bosques	Superficies forestales ya sean naturales o repobladas, pero siempre que se encuentren en explotación.
Mar productivo	Superficies marinas en las que existe una producción biológica mínima para que pueda ser aprovechada por la sociedad humana.
Terreno construido	Considera las áreas urbanizadas o ocupadas por infraestructuras
Área de	Superficies de bosque necesarias para la absorción de la

absorción de CO2	emisión de CO_2 debido al consumo de combustibles fósiles para la producción de energía.

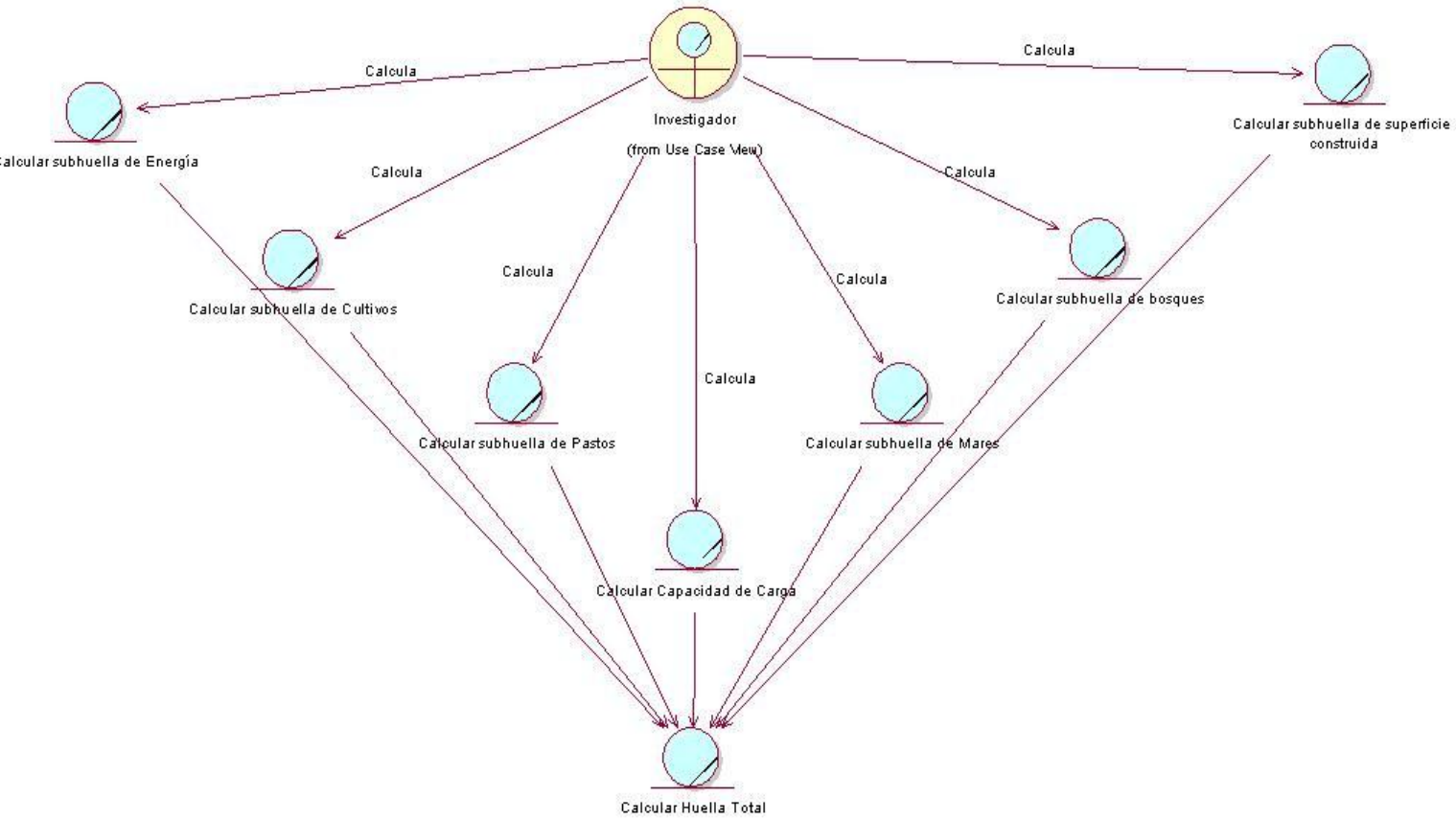
Anexo 6 Determinación de la Huella Hídrica



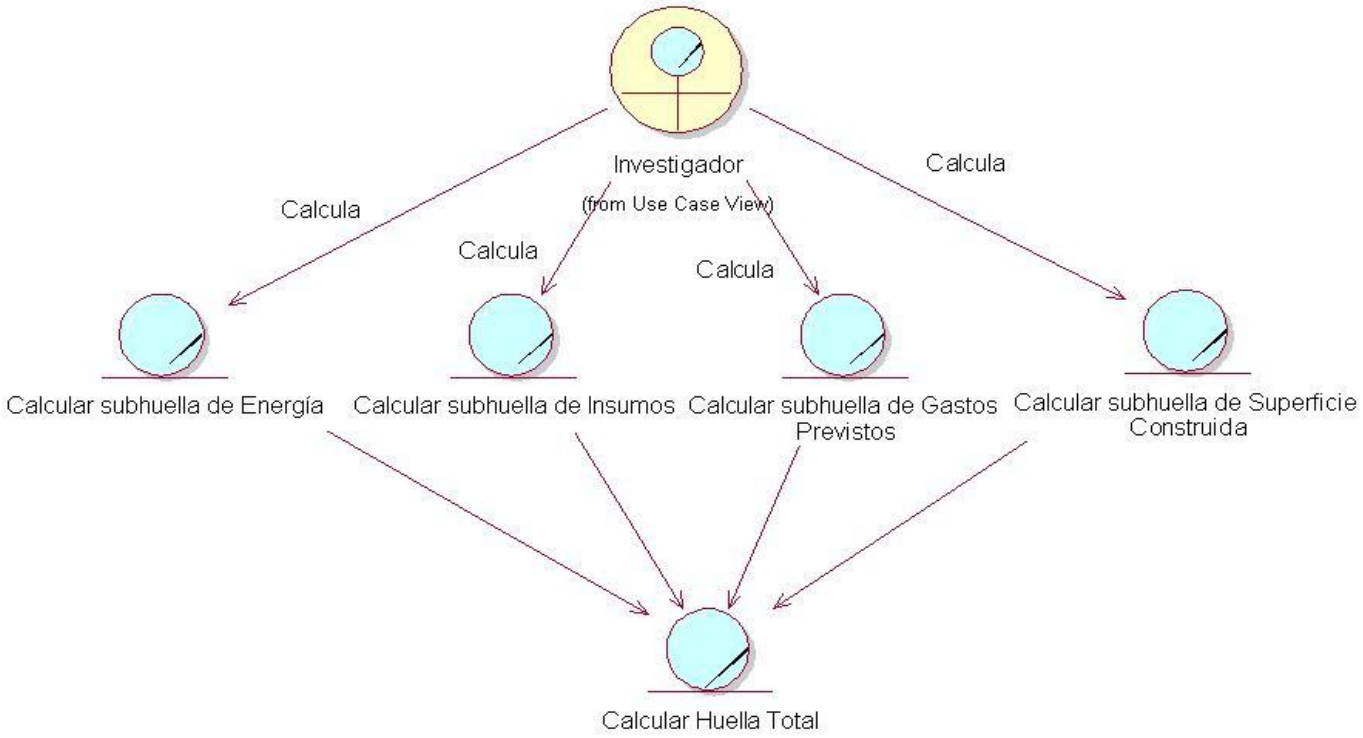
Anexo 7 Diagrama de flujos de trabajo de la metodología RUP



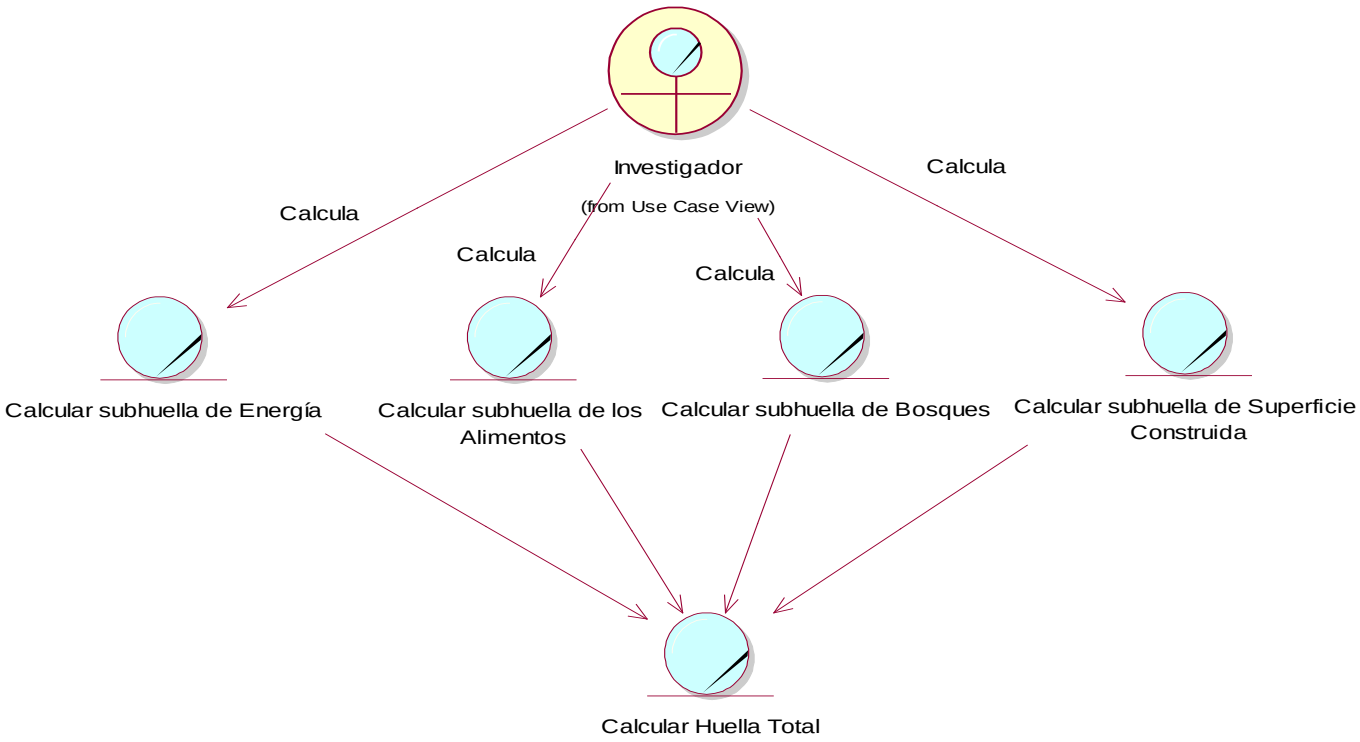
Anexo 8 Modelo de objetos del Cálculo de Huella Ecológica para países y ciudades



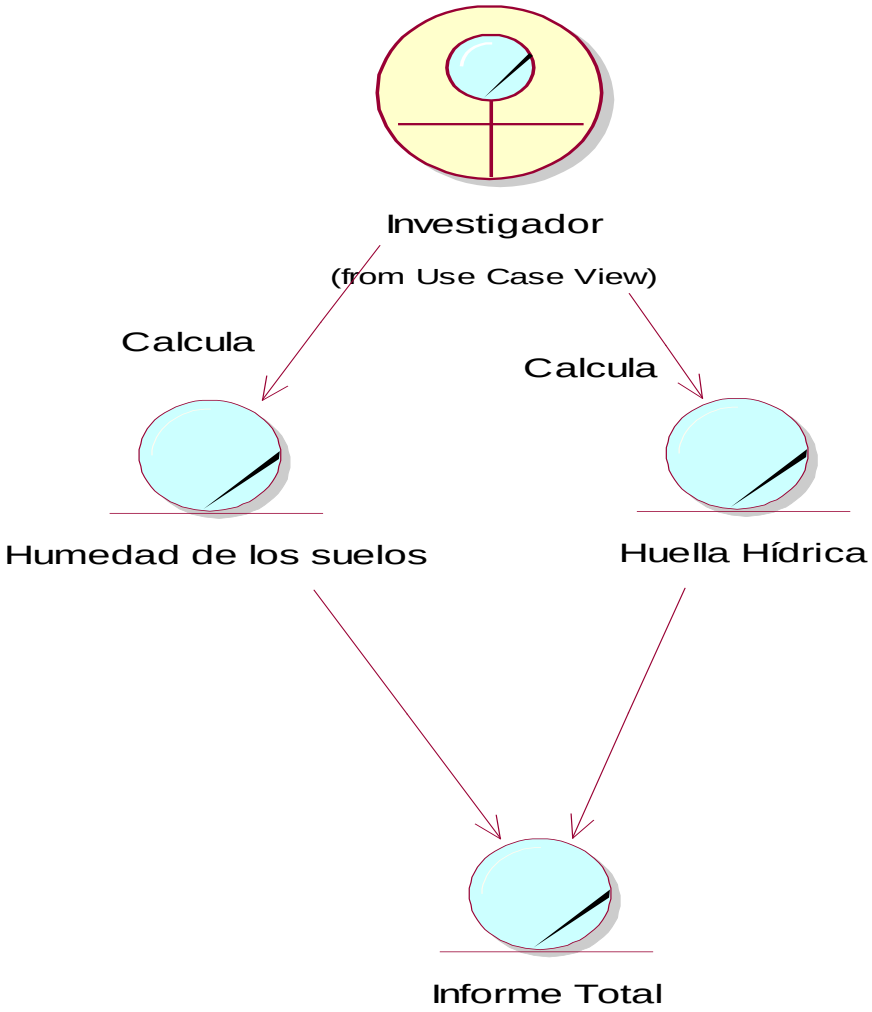
Anexo 9 Modelo de objetos del Cálculo de Huella Ecológica para productos y servicios



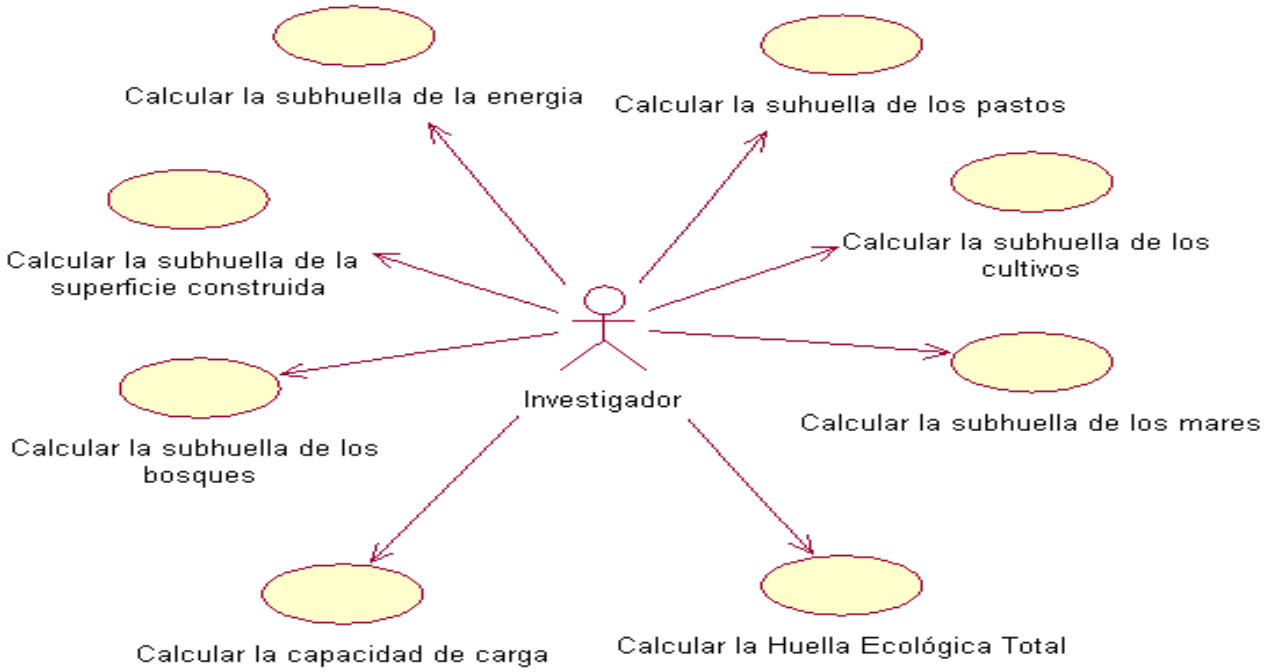
Anexo 10 Modelo de objetos del Cálculo de Huella Ecológica personal



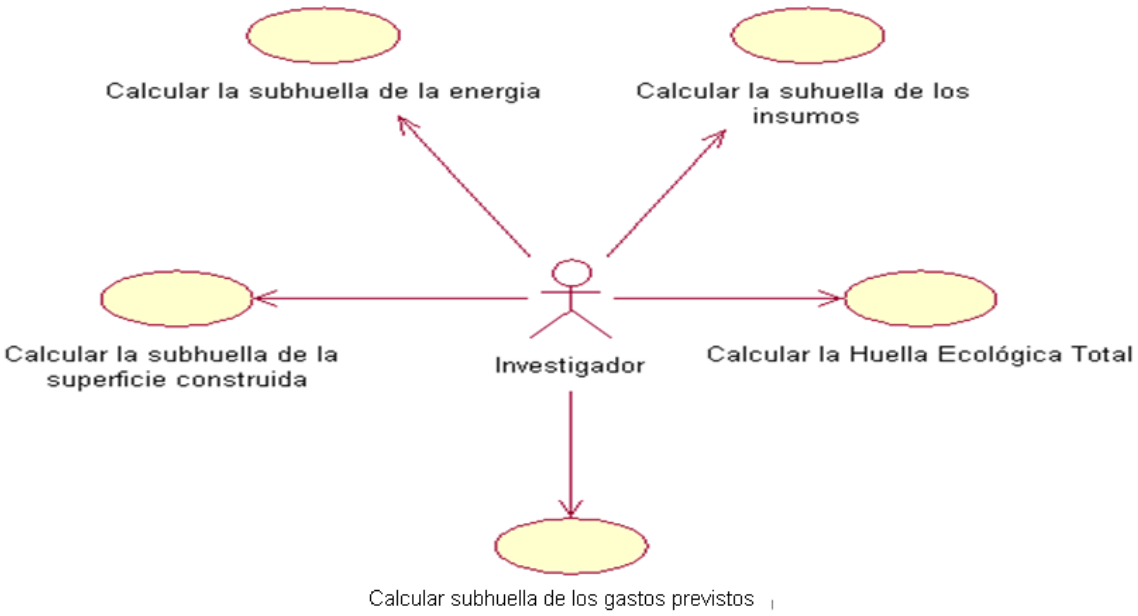
Anexo 11 Modelo de objetos del Cálculo de Huella Hídrica



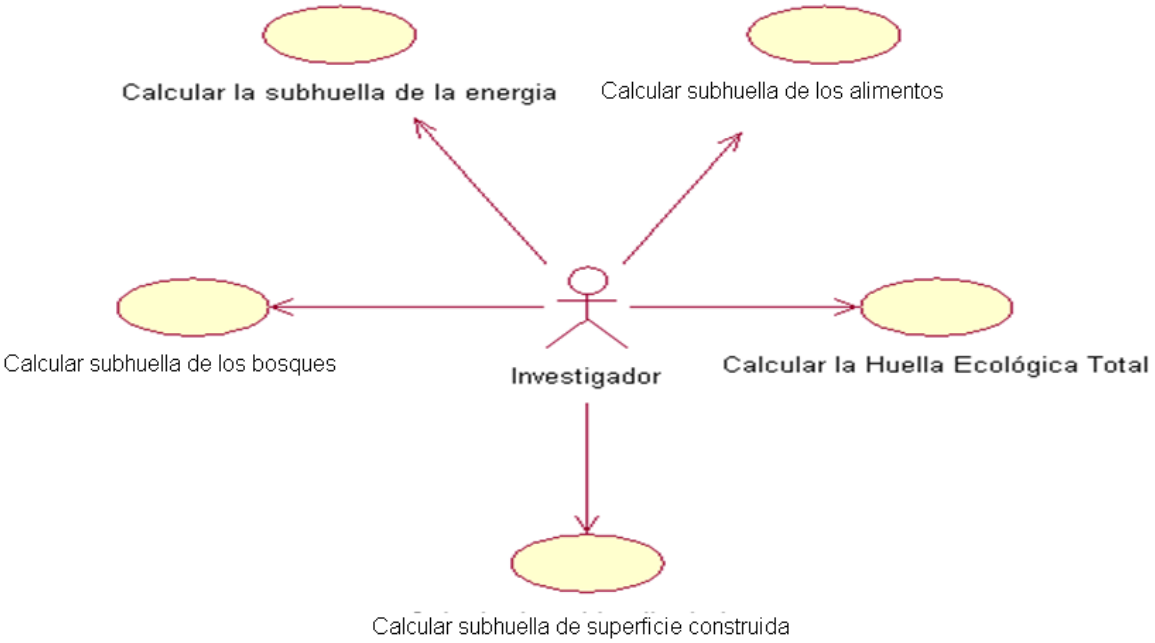
Anexo 12 Diagrama de casos de uso del módulo Países y Ciudades



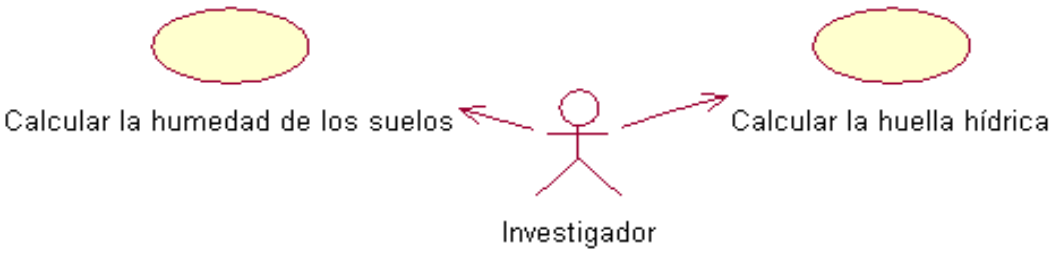
Anexo 13 Diagrama de casos de uso del módulo Productos y Servicios



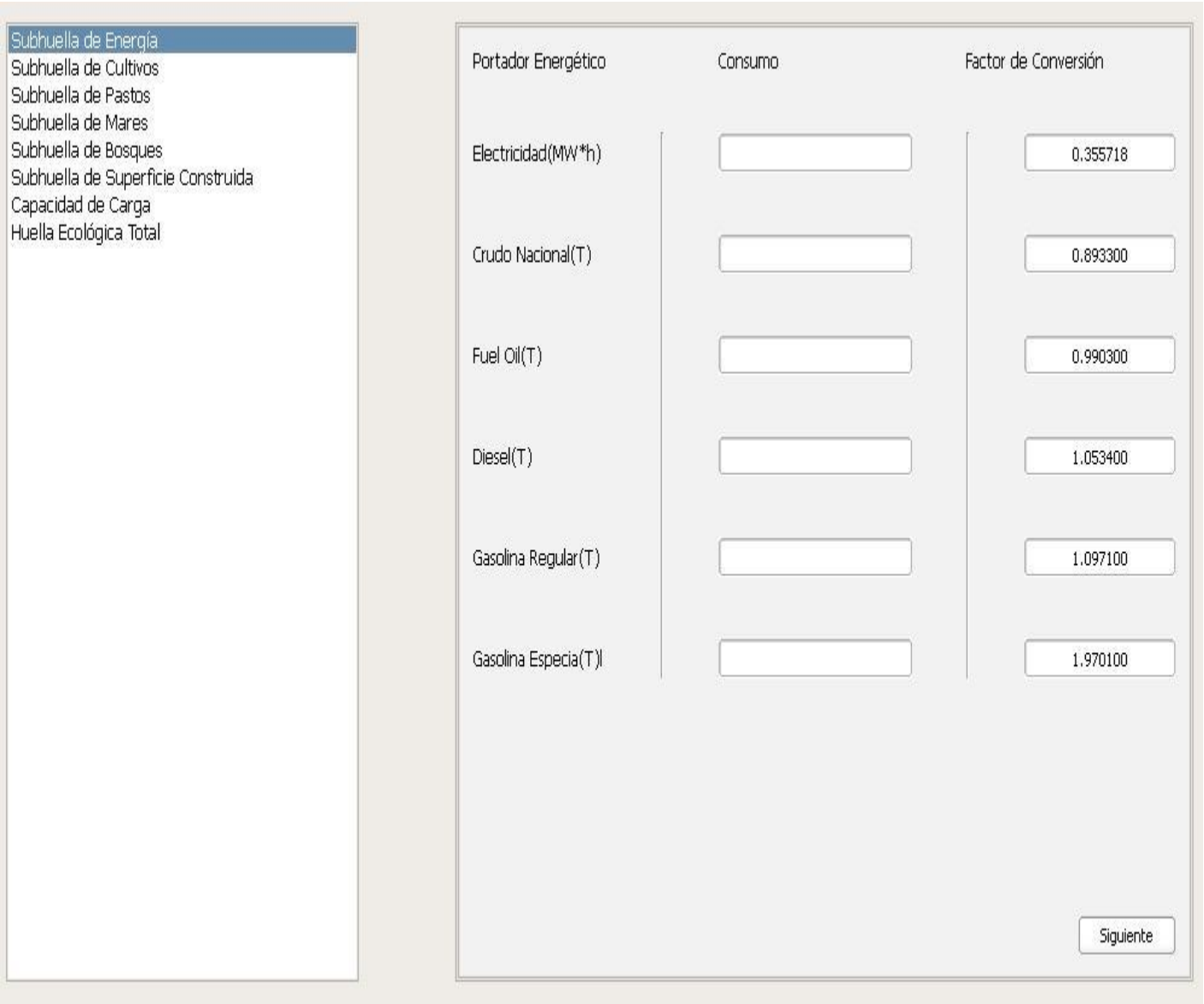
Anexo 14 Diagrama de casos de uso del módulo Personal



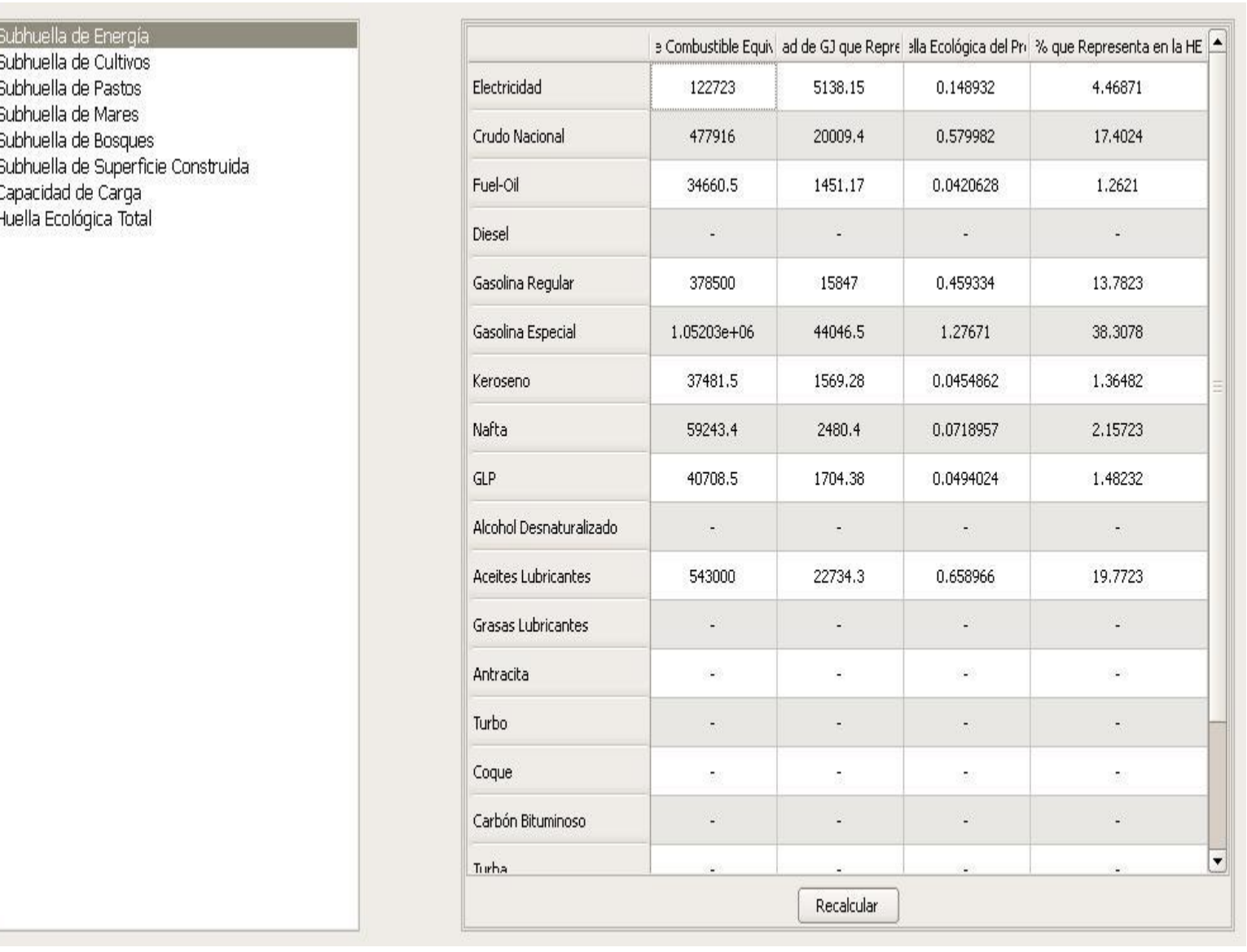
Anexo 15 Diagrama de casos de uso del módulo Hídrica



Anexo 16 Submódulo Energía insertar de Países y ciudades



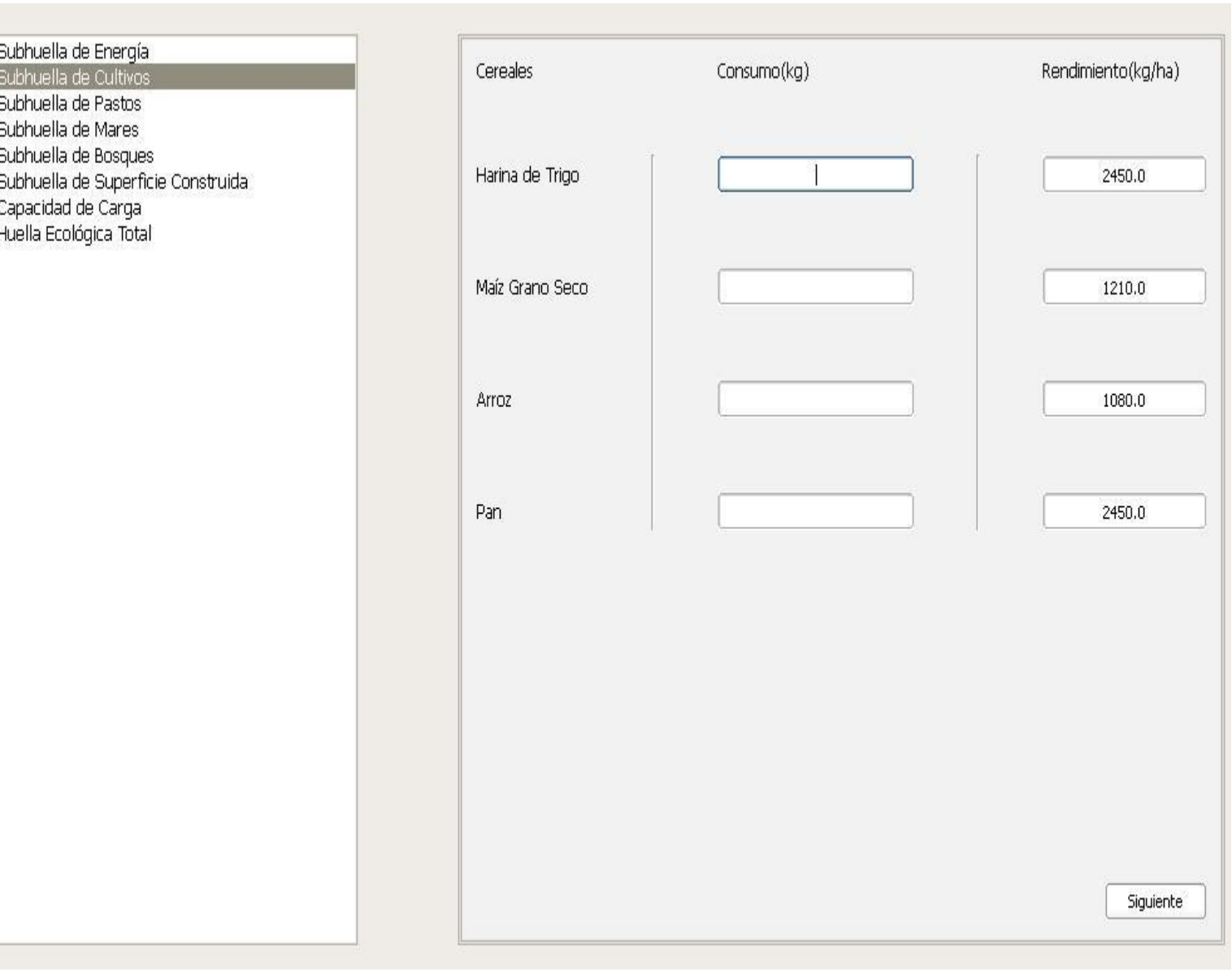
Anexo 17 Submódulo Energía resultado de Países y ciudades



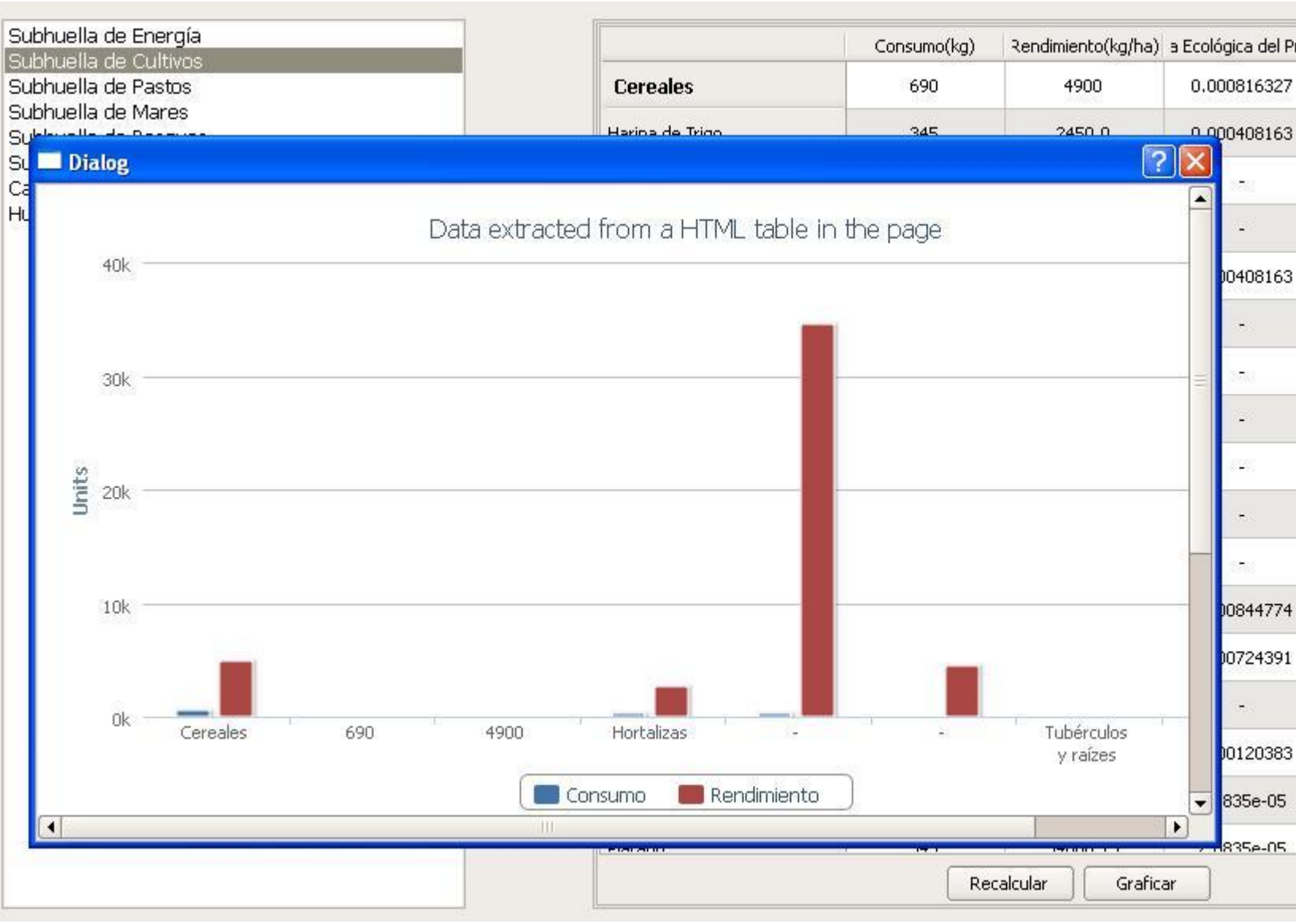
	e Combustible Equiv	ad de GJ que Repre	ella Ecológica del Pr	% que Representa en la HE
Electricidad	122723	5138.15	0.148932	4.46871
Crudo Nacional	477916	20009.4	0.579982	17.4024
Fuel-Oil	34660.5	1451.17	0.0420628	1.2621
Diesel	-	-	-	-
Gasolina Regular	378500	15847	0.459334	13.7823
Gasolina Especial	1.05203e+06	44046.5	1.27671	38.3078
Keroseno	37481.5	1569.28	0.0454862	1.36482
Nafta	59243.4	2480.4	0.0718957	2.15723
GLP	40708.5	1704.38	0.0494024	1.48232
Alcohol Desnaturalizado	-	-	-	-
Aceites Lubricantes	543000	22734.3	0.658966	19.7723
Grasas Lubricantes	-	-	-	-
Antracita	-	-	-	-
Turbo	-	-	-	-
Coque	-	-	-	-
Carbón Bituminoso	-	-	-	-
Turba	-	-	-	-

Recalcular

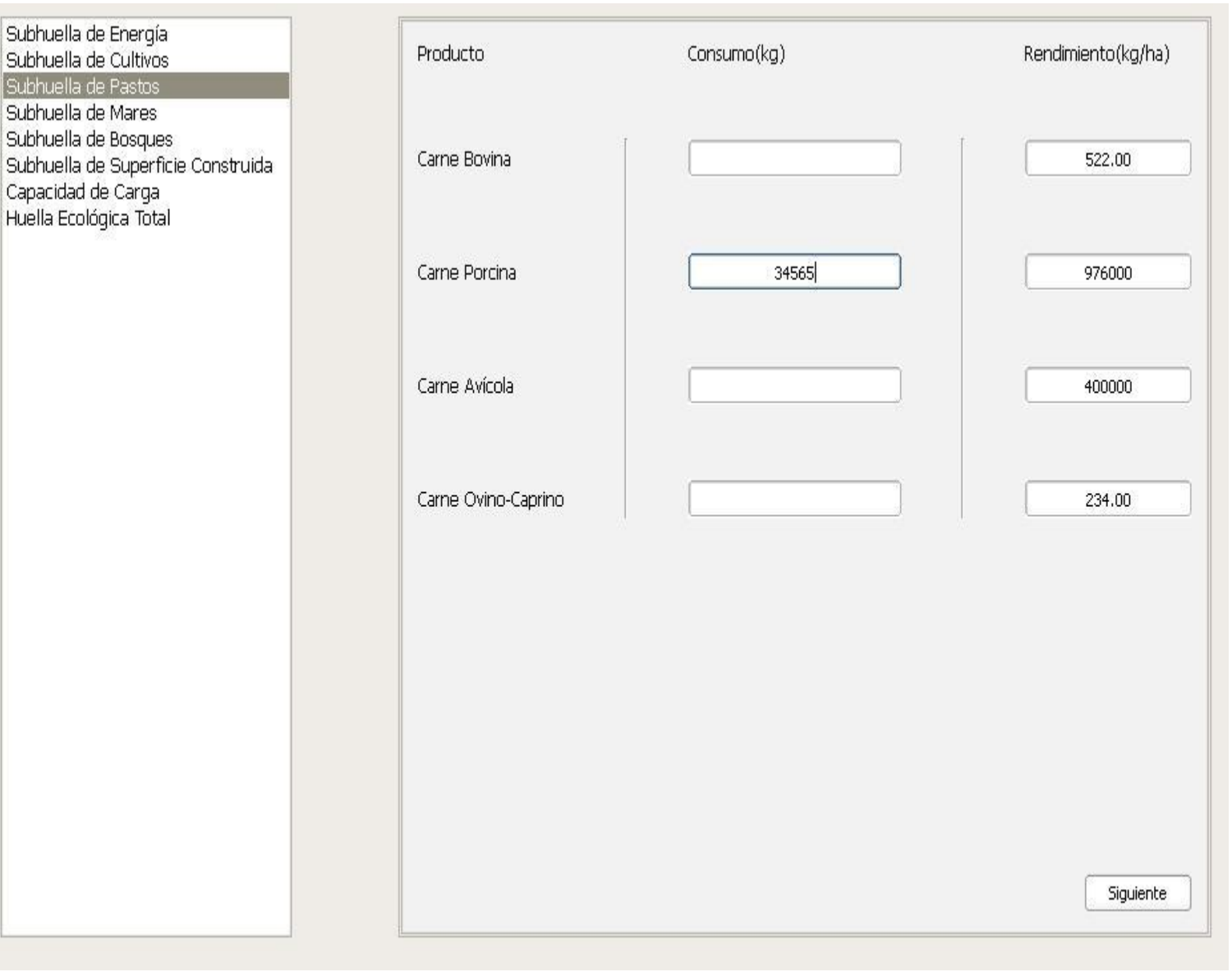
Anexo 18 Submódulo Cultivos insertar de Países y ciudades



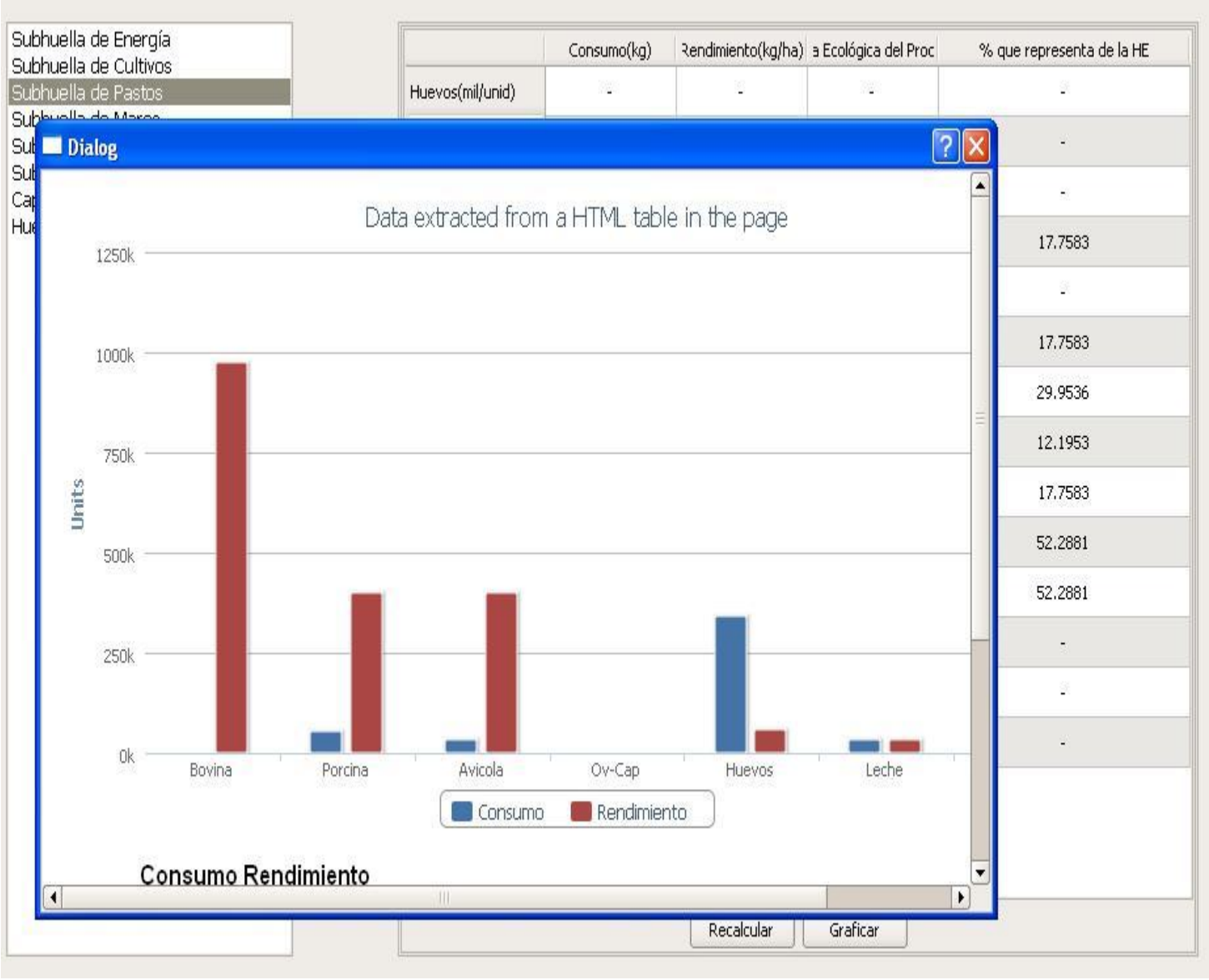
Anexo 19 Submódulo Cultivos resultado de Países y ciudades



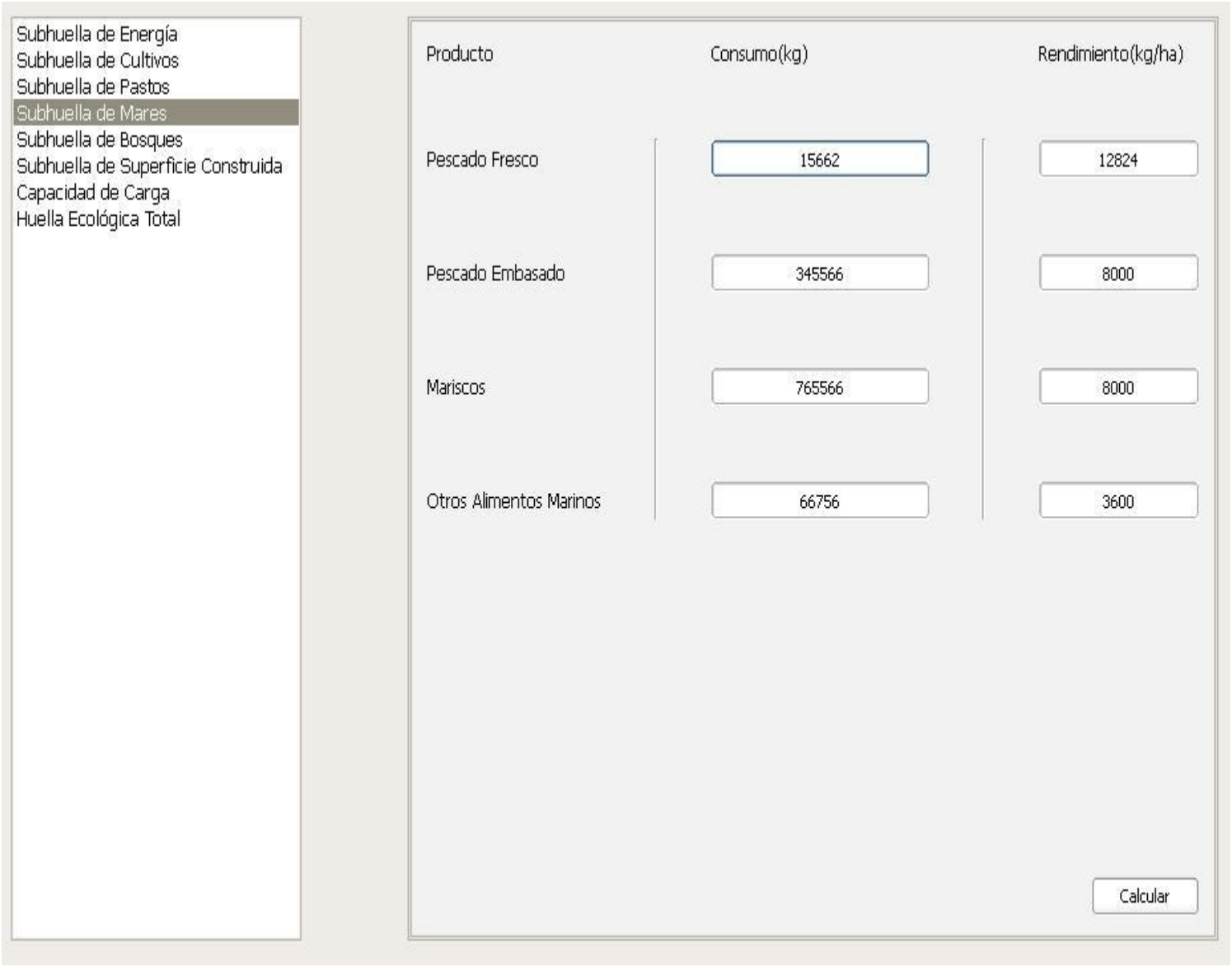
Anexo 20 Submódulo Pastos insertar de Países y ciudades



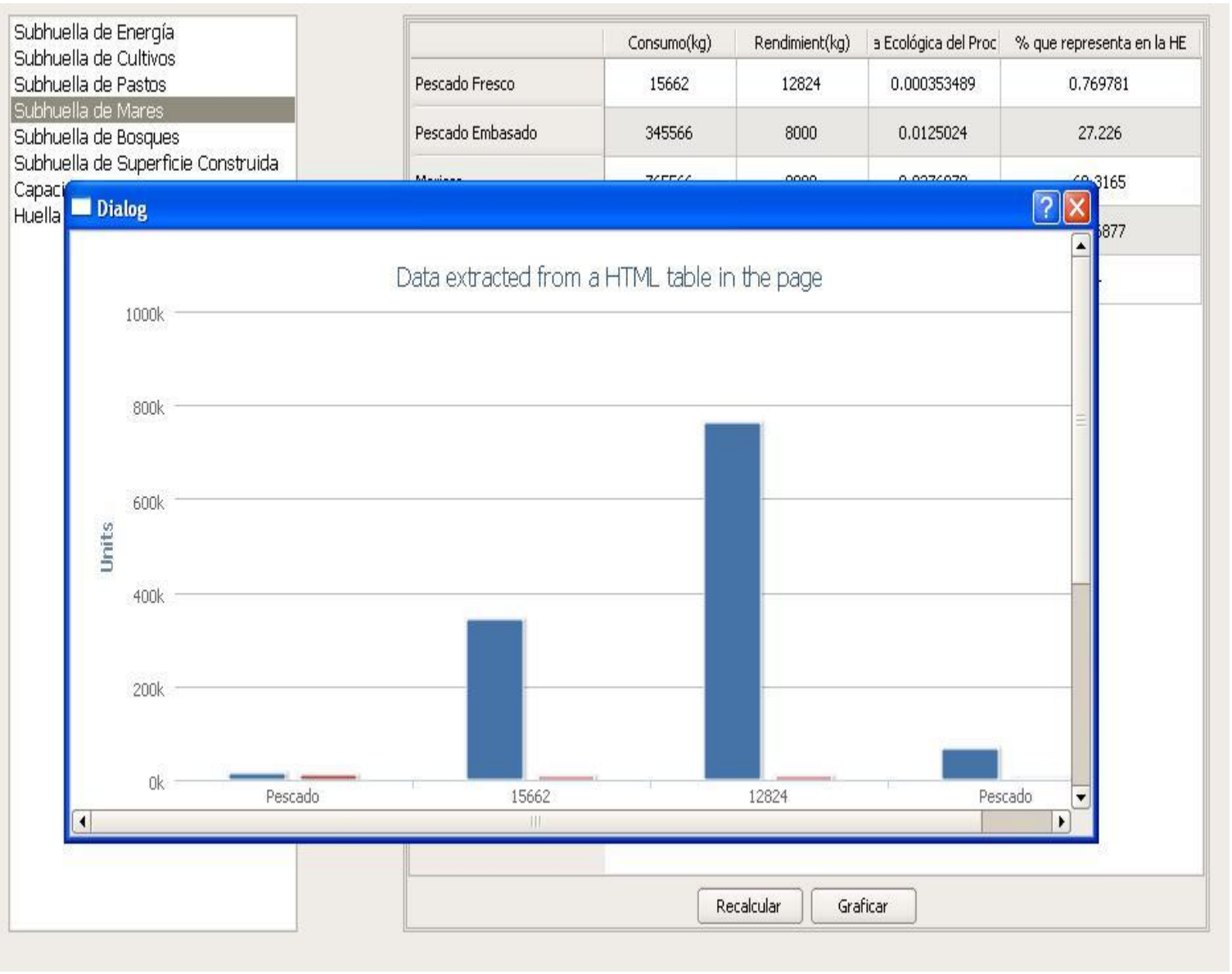
Anexo 21 Submódulo Pastos resultado de Países y ciudades



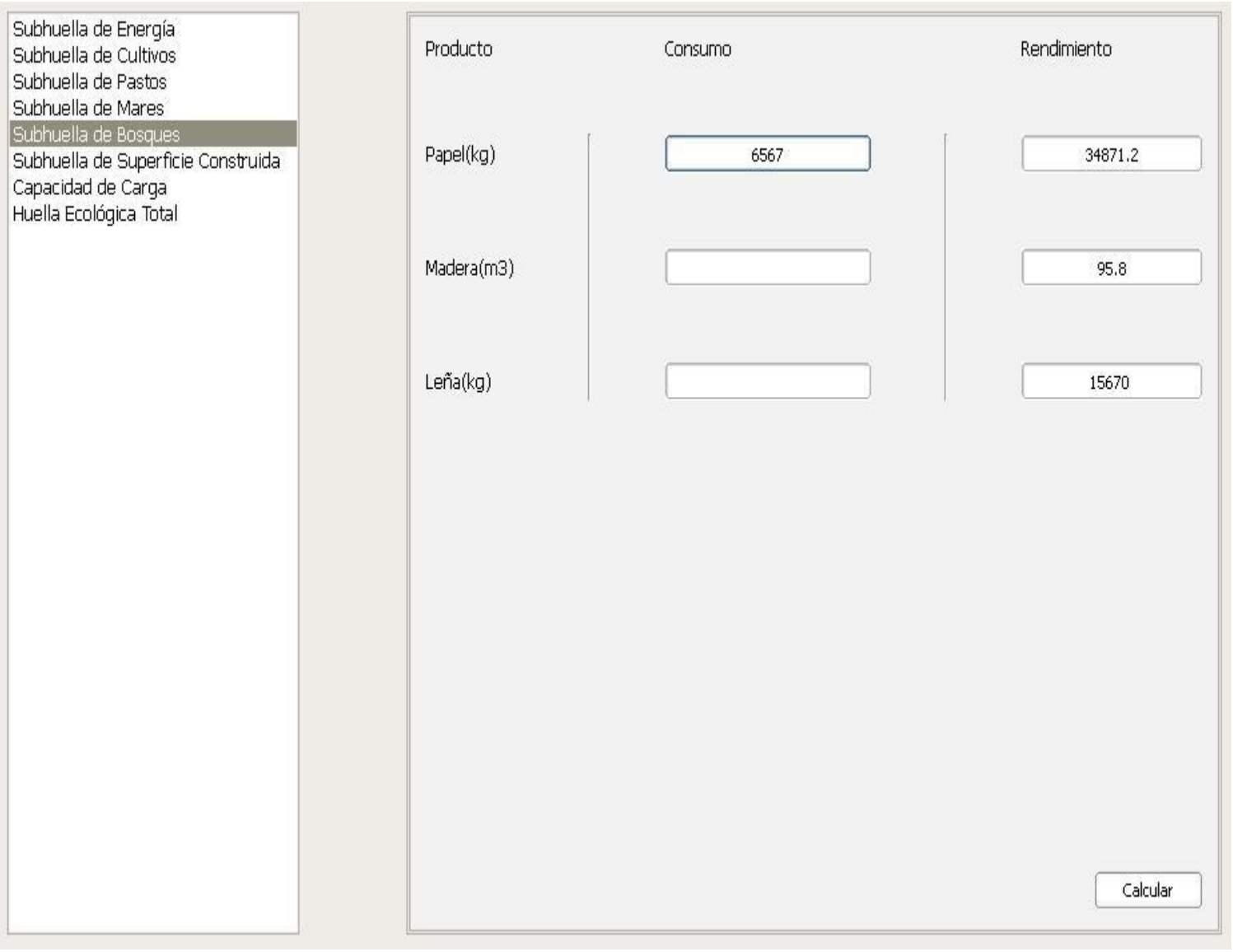
Anexo 22 Submódulo Mares insertar de Países y ciudades



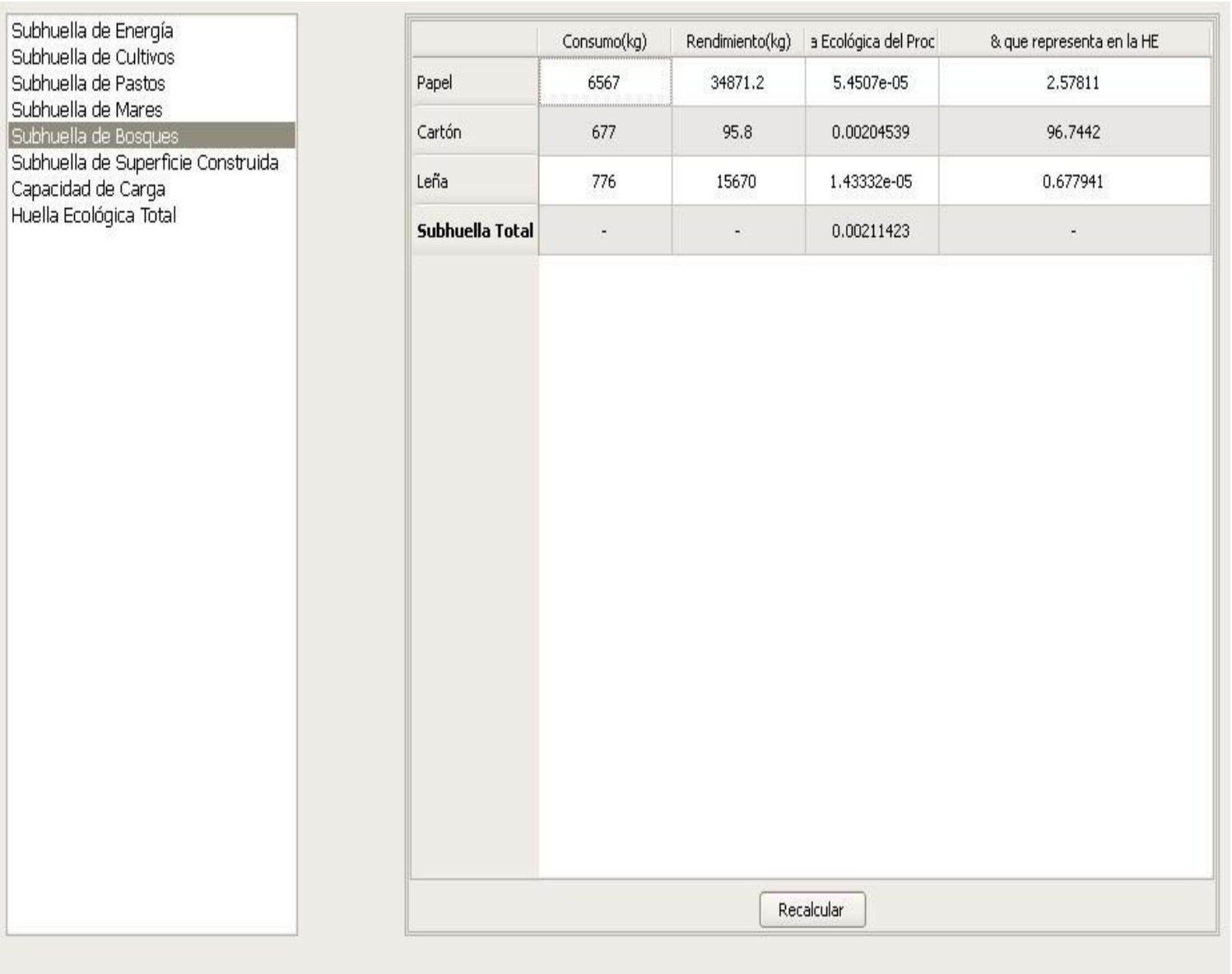
Anexo 23 Submódulo Mares resultado de Países y ciudades



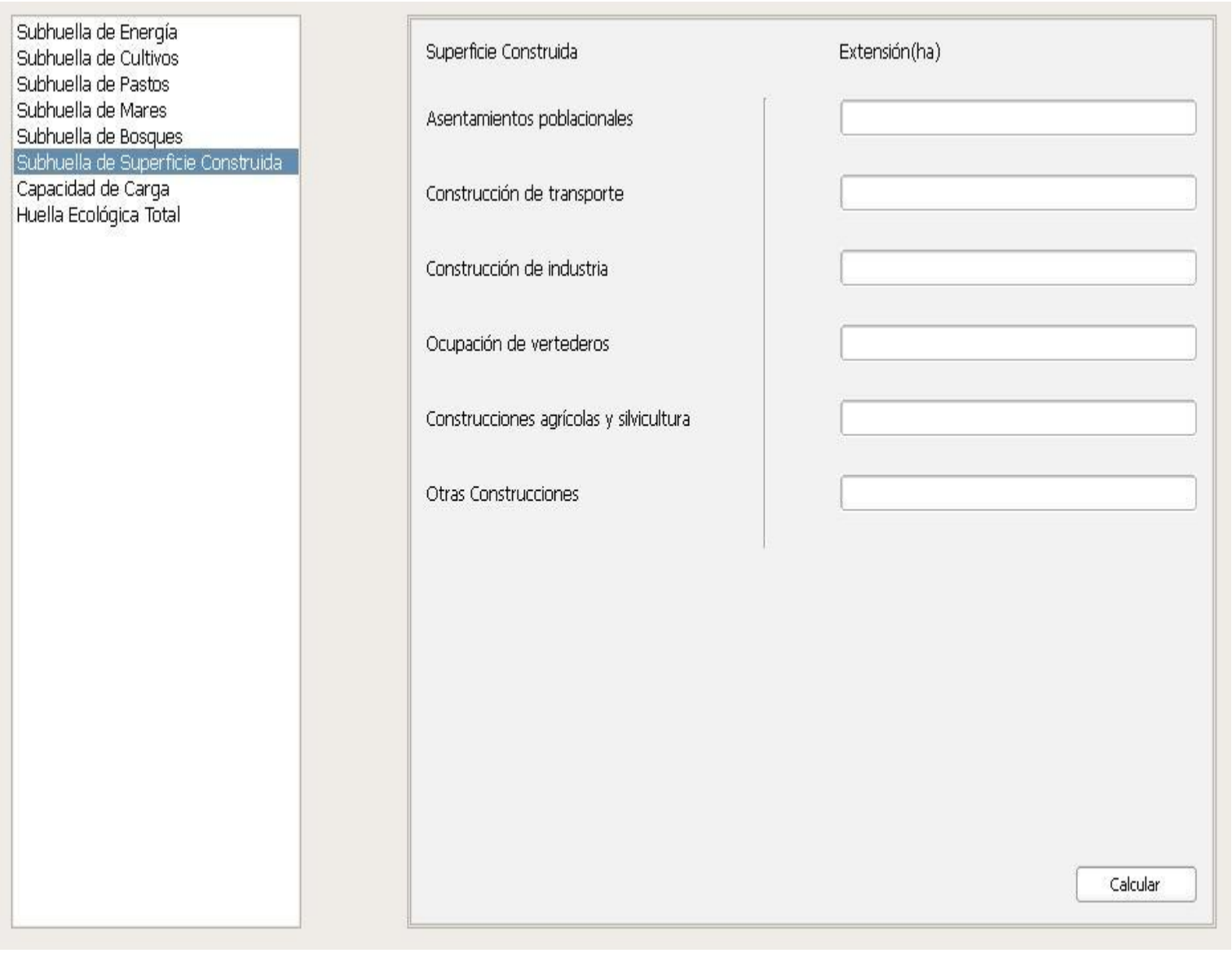
Anexo 24 Submódulo Bosques insertar de Países y ciudades



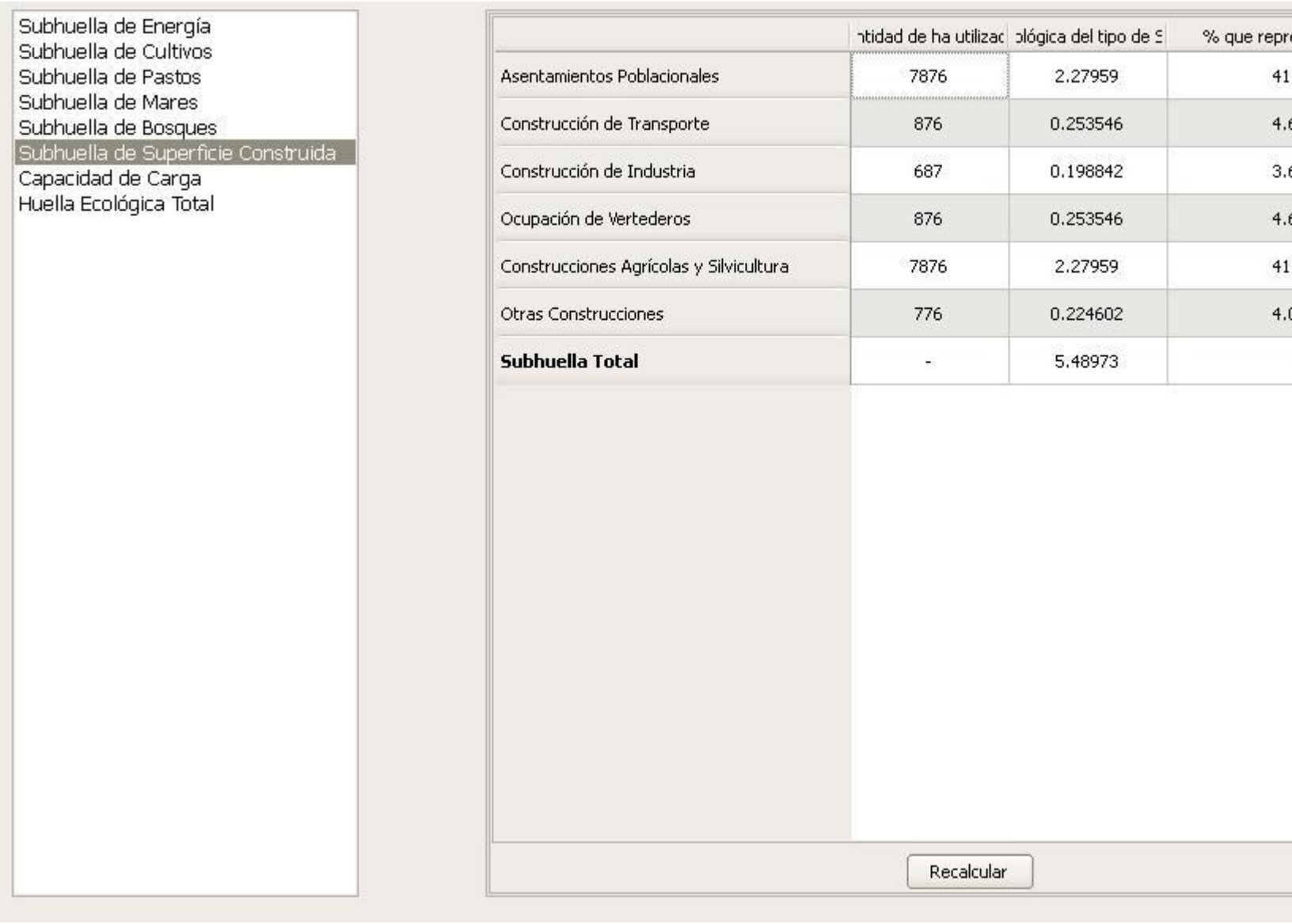
Anexo 25 Submódulo Bosques resultado de Países y ciudades



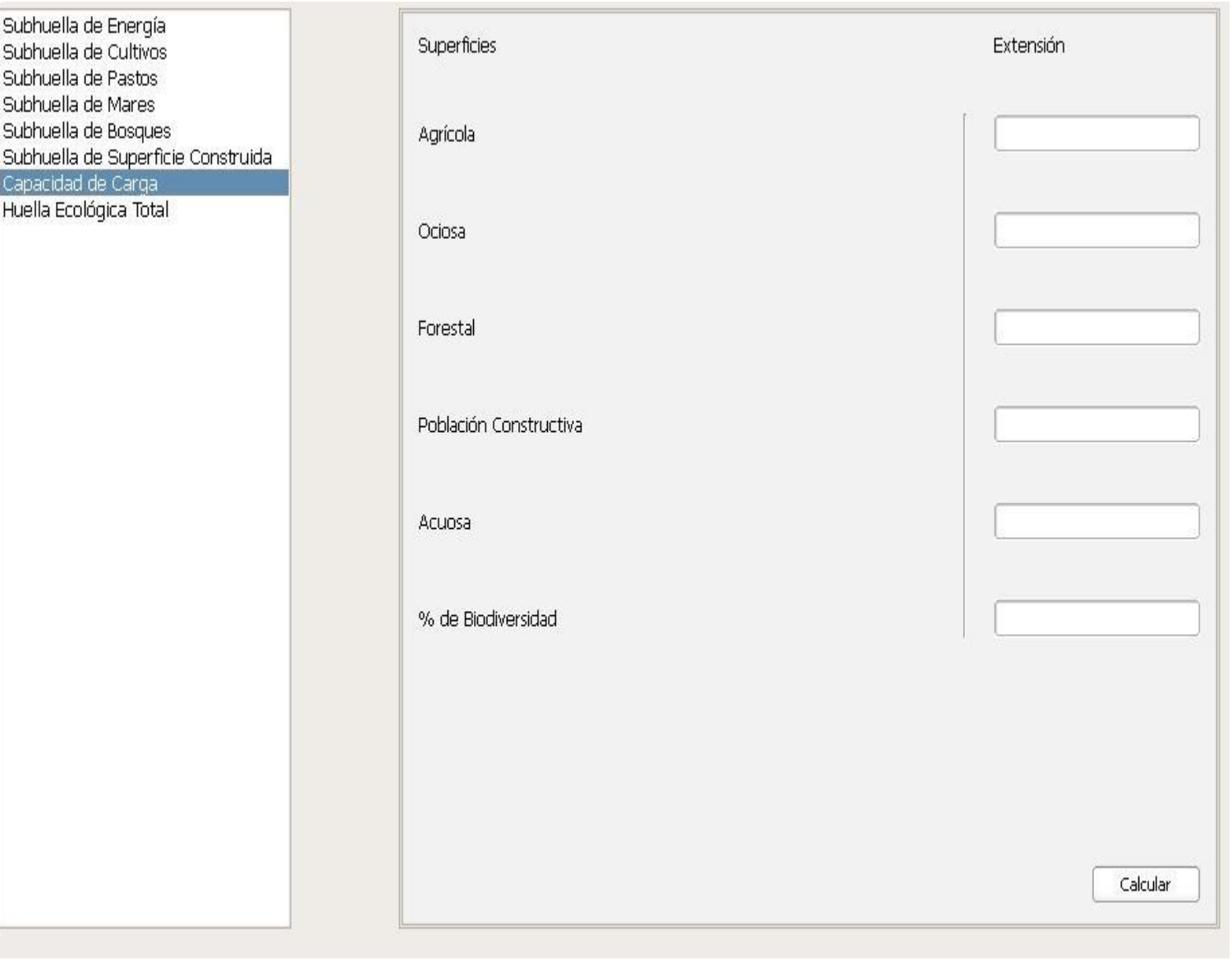
Anexo 26 Submódulo Superficie Construida insertar de Países y ciudades



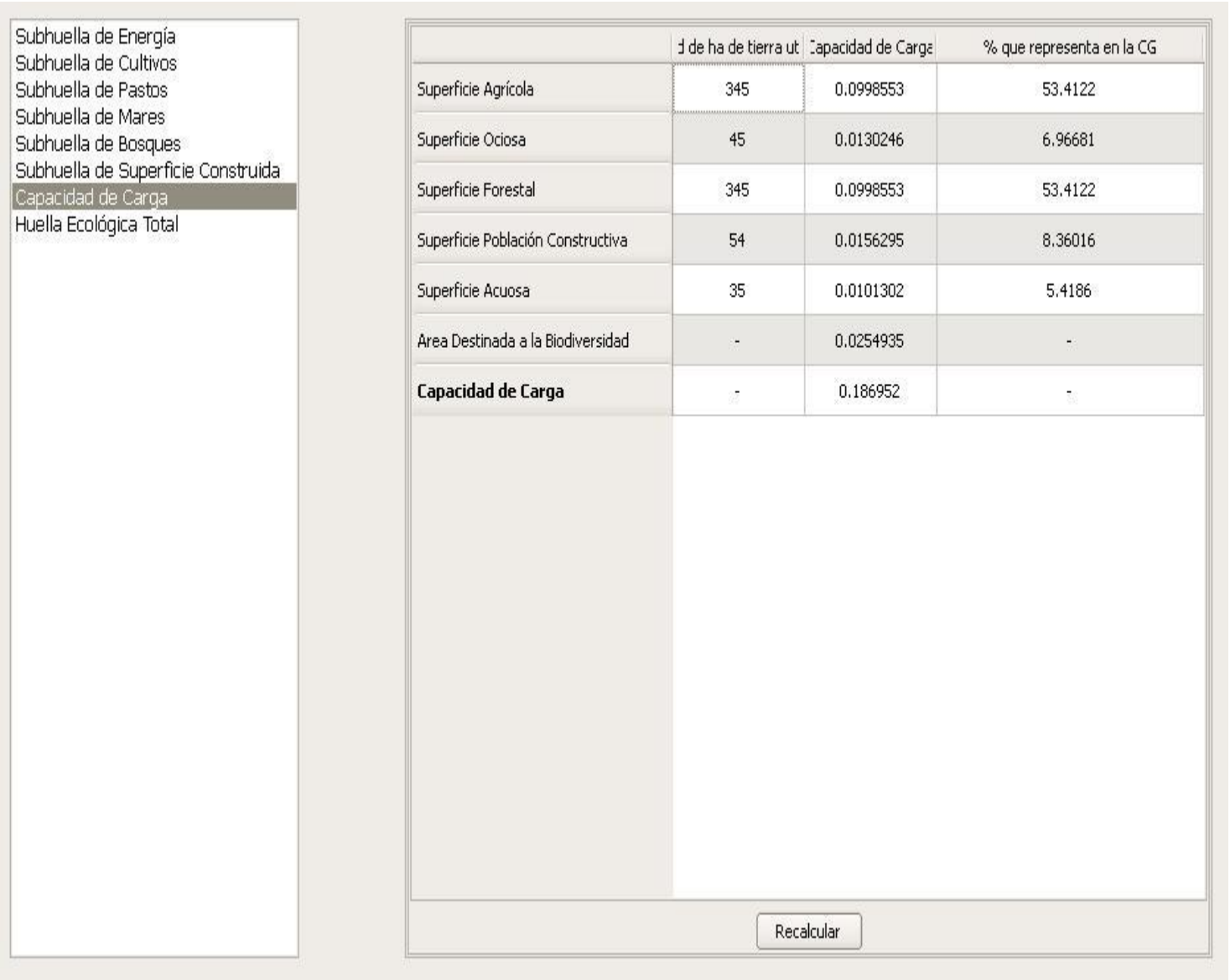
Anexo 27 Submódulo Superficie Construida resultado de Países y ciudades



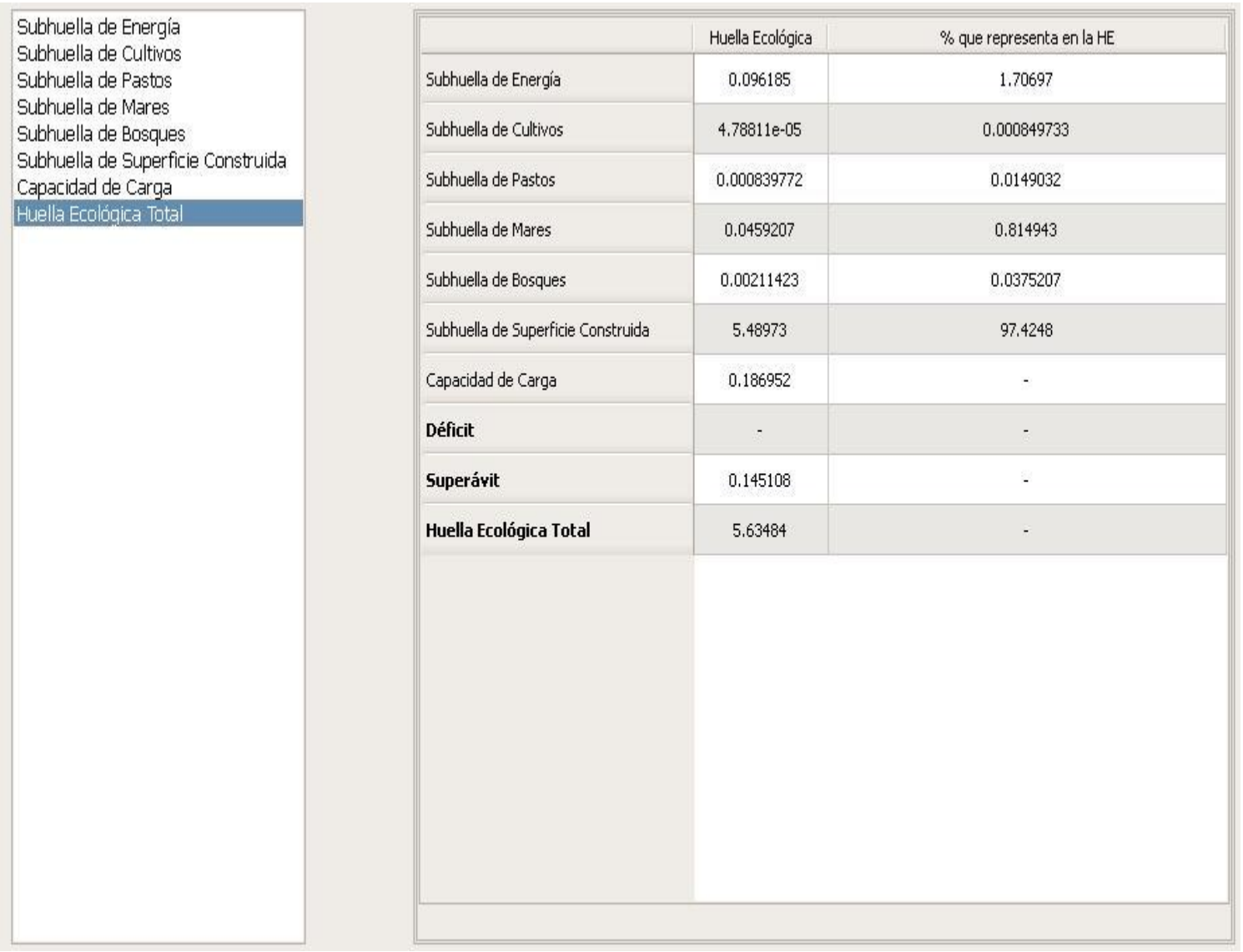
Anexo 28 Submódulo Capacidad de Carga insertar de Países y ciudades



Anexo 29 Submódulo Capacidad de Carga resultado de Países y ciudades

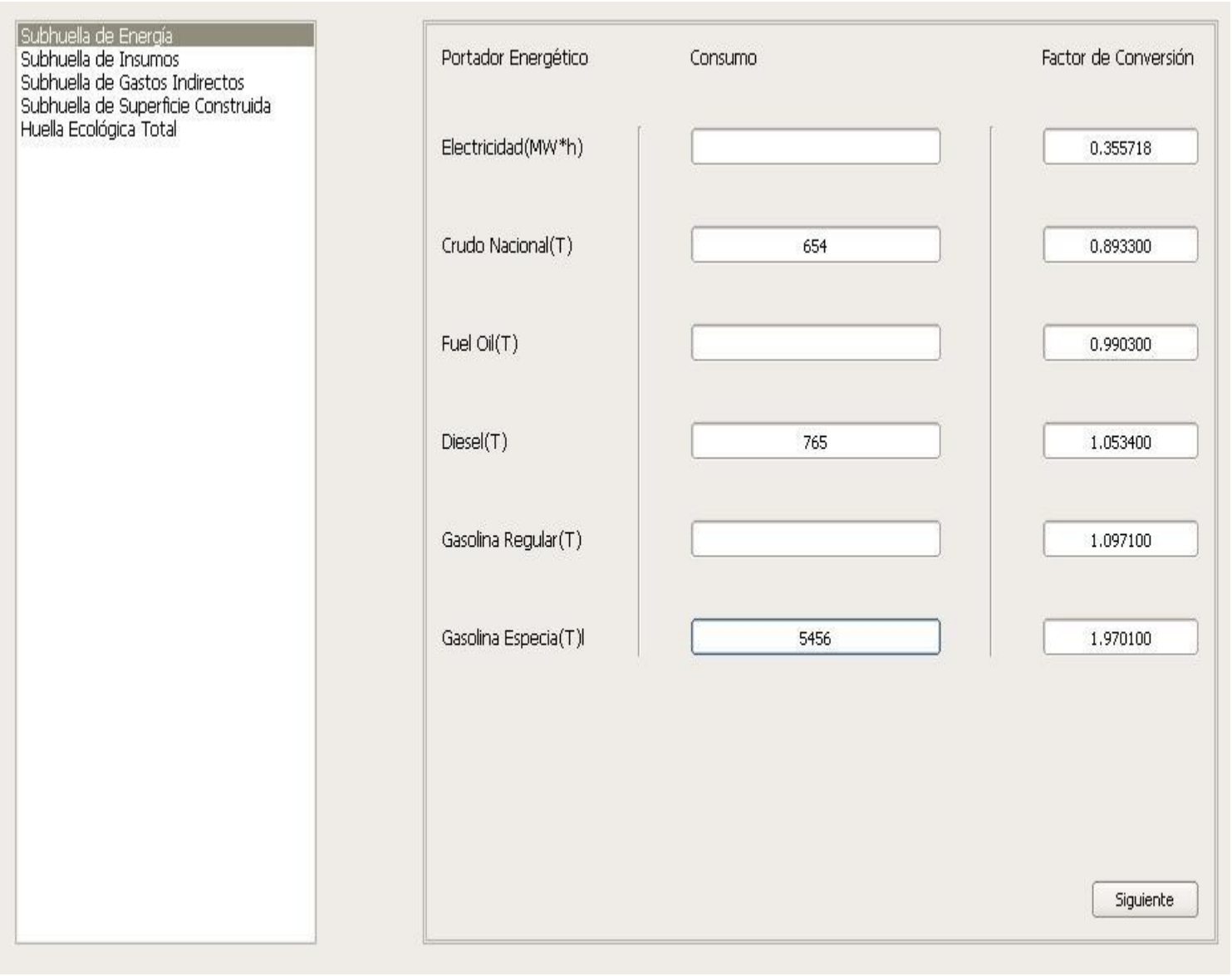


Anexo 30 Submódulo Huella Total de Países y ciudades

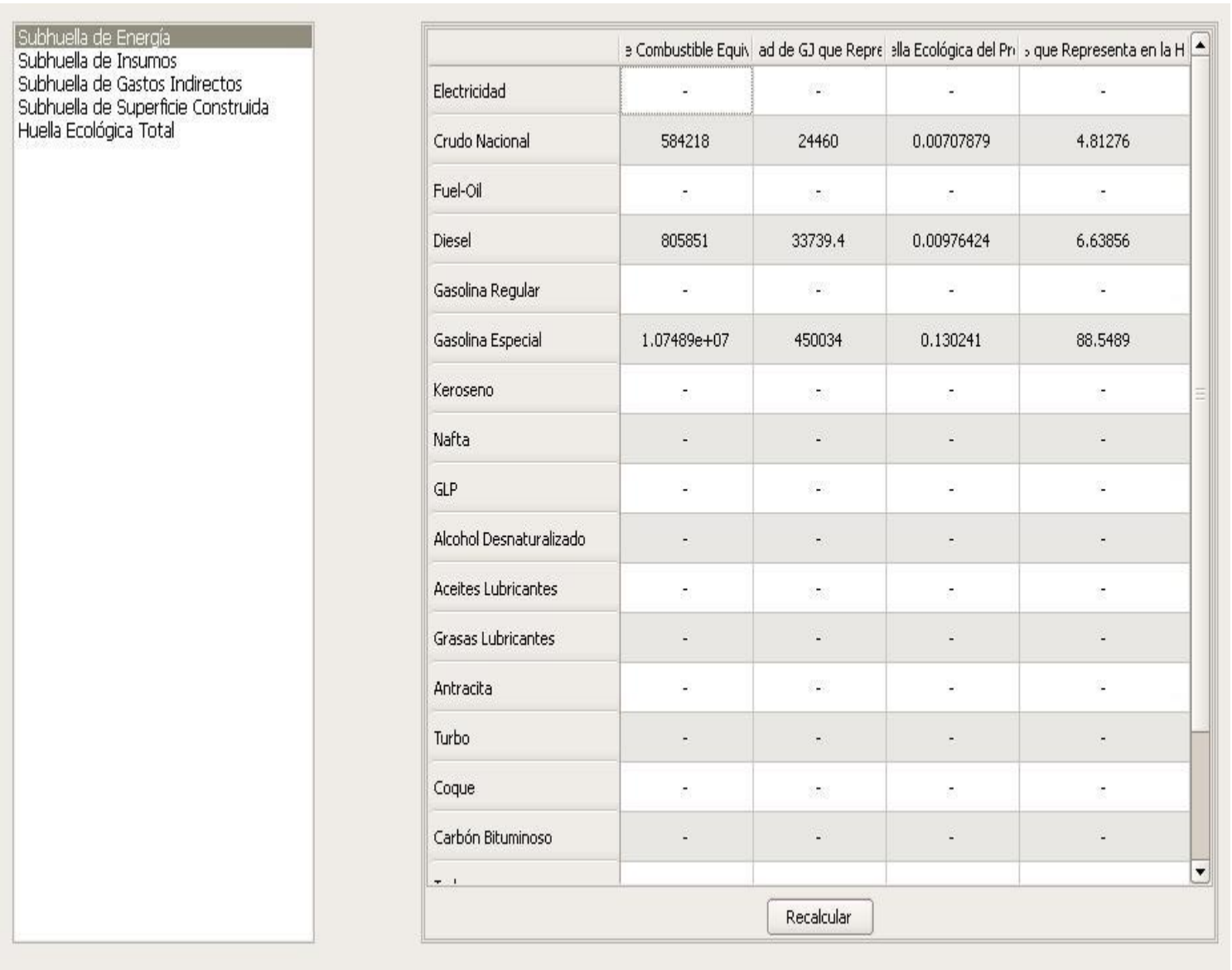


	Huella Ecológica	% que representa en la HE
Subhuella de Energía	0.096185	1.70697
Subhuella de Cultivos	4.78811e-05	0.000849733
Subhuella de Pastos	0.000839772	0.0149032
Subhuella de Mares	0.0459207	0.814943
Subhuella de Bosques	0.00211423	0.0375207
Subhuella de Superficie Construida	5.48973	97.4248
Capacidad de Carga	0.186952	-
Déficit	-	-
Superávit	0.145108	-
Huella Ecológica Total	5.63484	-

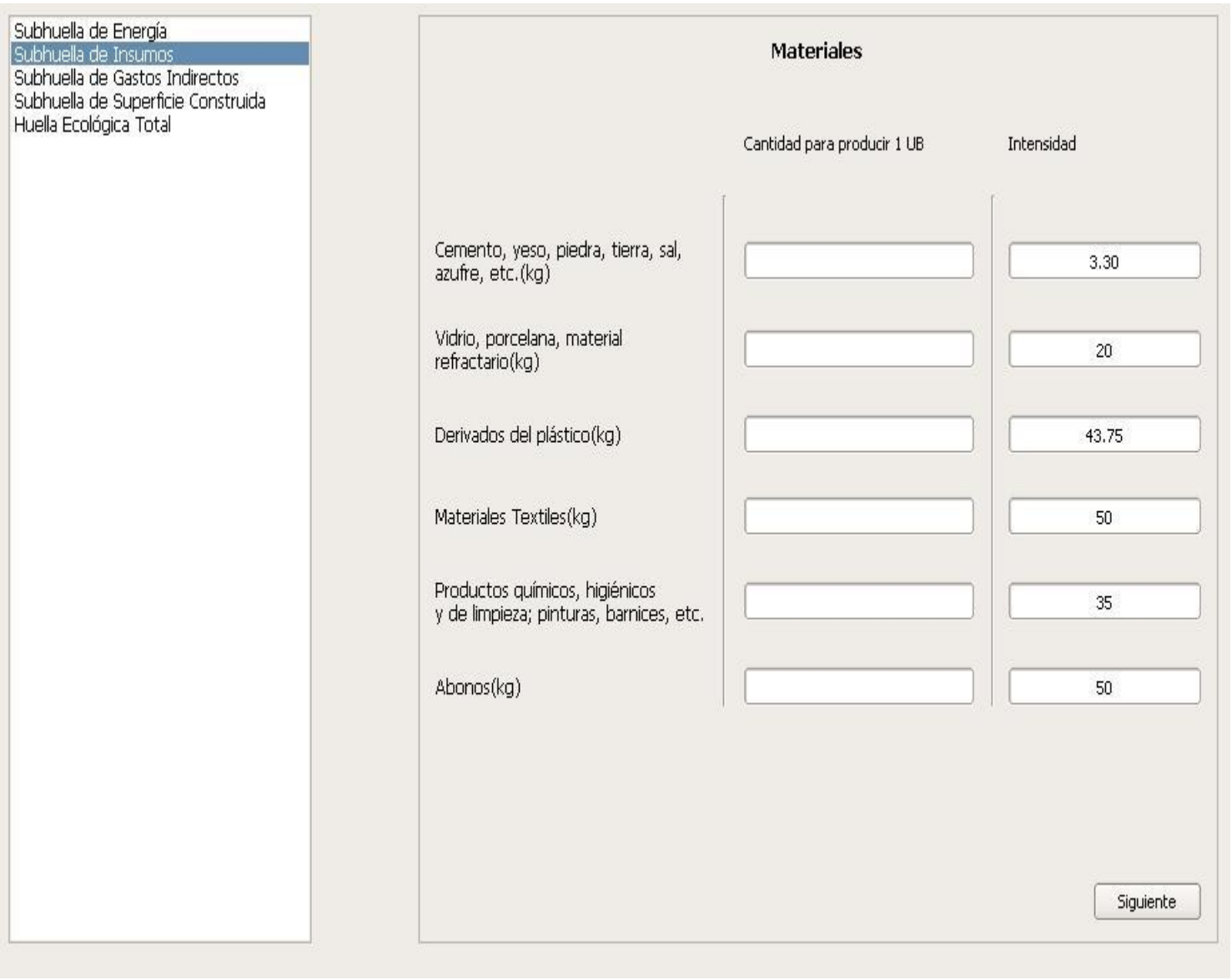
Anexo 31 Submódulo Energía insertar de productos y servicios



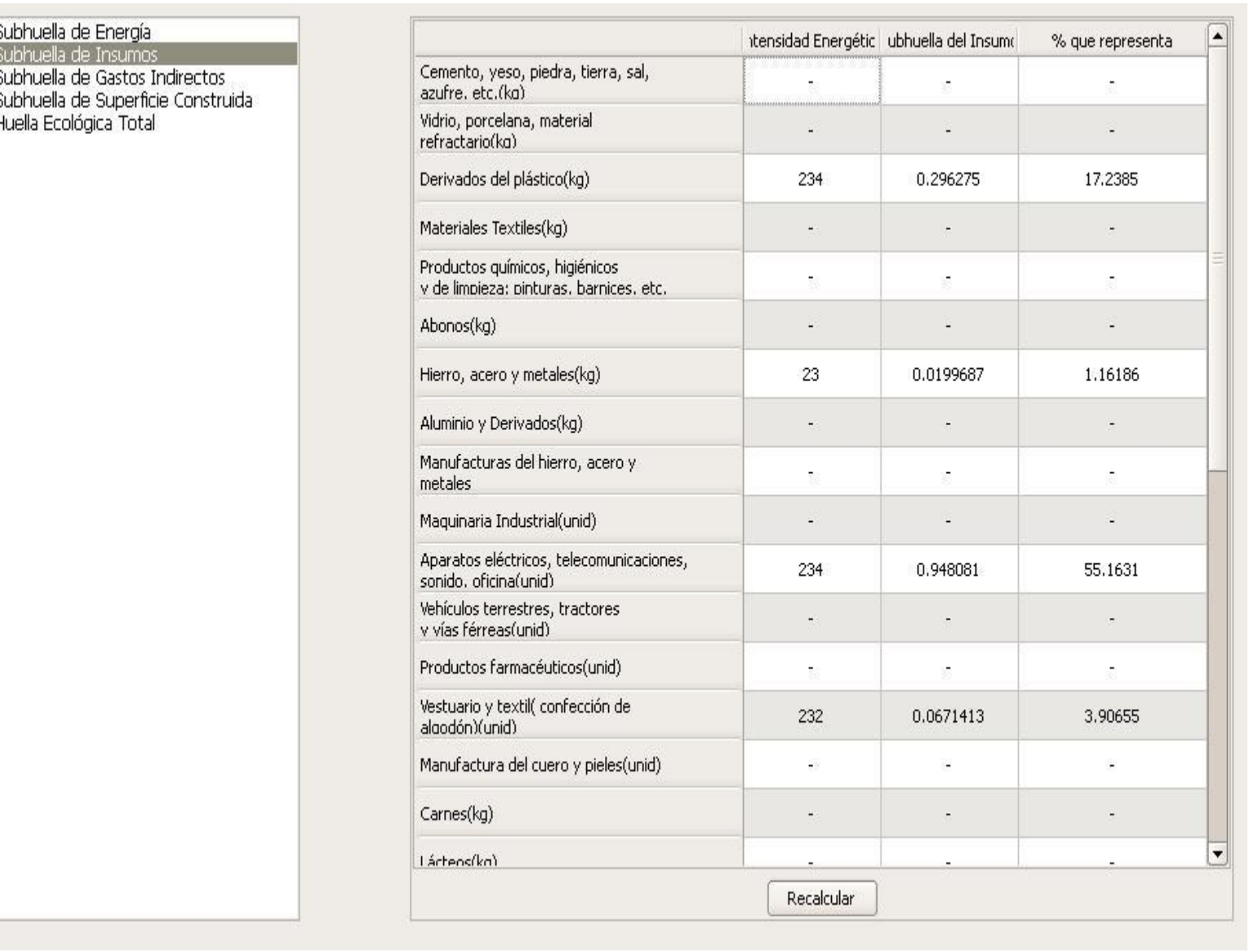
Anexo 32 Submódulo Energía resultado de productos y servicios



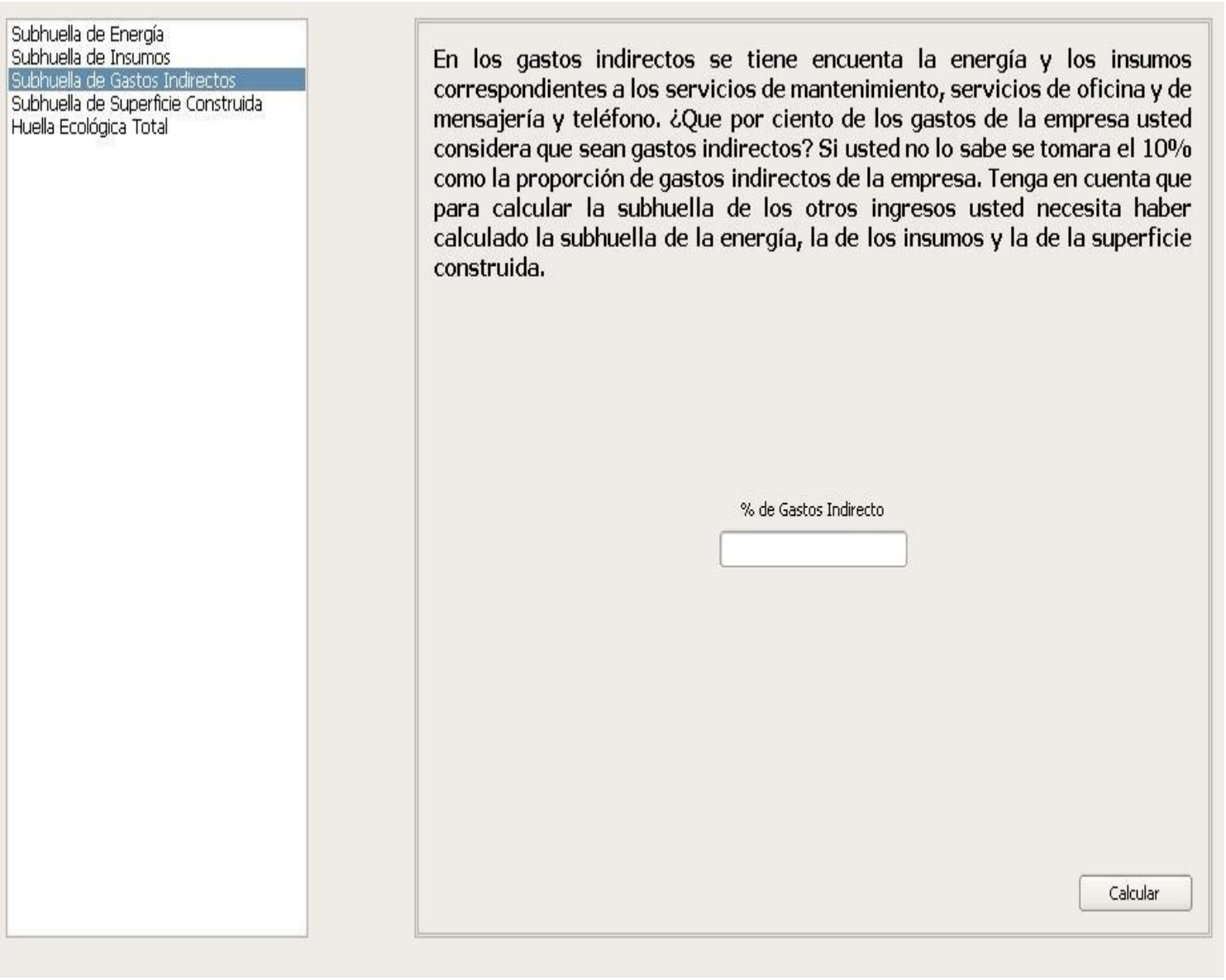
Anexo 33 Submódulo Insumos insertar de productos y servicios



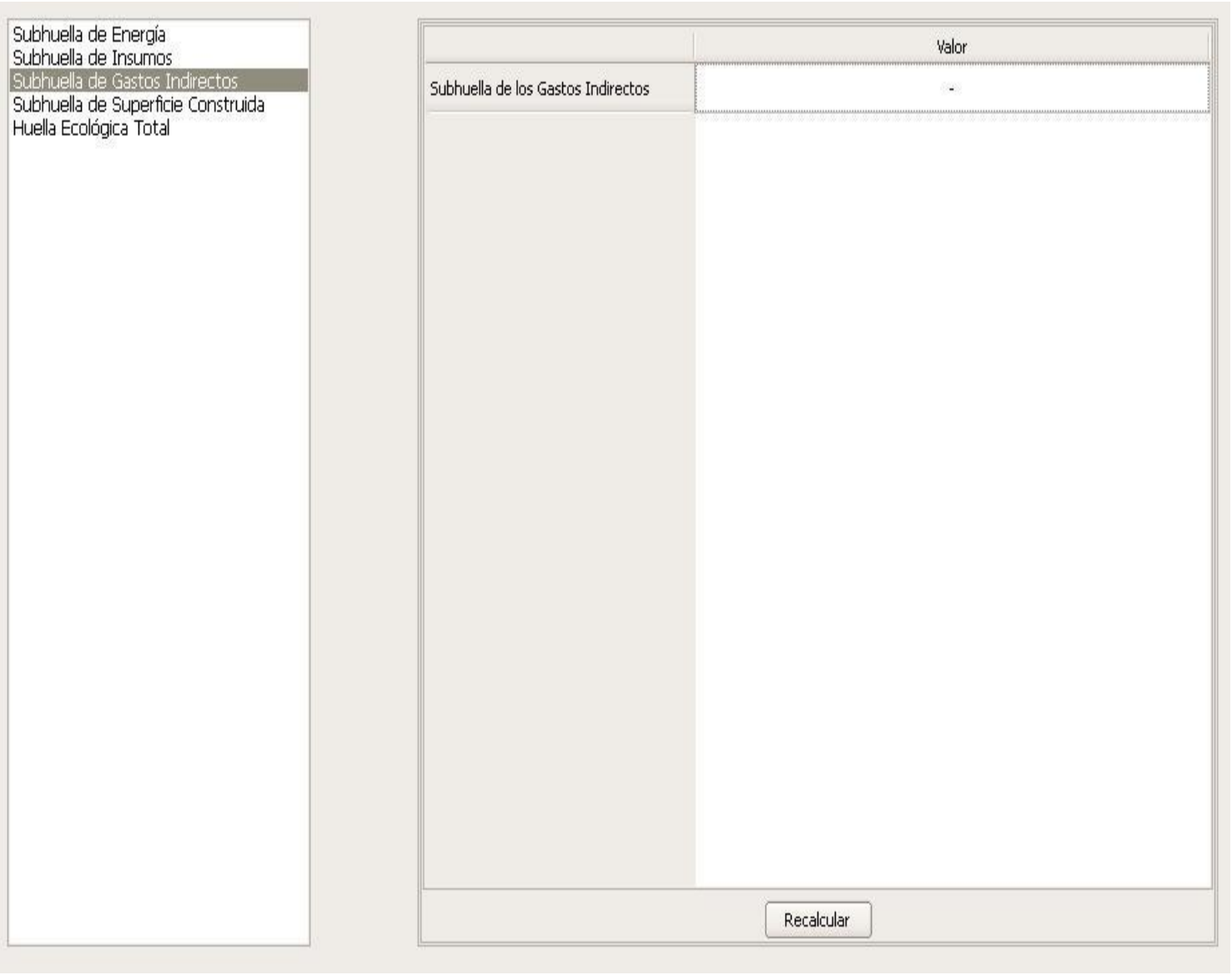
Anexo 34 Submódulo Insumos resultado de productos y servicios



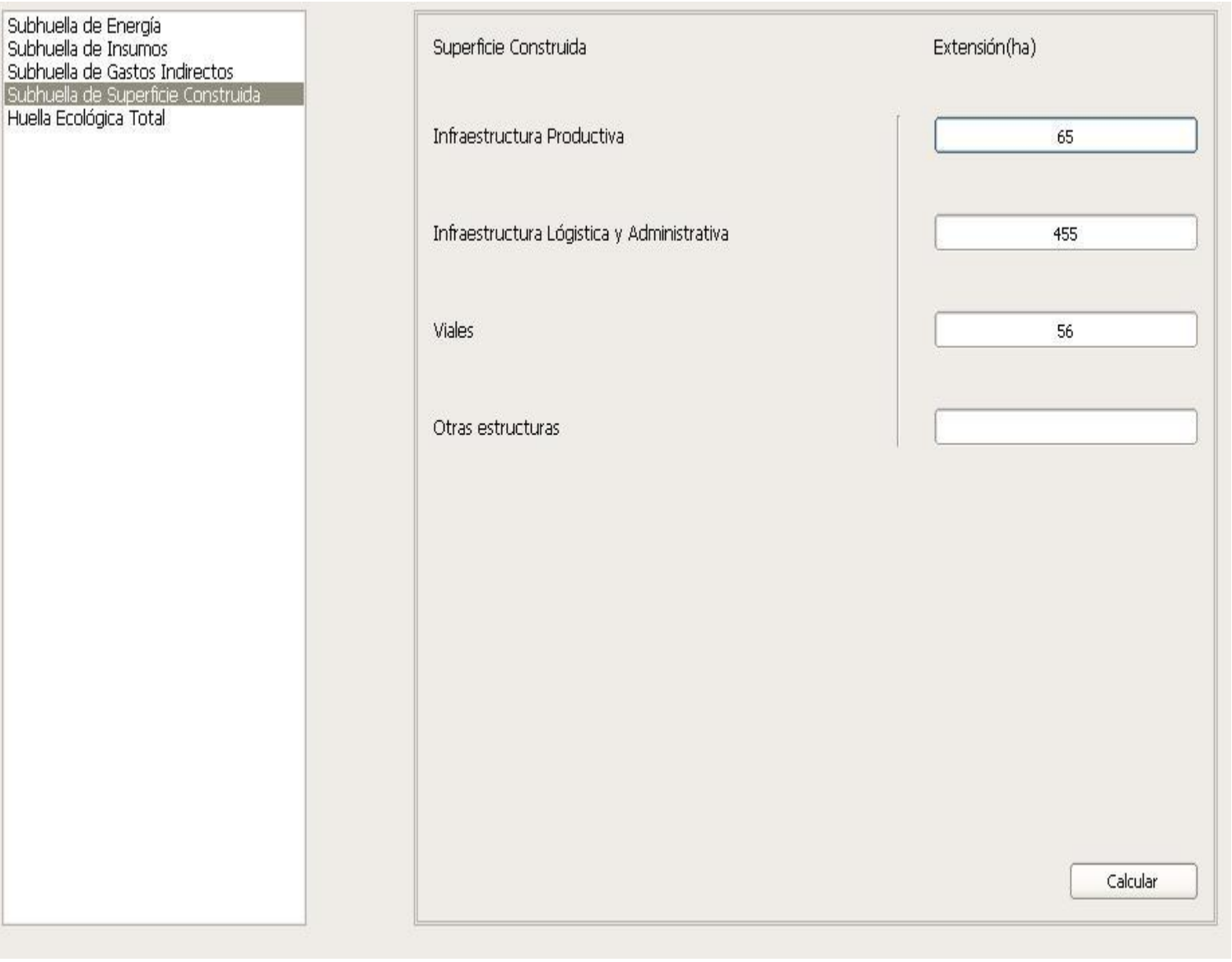
Anexo 35 Submódulo Gastos Previstos insertar de productos y servicios



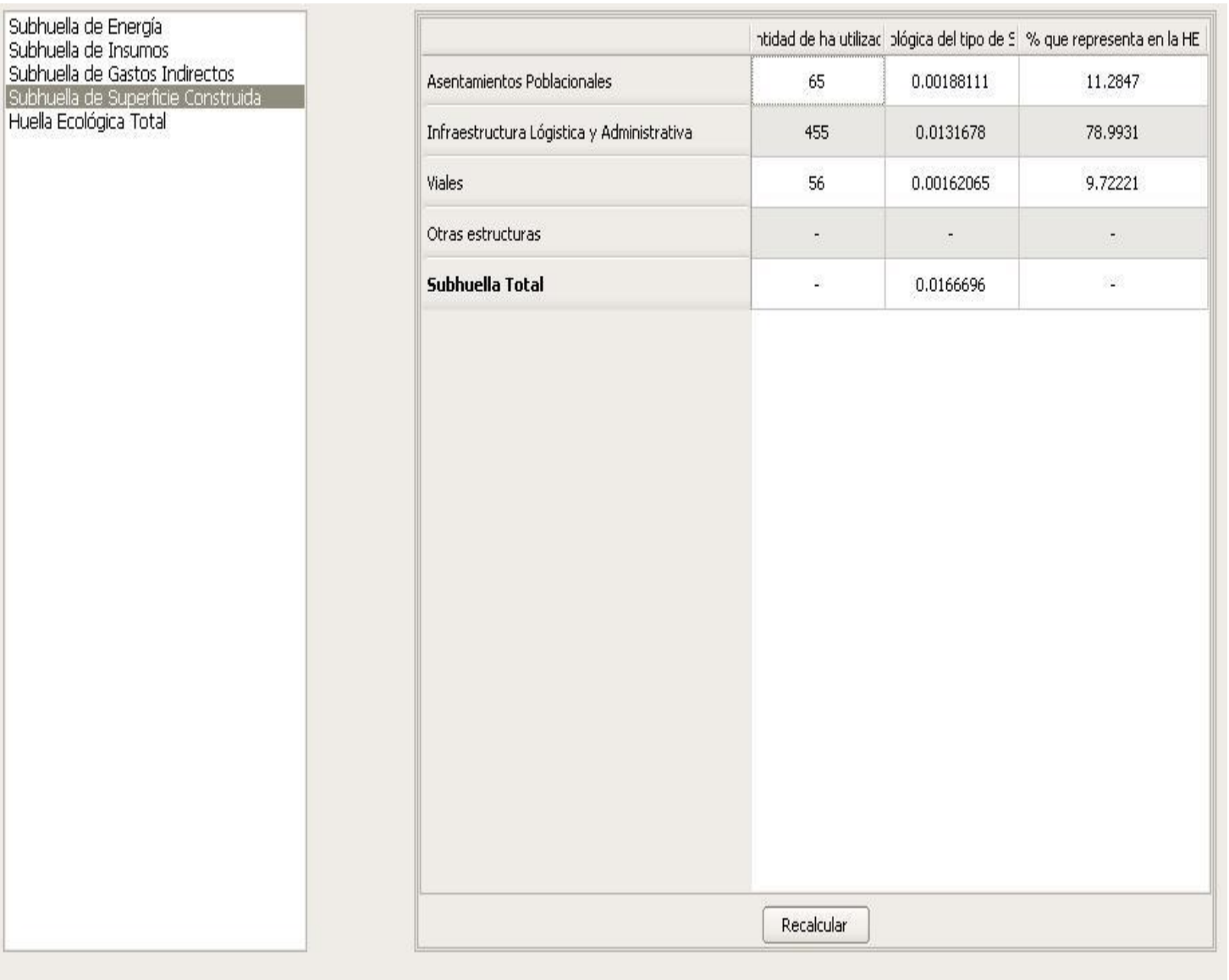
Anexo 36 Submódulo Gastos Previstos resultado de productos y servicios



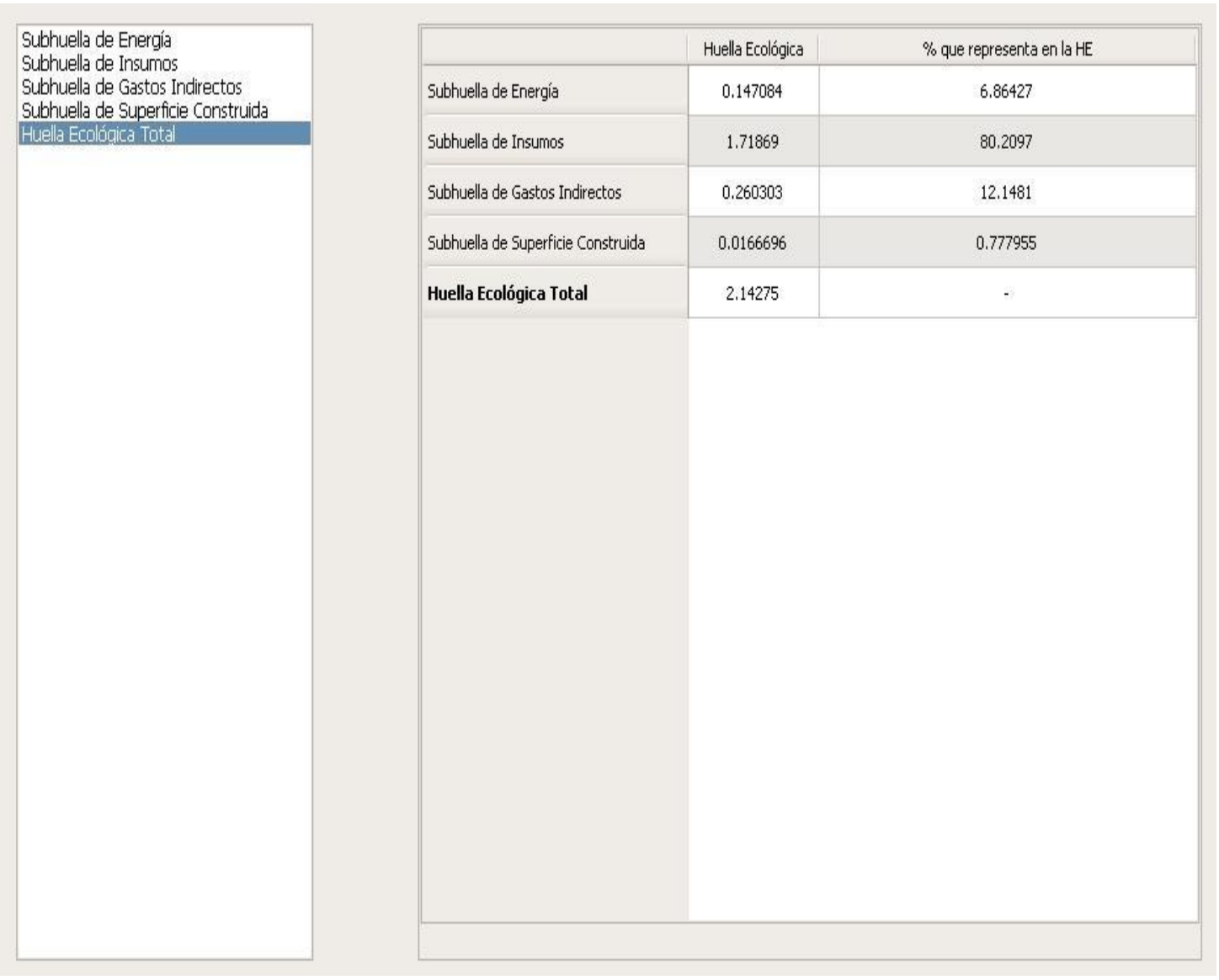
Anexo 37 Submódulo Superficie Construida insertar de productos y servicios



Anexo 38 Submódulo Superficie Construida resultado de productos y servicios

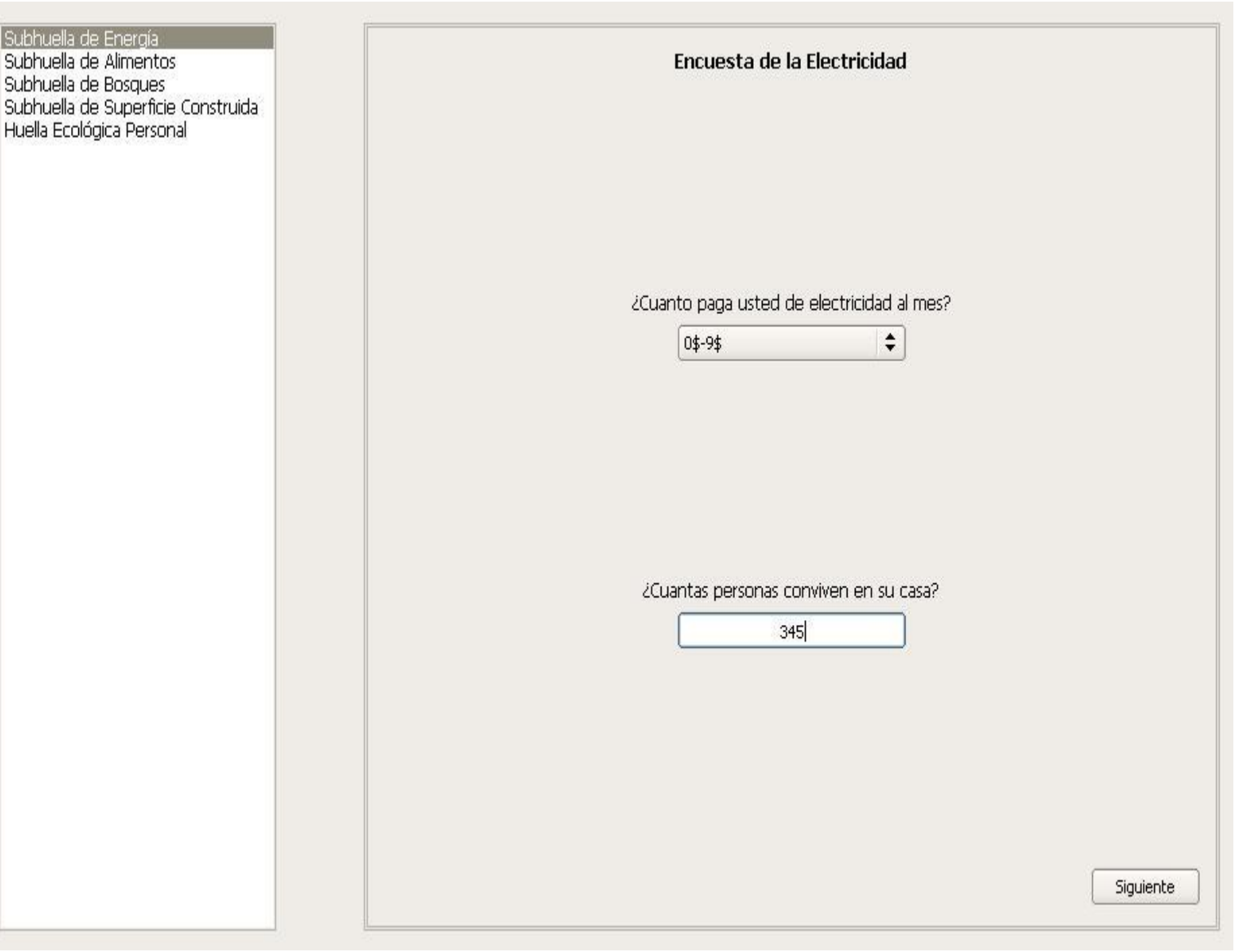


Anexo 39 Submódulo Huella Total de productos y servicios

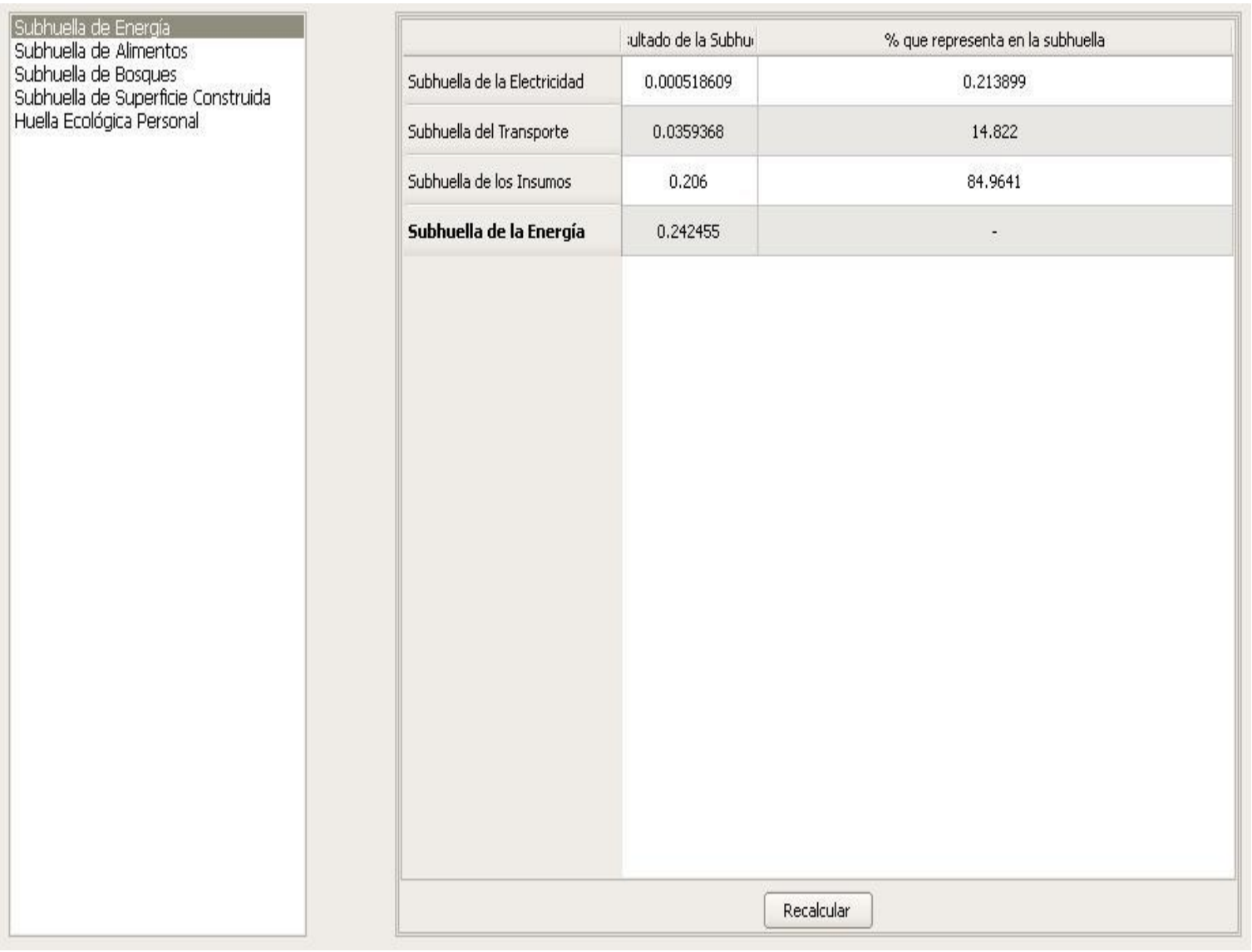


	Huella Ecológica	% que representa en la HE
Subhuella de Energía	0.147084	6.86427
Subhuella de Insumos	1.71869	80.2097
Subhuella de Gastos Indirectos	0.260303	12.1481
Subhuella de Superficie Construida	0.0166696	0.777955
Huella Ecológica Total	2.14275	-

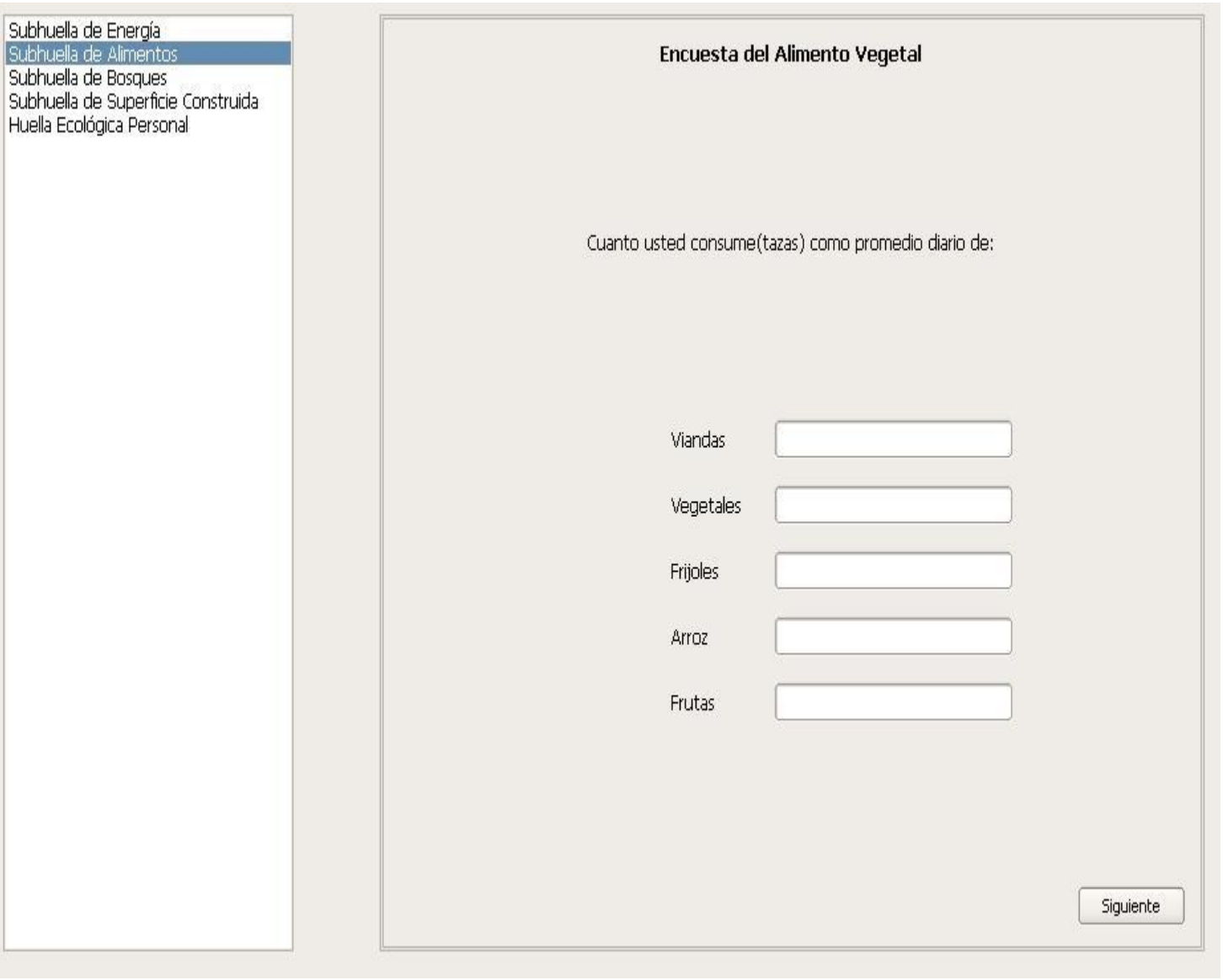
Anexo 40 Submódulo de la Energía insertar de personal



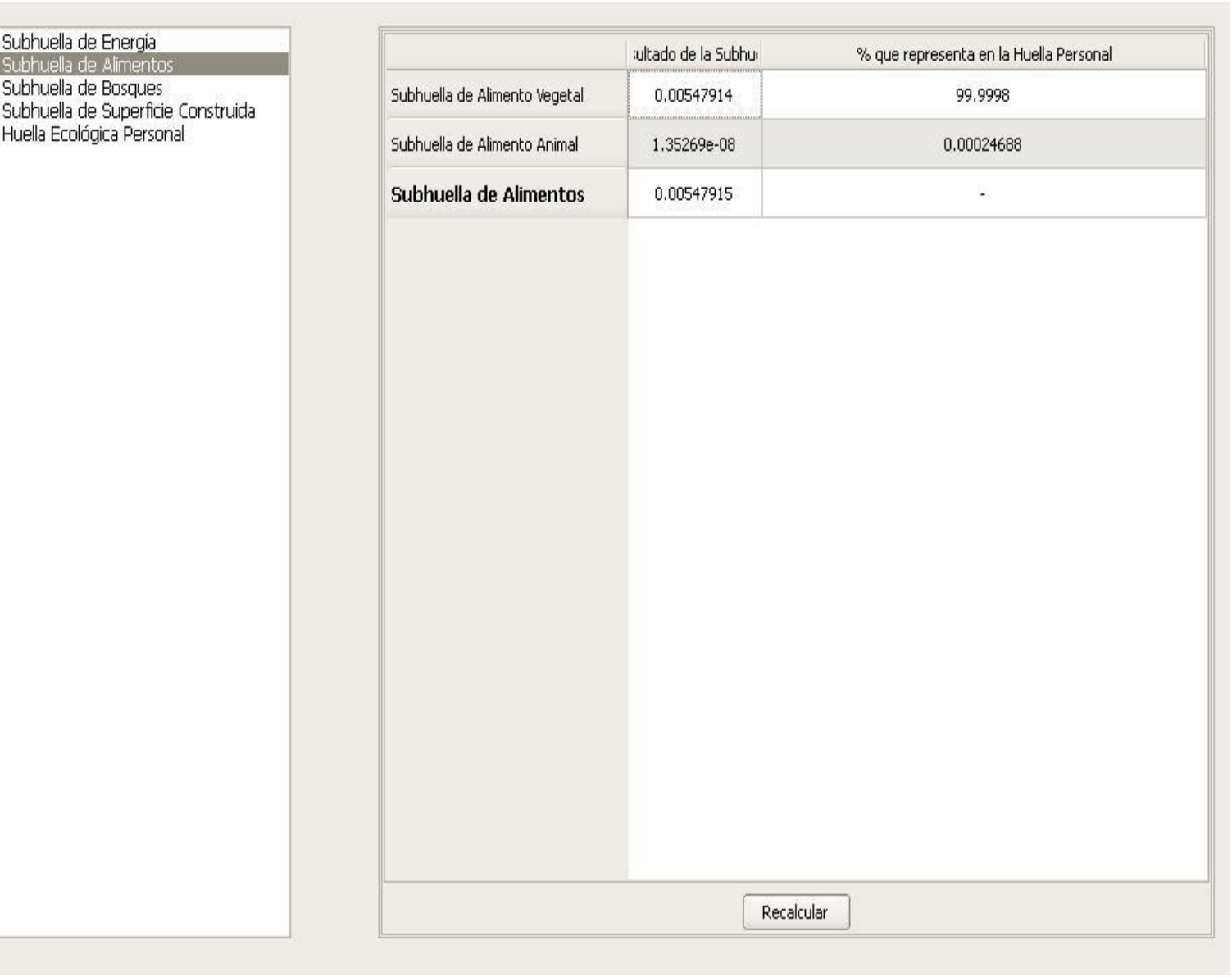
Anexo 41 Submódulo de la Energía resultado de personal



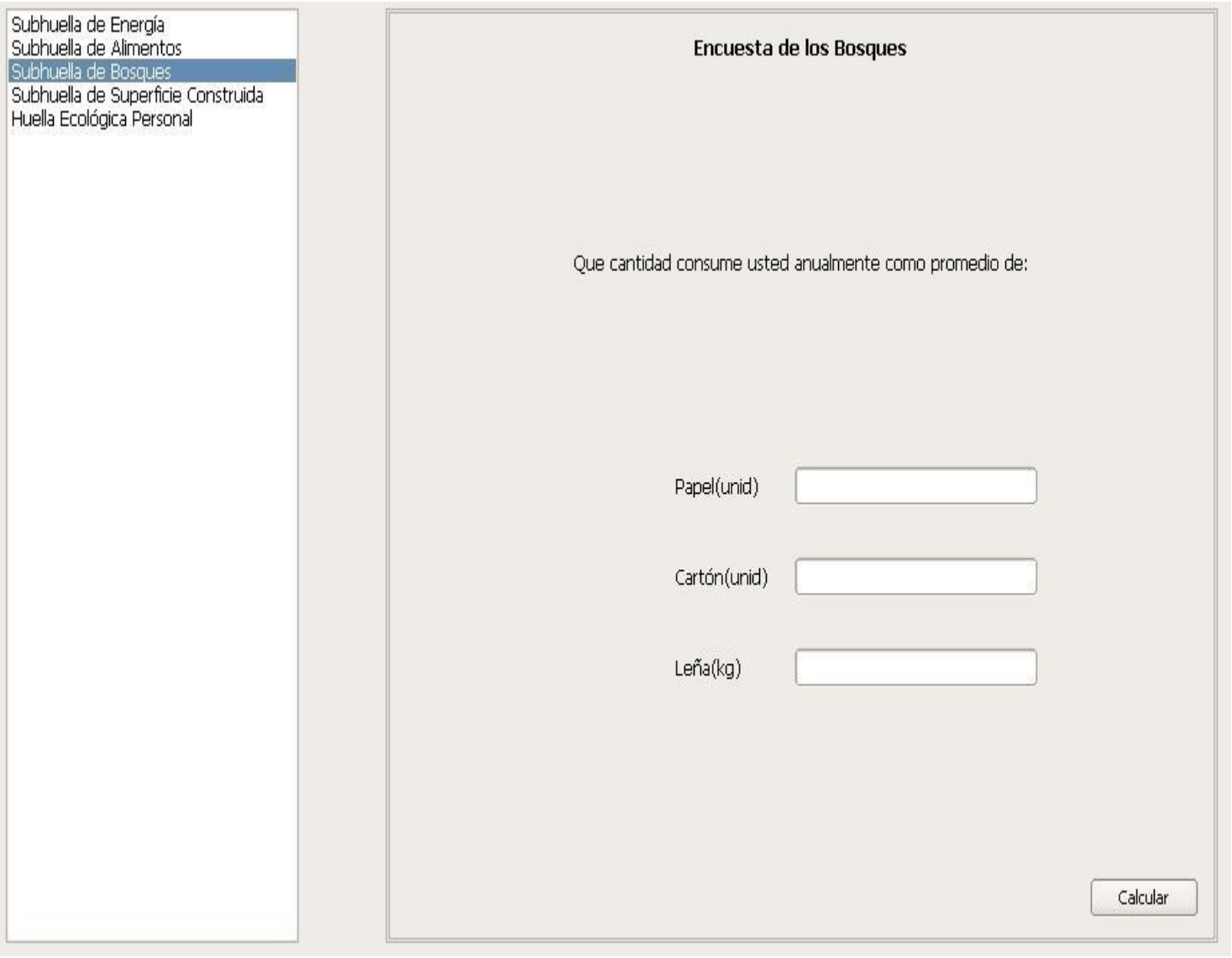
Anexo 42 Submódulo de Alimentos insertar de personal



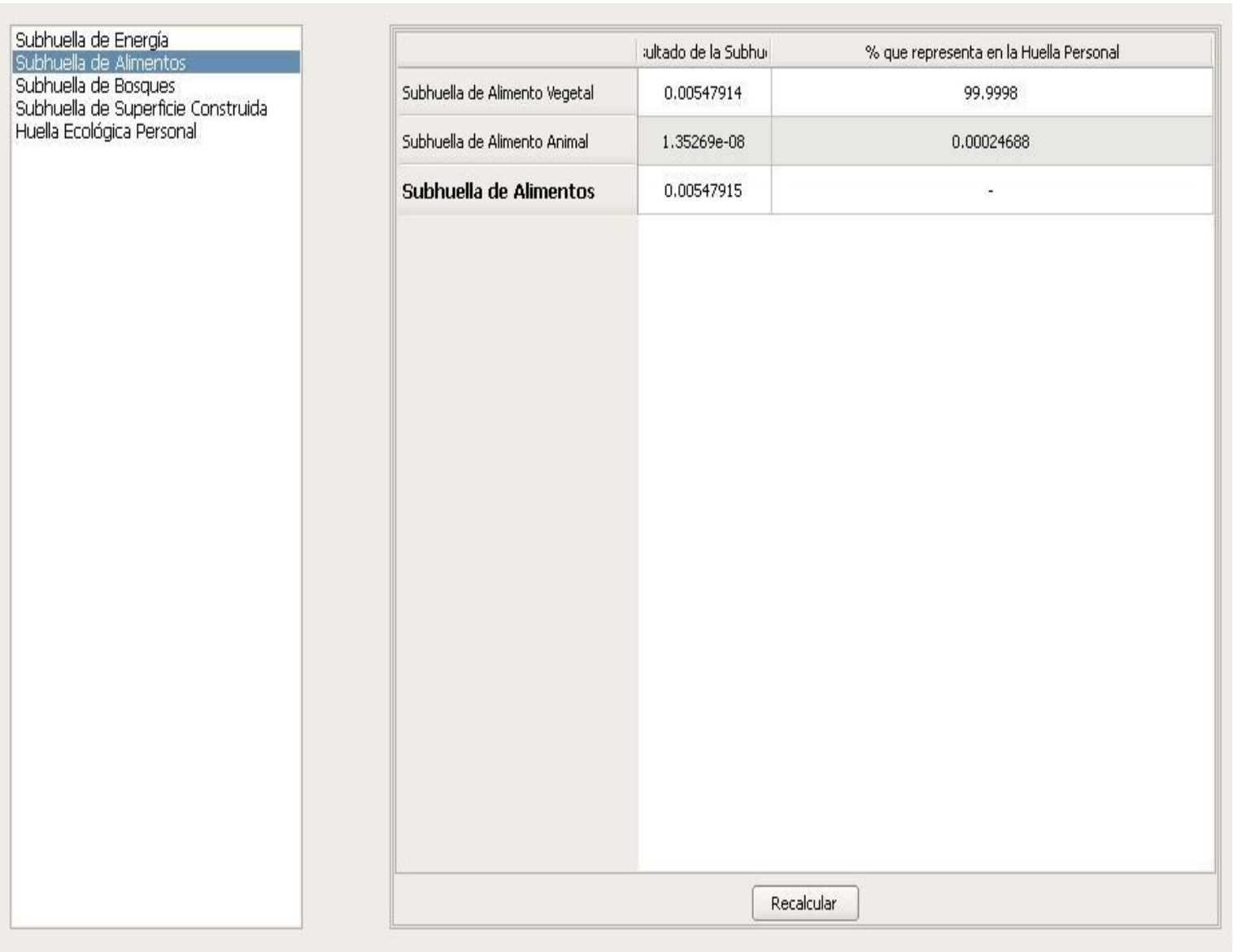
Anexo 43 Submódulo de Alimentos resultado de personal



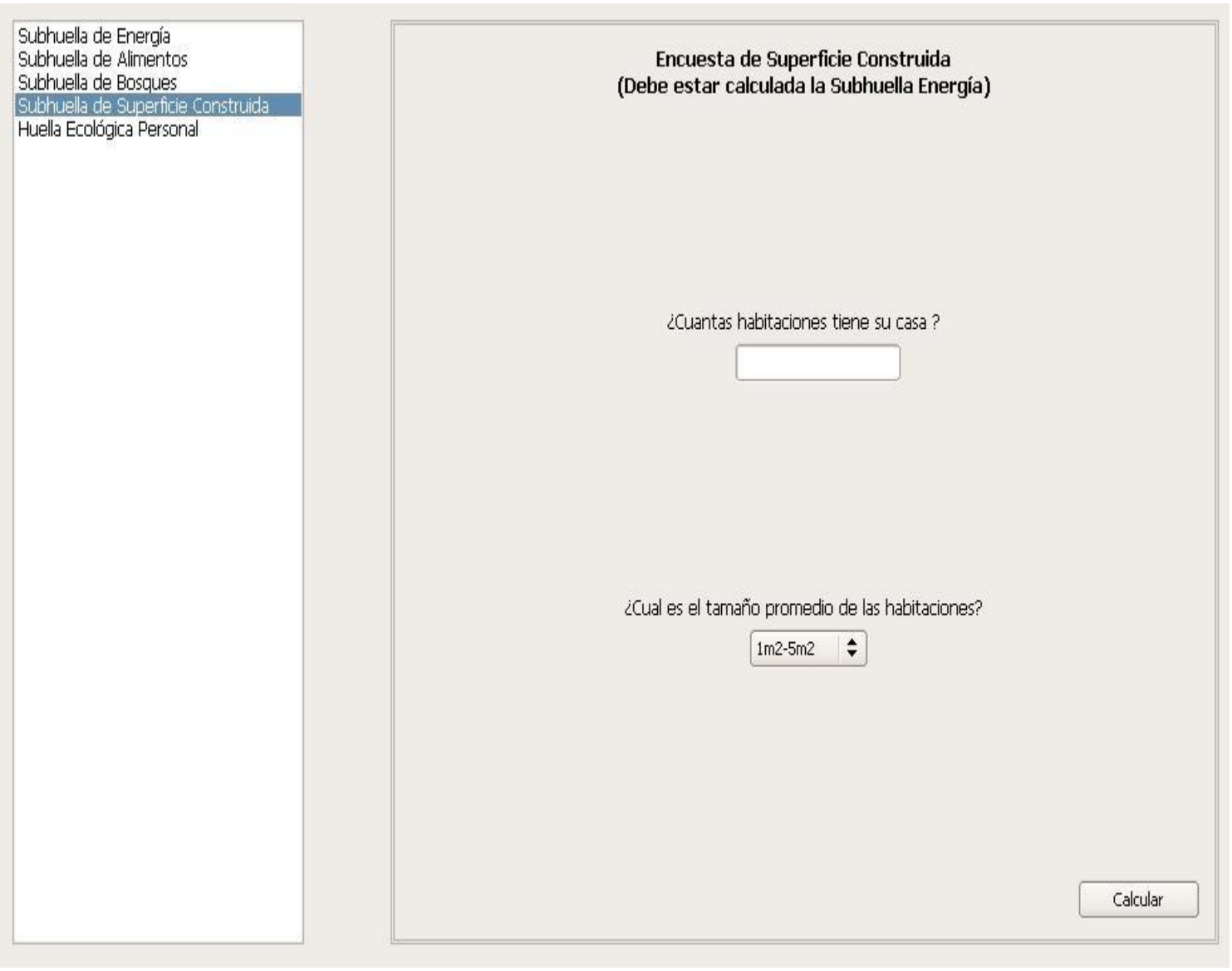
Anexo 44 Submódulo de Bosques insertar de personal



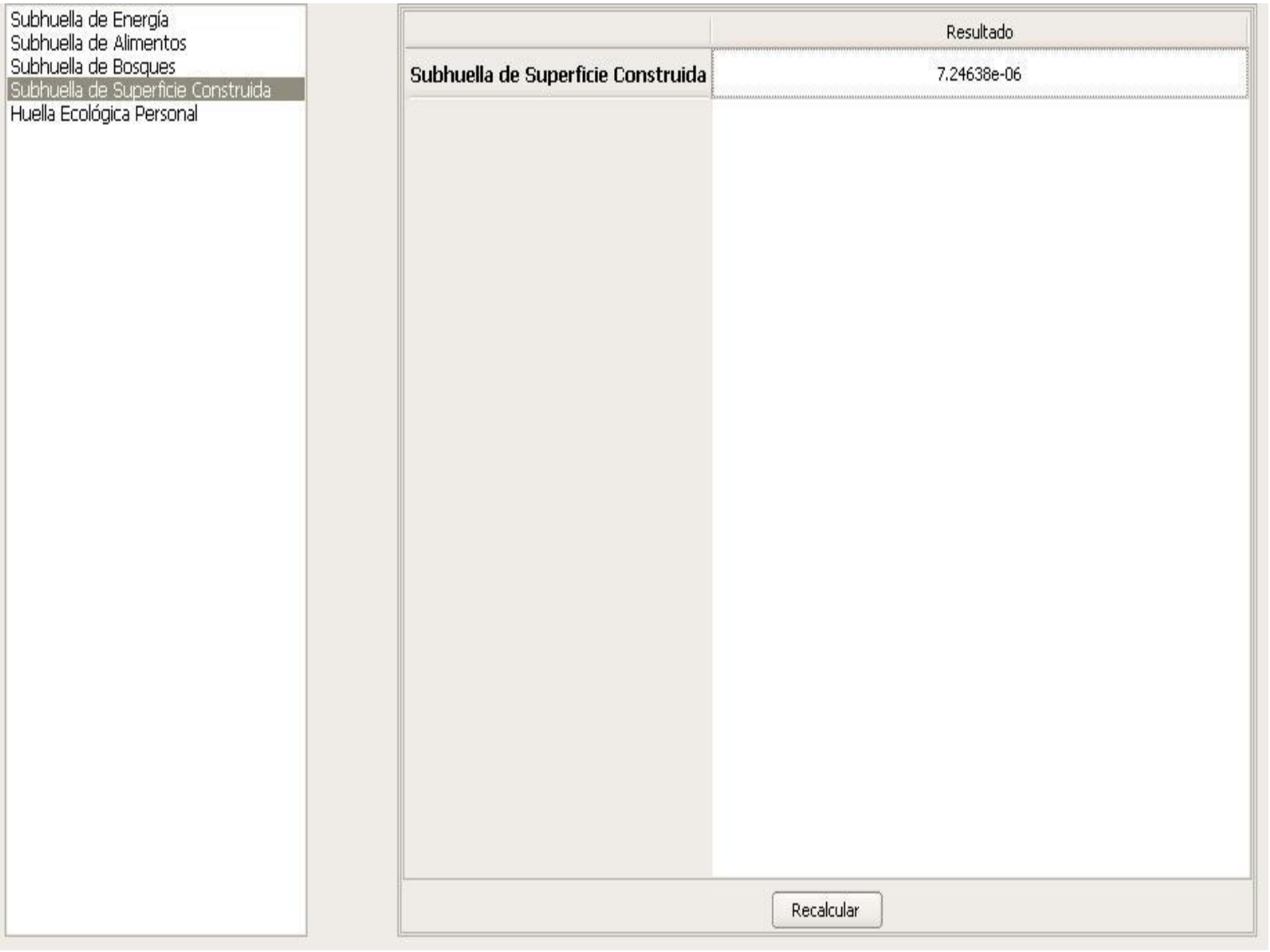
Anexo 45 Submódulo de Bosques resultado de personal



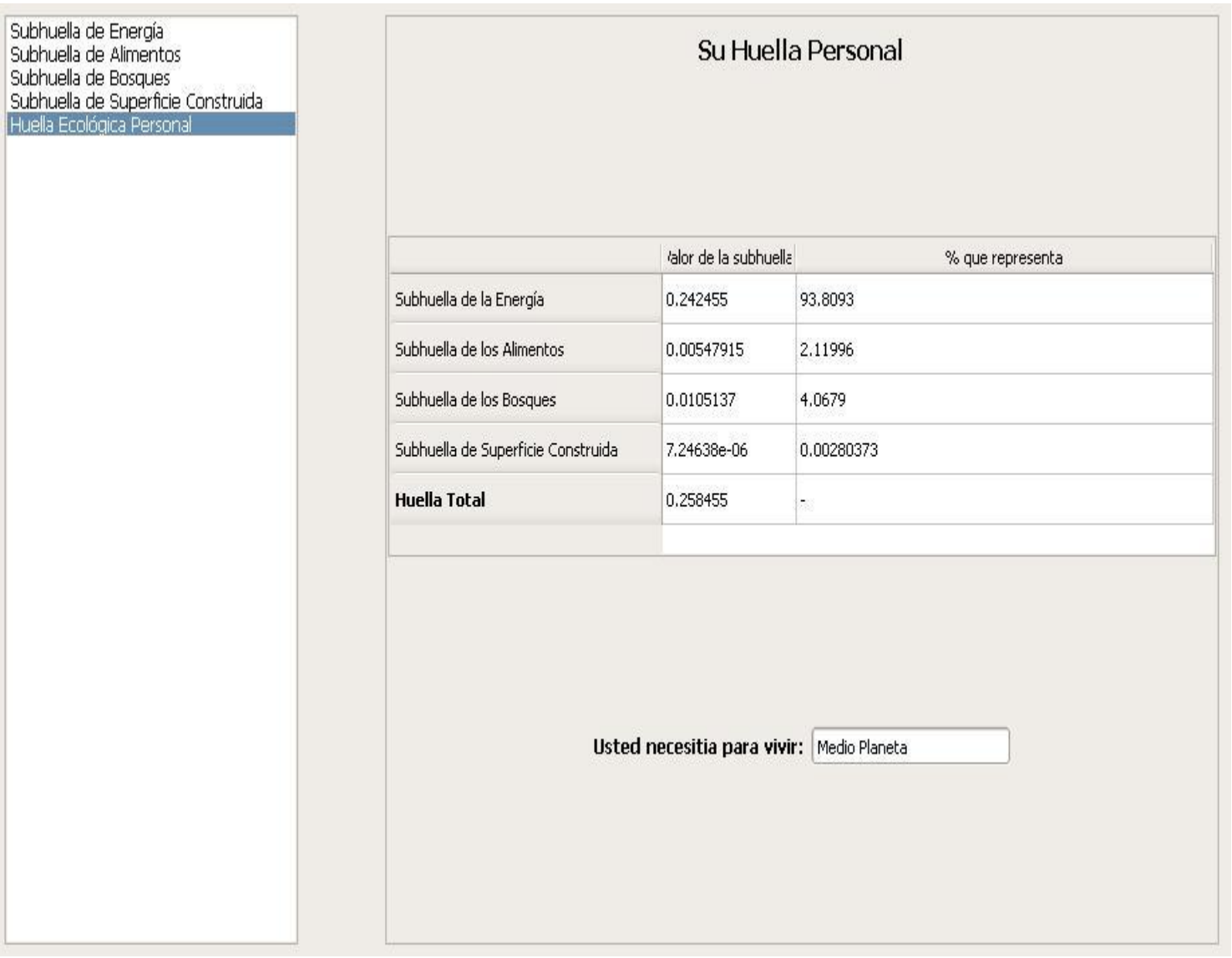
Anexo 46 Submódulo de Superficie Construida insertar de personal



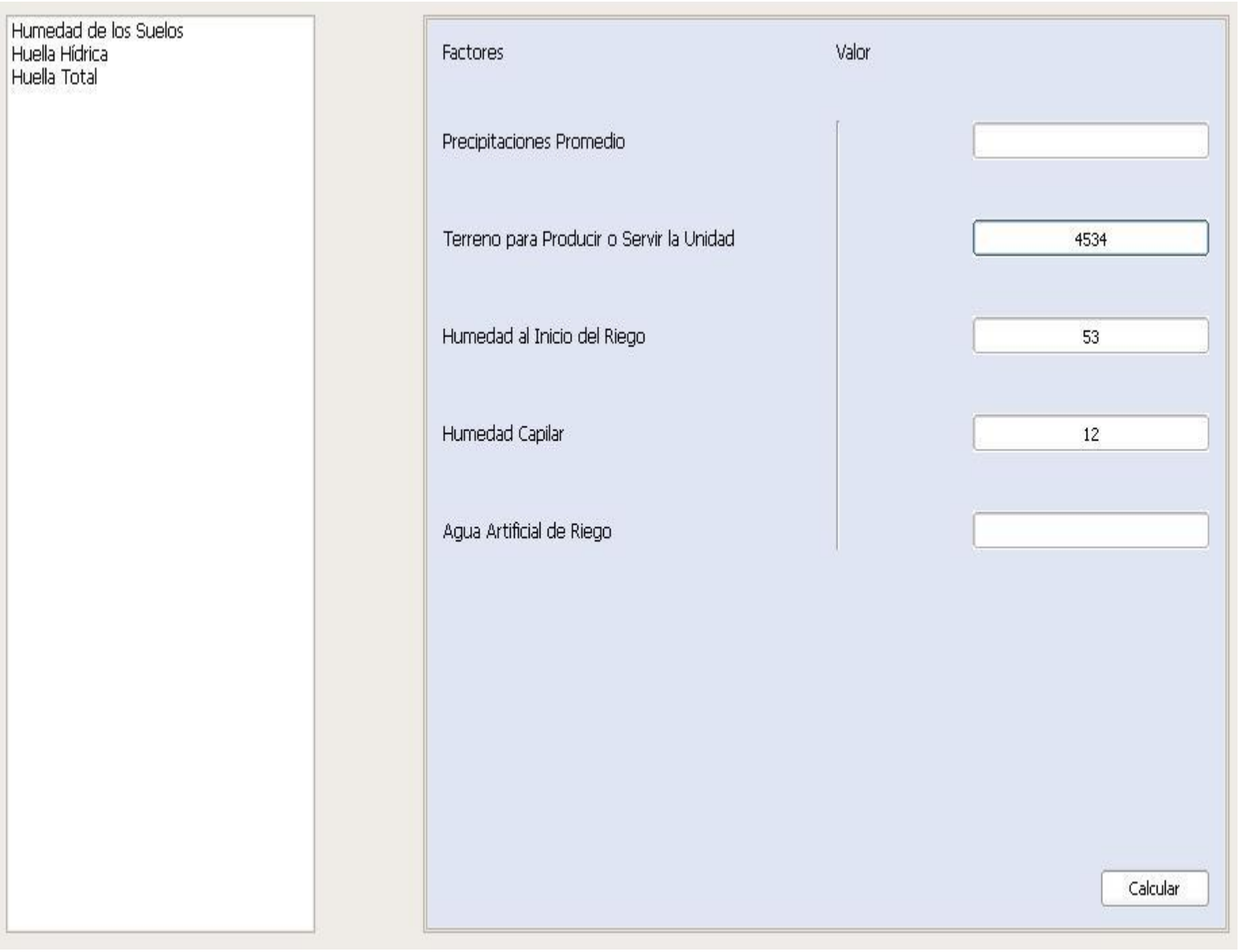
Anexo 47 Submódulo de Superficie Construida resultado de personal



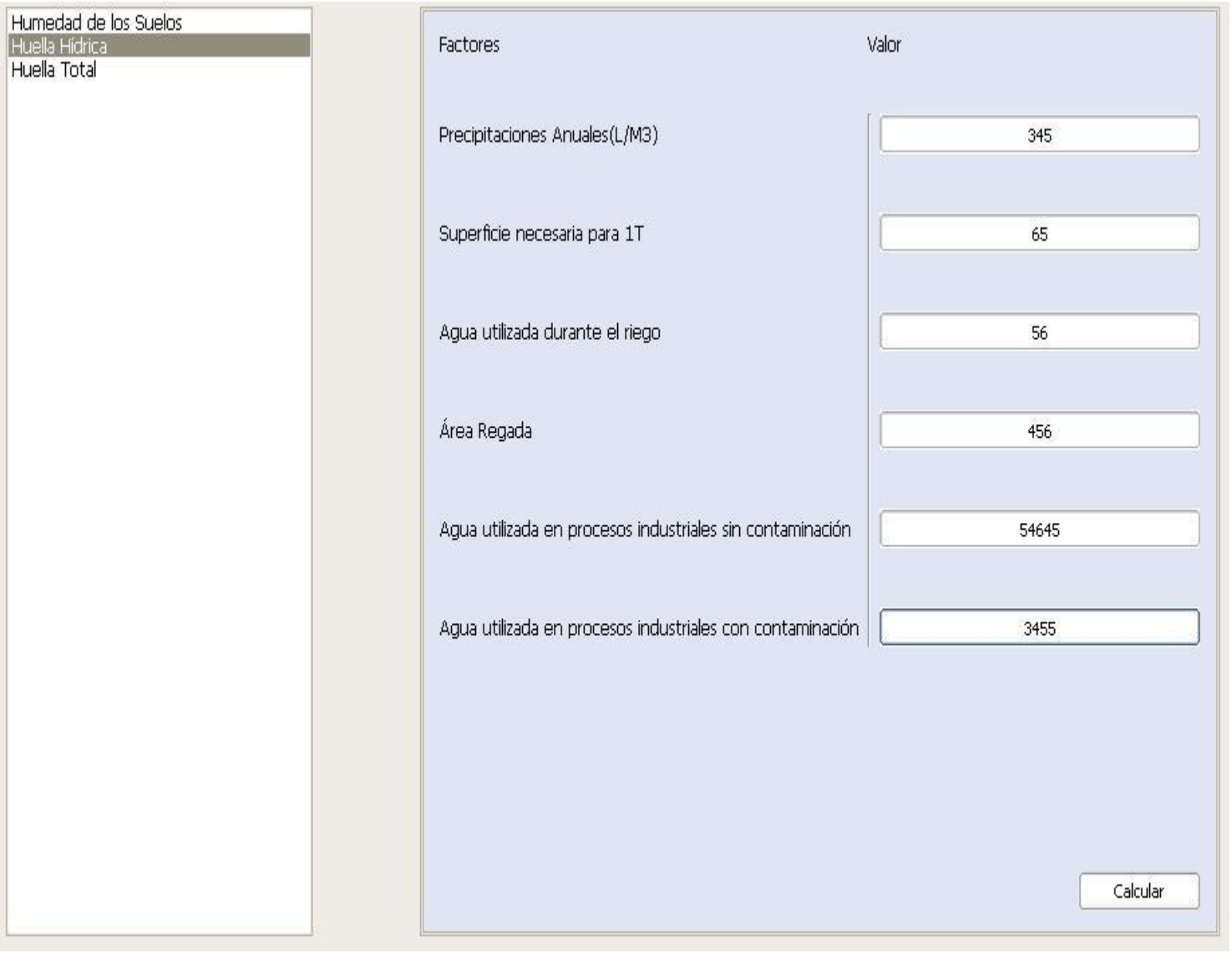
Anexo 48 Submódulo de Huella Total personal



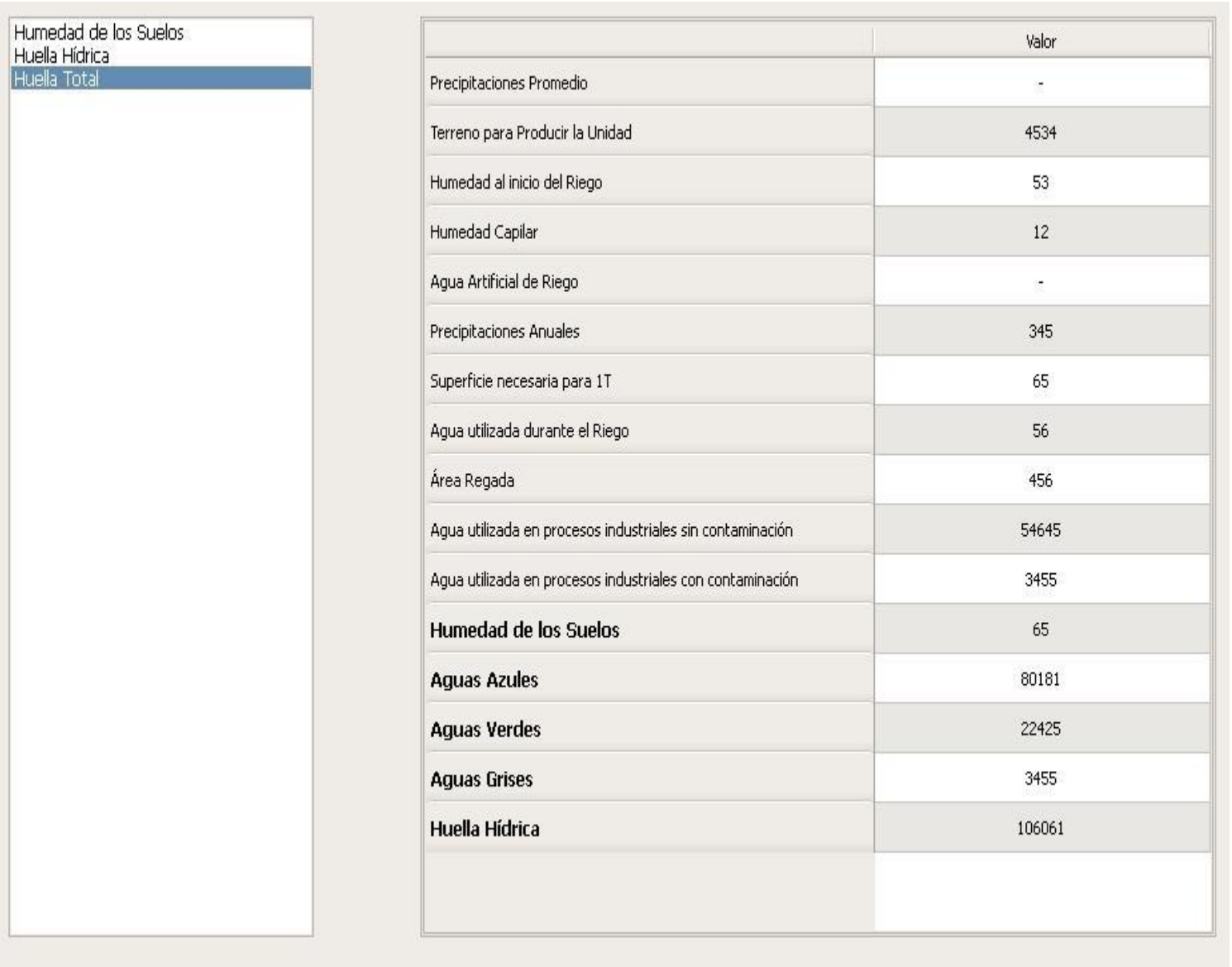
Anexo 49 Submódulo de Humedad de los suelos de hídrica



Anexo 50 Submódulo de Huella Hídrica insertar de hídrica

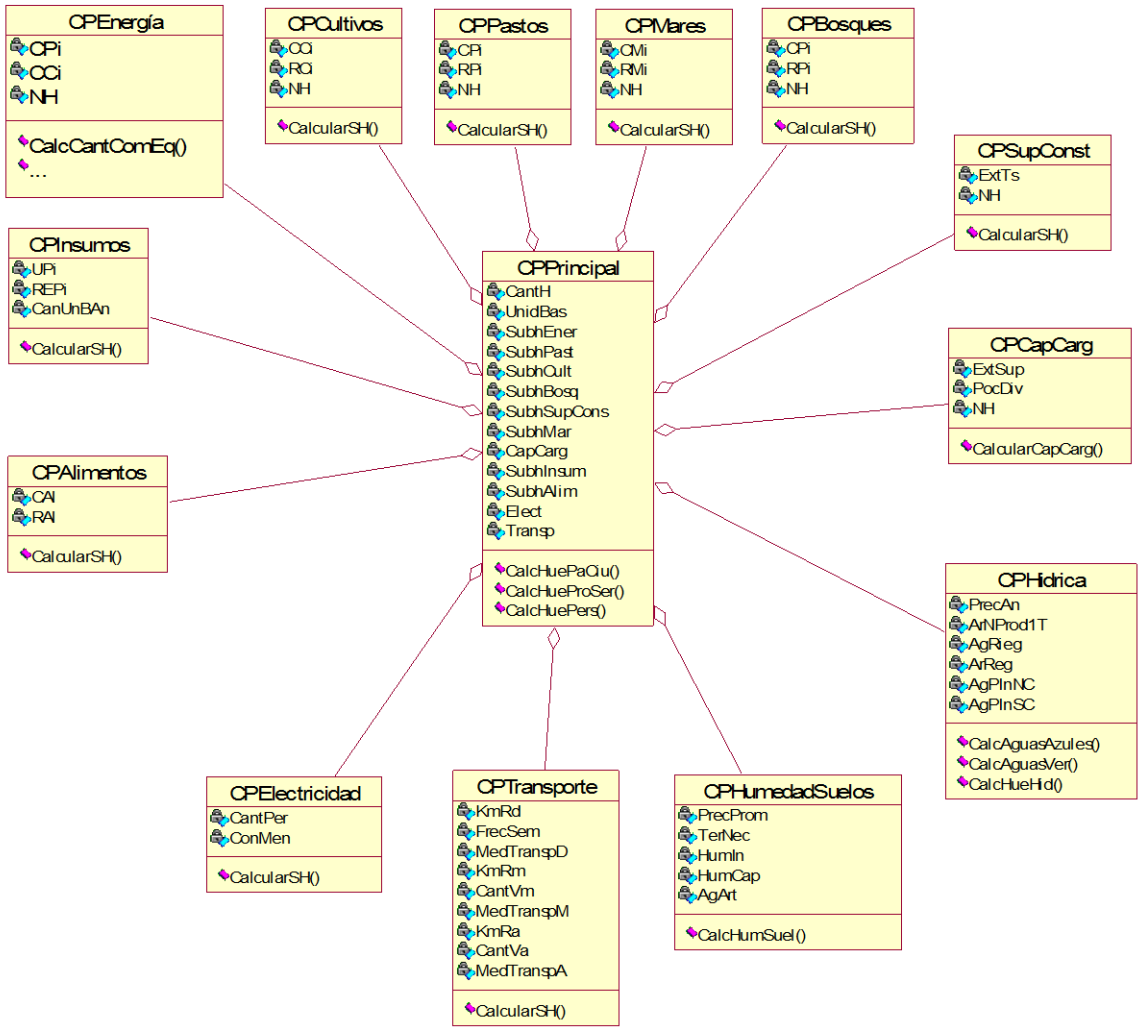


Anexo 51 Submódulo de Huella Hídrica resultado de hídrica

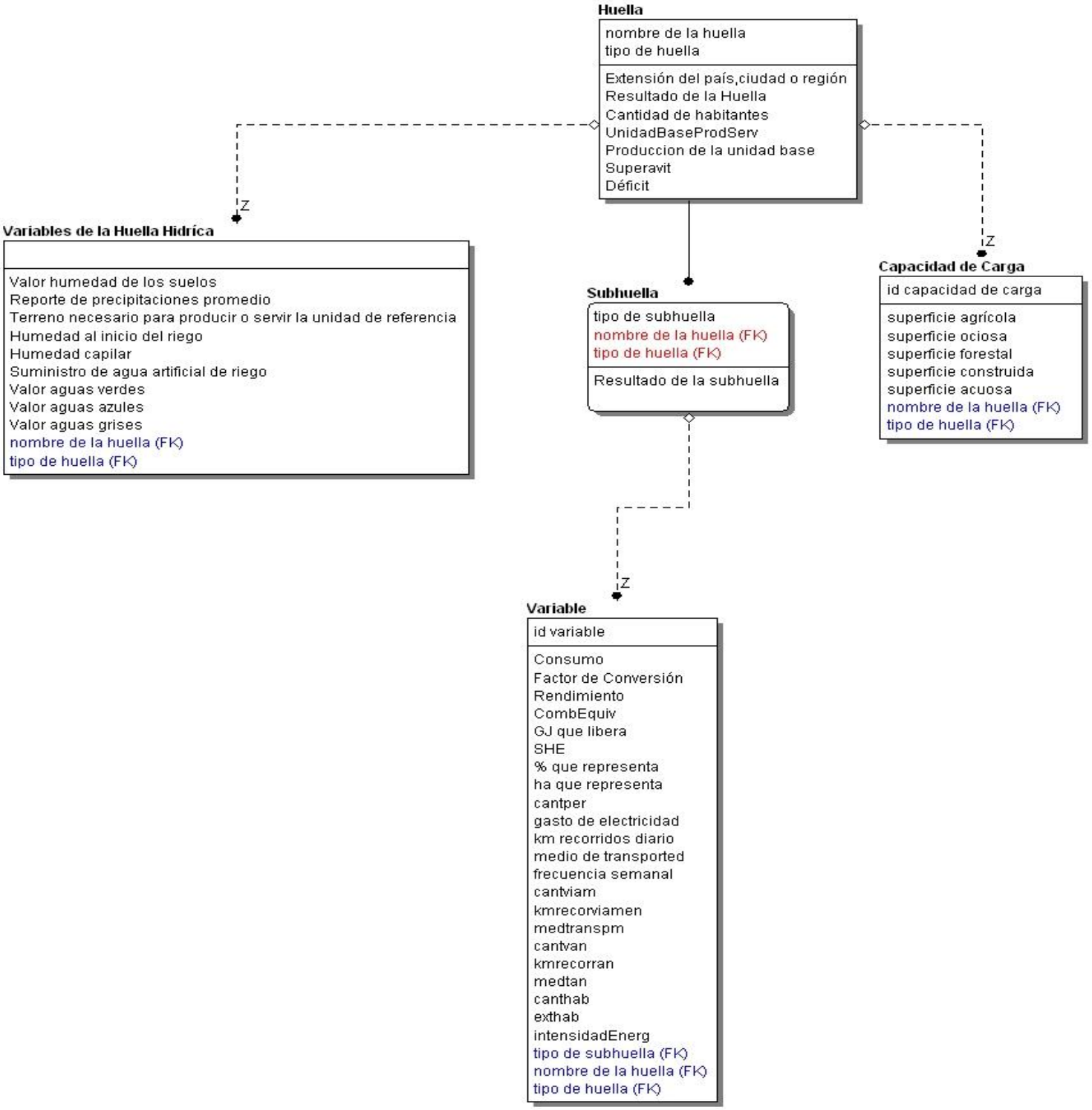


	Valor
Precipitaciones Promedio	-
Terreno para Producir la Unidad	4534
Humedad al inicio del Riego	53
Humedad Capilar	12
Agua Artificial de Riego	-
Precipitaciones Anuales	345
Superficie necesaria para 1T	65
Agua utilizada durante el Riego	56
Área Regada	456
Agua utilizada en procesos industriales sin contaminación	54645
Agua utilizada en procesos industriales con contaminación	3455
Humedad de los Suelos	65
Aguas Azules	80181
Aguas Verdes	22425
Aguas Grises	3455
Huella Hídrica	106061

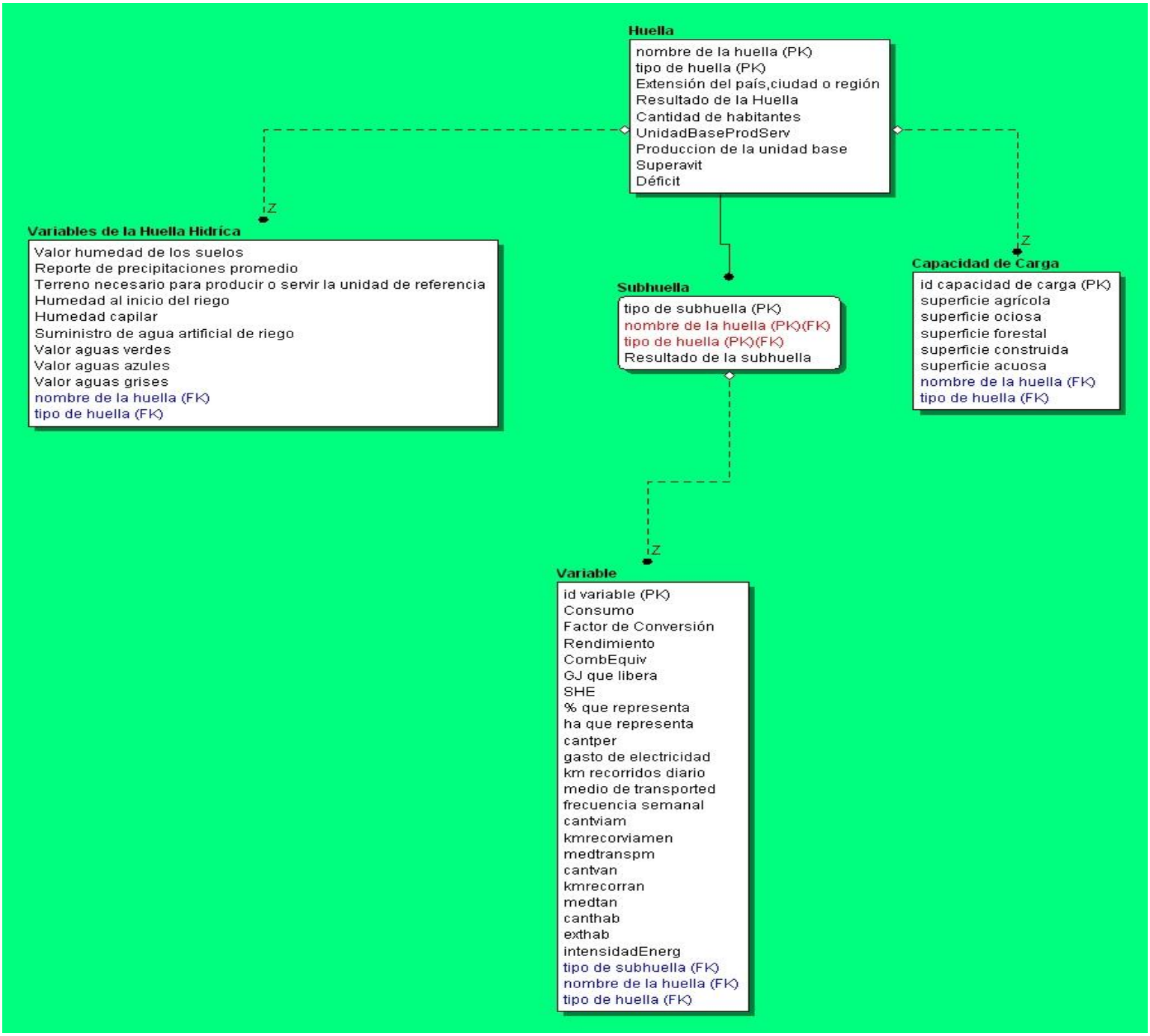
Anexo 52 Diagrama de clases de diseño



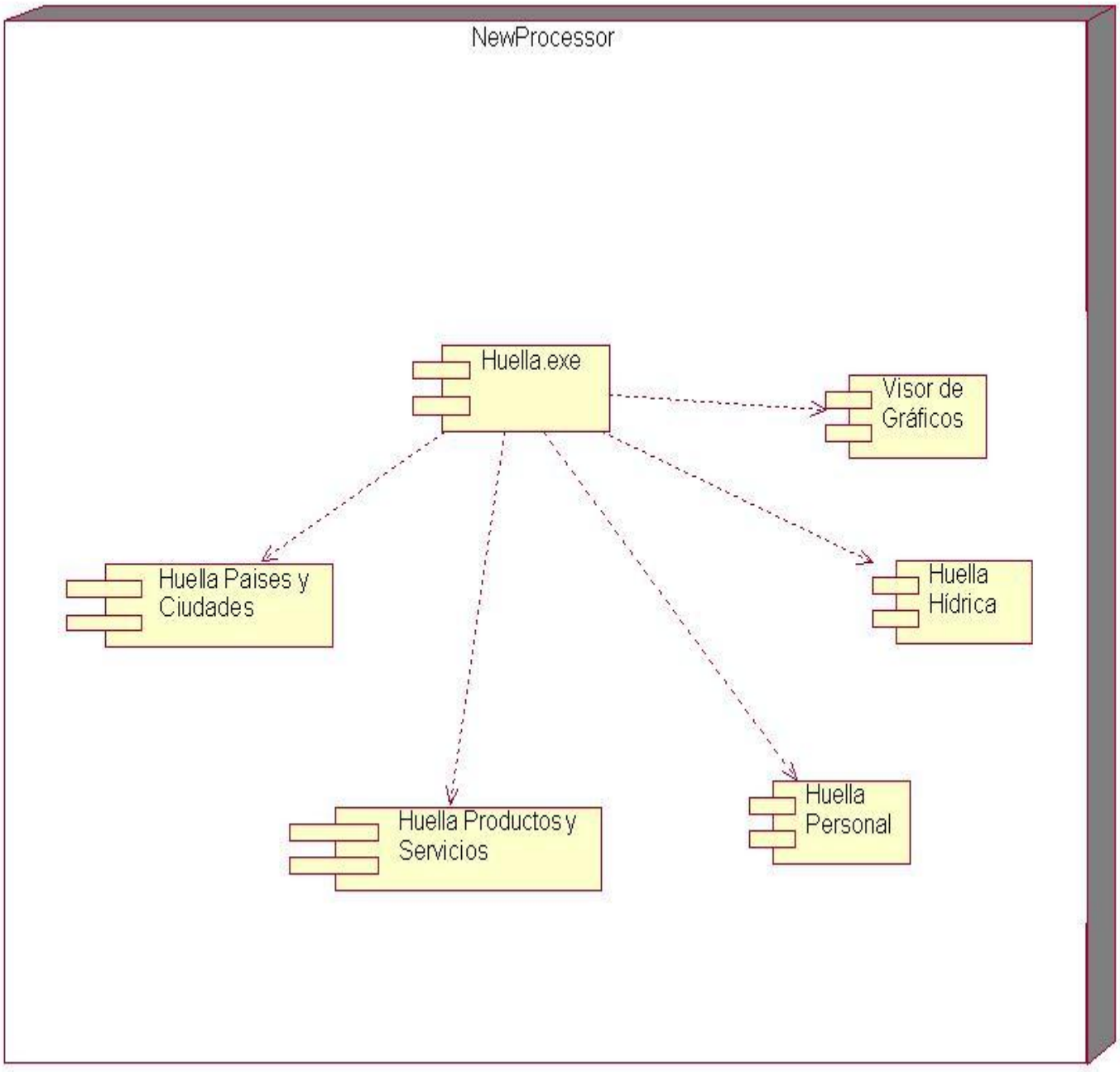
Anexo 53: Modelo Lógico de la Base de Datos



Anexo 54: Modelo físico de la Base de Datos



Anexo 55 Diagrama de Implementación



Anexo 56 Encuesta Aplicada para la validación del sistema

Responda a las siguientes preguntas marcando con una x en el valor que usted decida, tenga en cuenta que el sistema de puntuación es: 1(muy bajo), 2(bajo), 3(norma), 4(alto) y 5(muy alto).

1-¿Es posible acceder a la aplicación informática de manera sencilla y práctica?

_____	_____	_____	_____	_____
1	2	3	4	5

2-¿Existen pocas restricciones para pode utilizar el software?

_____	_____	_____	_____	_____
1	2	3	4	5

3-¿La estructura de la información de los módulos creados para los distintos cálculos es la adecuada?

_____	_____	_____	_____	_____
1	2	3	4	5

4-¿La estructura de modular facilita la navegación en el sistema informático?

_____	_____	_____	_____	_____
1	2	3	4	5

5-¿Desde cualquier modulo se puede ir fácilmente a cualquier requerimiento del sistema informático?

_____	_____	_____	_____	_____
1	2	3	4	5

6-¿El software propuesto es concreto, balanceado y de operación simple?

_____	_____	_____	_____	_____
1	2	3	4	5

7-¿El software puede ser utilizado sin un adiestramiento previo del mismo?

_____	_____	_____	_____	_____
1	2	3	4	5

8-¿El software puede ser usado durante el proceso de investigación?

_____	_____	_____	_____	_____
1	2	3	4	5

9-¿Es relevante la información que aporta?

_____	_____	_____	_____	_____
1	2	3	4	5

10-¿Logra motivar el uso del mismo por parte de los especialistas y estudiantes?

_____	_____	_____	_____	_____
1	2	3	4	5

11-¿La sencillez de su diseño permite mayor atención al contenido?

_____	_____	_____	_____	_____
1	2	3	4	5

12-¿El diseño de los textos es aceptable (color, tamaño, ubicación en pantalla)?

_____	_____	_____	_____	_____
1	2	3	4	5

13-¿Los colores utilizados favorecen la apariencia del software?

_____	_____	_____	_____	_____
1	2	3	4	5