

*Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas*

*Facultad de Ingeniería Industrial y Turismo*

*Departamento de Ingeniería Industrial*



## *Trabajo de Diploma*

*Título: Evaluación del impacto ambiental de los proyectos  
hidráulicos en la Empresa de Investigación y Proyectos  
Hidráulicos en Villa Clara (EIPH-VC).*

**Autora:** Lumeidy Isidro Díaz-Véliz

**Tutora:** MsC. Ing. Reina Maylín Hernández Oro

-2012-

### *Dedicatoria*

Dedico este Trabajo de Diploma a las personas que fueron mi inspiración para el logro de esta anhelada meta. Fueron ellas el soporte, la motivación, la sinceridad, el cariño y el entusiasmo que estuvo presente en cada momento para que no me rindiera y siguiera luchando por hacer realidad mi sueño, especialmente:

- A mis padres, por apoyarme de forma incondicional, por comprenderme, por dedicarme sus vidas, por brindarme su amor infinito, pues aunque ya no se encuentran a mi lado para compartir conmigo este triunfo, sé que desde el cielo me guiaron y hoy, están muy felices y orgullosos porque su niñita más pequeña inspirada en su ejemplo llegó a la tan anhelada meta. simplemente por ser mi inspiración les dedico este trabajo, es para ustedes, porque por ustedes he llegado hasta aquí.
- Al niño más revoltoso que existe en mi vida, esperando que este, mi más grande sueño alcanzado, le sirva de inspiración en su vida y se trace sus propias metas y luche incansablemente para lograrlas. Para ti Ale es este modesto obsequio.

### **Agradecimientos**

La gratitud es el más efectivo pago al esfuerzo ajeno, es reconocer que todo lo que somos es la suma del sudor de los demás. La palabra gracias tiene que salir del corazón para que en verdad cause efecto, por eso es necesario recordar con gratitud y sencillez a todas aquellas personas que aportaron su más sincero granito de arena, siempre válido y necesario. Llegue a todos mis más sinceros agradecimientos.

- A mi tutora Maylín por ofrecerme sus conocimientos y dedicarme parte de su valioso tiempo para el feliz término de este empeño.
- A mis Padres, aunque no estén a mi lado, por el amor y la educación que me dieron para enfrentar la vida.
- A mi hermana, que siempre fue mi luz y mi guía para tomar las decisiones más difíciles.
- A mis tíos María J. y Julio, pues supieron guiarme y aconsejarme como una hija, a mis primas Lismey y Lismeidy por estar siempre a mi lado cuando las necesité.
- A Leyo, mi incondicional amiga por confiar en mí, por tolerarme y darme aliento y apoyo en los momentos más tristes y a Lucy, la mejor persona que he podido conocer por acogermme como su otra niñita.
- A mi novio Yem, por apoyarme en todo momento, por siempre hacerme reír y por soportarme en esta etapa final; a sus padres Ileana y Ale por su cariño y ayuda desde que los conocí.
- A mi familia, Yoset, Gude, Alety, Yoan, pues de ellos nunca faltó la ayuda en los momentos necesarios.
- A Yoi, Indi, Anne, Norge, Lacha, Cali, Osva, por tener el mejor piquete del mundo, por quererme en todo instante.
- A Dayi, Betty, Lisi, Jorge por ser incondicionales y apoyarme siempre, aun en la distancia.
- A Dianita, Li, Juanita, Duni y mis primos Henri, Carlos, Palillo, Bony, Dariel por vivir momentos inolvidables y hacer de mí una mejor persona.
- A mis compañeros de aula y de dormitorio por darme la mano en esta difícil tarea y por ayudarme a superar todos mis temores.
- A Yuli, Yenia, Geidy, Ela, Yeinis, Ailen, Jorly, el mulato, Sandy, Alain, a los mejores humoristas de la UCLV(los Ale, Vítico, Leduan), Osmanito, Luisdy, Jose, Dayana, Giselle, , por compartir conmigo momentos tan importantes que nunca olvidaré, por haberme permitido pasar la experiencia más bella de vida. Sin ustedes nada hubiera sido posible.

- A Mili, Kenia, Yeny y Apochi, por el apoyo en los momentos difíciles y haberlos convertido en inolvidables.
- A Frank porque siempre confió en mí y por ayudarme a superar momentos muy triste de mi vida, al igual que Eru, Roge y los padres de mis amigos.
- A tres personitas que quiero mucho, Ale, Roci, Heila pues hacen que mis días tengan sentido.
- A mi familia y vecinos que de ellos nunca me faltó la ayuda cuando la necesité.
- A Ada Peña y Humbertico por extenderme las manos y facilitarme todos sus conocimientos en cuanto al tema de esta investigación.
- A los profesores de la Facultad por transmitir con amor sus conocimientos.
- A todos aquellos que participaron en la realización de este sueño, a toda la gente que me quiere, incluso a ti que ahora te acercas a este fruto, a todos Gracias.



*“...solo renuncian a la calidad los que no la poseen, ni tienen voluntad, ni talento para alcanzarla”.*

## **Resumen**

En Cuba el recurso natural agua es un recurso escaso, dada la disposición geográfica del país no hay condiciones para la existencia de grandes cuencas hidrográficas, según datos del PNUMA y la OMM del año 2011, Cuba exhibe uno de los valores más bajos de disponibilidad por habitante de todo el continente ( $1220 \text{ m}^3/\text{año}$  por habitante), la disponibilidad de este recurso para el desarrollo económico y social del país depende en gran medida del diseño eficiente que se realice de las redes de distribución y abasto del recurso así como de otras obras hidráulicas.

En correspondencia con lo anterior, el presente Trabajo de Diploma resume los resultados de una investigación que tiene como objetivo la aplicación de un procedimiento para la evaluación del impacto ambiental que posibilite la reducción de daños ocasionados por las acciones de proyectos hidráulicos, adaptado al contexto de las empresas de base tecnológica de producciones por proyecto tomando como objeto de estudio práctico la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulico de Villa Clara (EIPH VC). Con este fin se realizó una revisión bibliográfica abordando el tema del análisis de la fiabilidad ambiental. Para el desarrollo del trabajo se utilizó un procedimiento basado en una técnica de evaluación de impactos ambientales adaptado a las condiciones de la entidad objeto de estudio. Para la ejecución del procedimiento se utilizaron métodos ambientales y de expertos, y matrices de impacto ambiental como matriz de Leopold y Bartelle-Columbos. Como principales resultados se logró diseñar con ayuda de los expertos las matrices de identificación e importancia, para, de esta forma obtener los indicadores de alto impacto ambiental; se proponen, además, las principales acciones correctivas y preventivas ante estos impactos ambientales.

### Summary

In Cuba the natural resource water is a limited resource, given the geographic disposition of the country are no conditions for the stock of great hydrographic river basins, according to data of the UNEP and the OMM of year 2011, Cuba exhibits one of the lowest values of availability by inhabitant of all the continent (1220 m<sup>3</sup>/years by inhabitant), the availability of this resource for the economic and social development of the country depends to a great extent on the efficient design that is realized of the networks of distribution and supply of the resource as well as of other hydraulic works.

In correspondence with the previous thing, the present Diploma Work summarizes the results of an investigation that has like objective the application of a procedure for the evaluation of the environmental impact that makes possible the reduction of damages caused by the shares of hydraulic projects, adapted to the context of the basic companies technological of productions by project taking as object from practical study the enterprise of and investigation y project hydraulic of Villa Clara (EIPH VC). With this end was realized a bibliographical revision approaching the subject of the analysis of the environmental reliability. For the development of the work a procedure based on a technique of evaluation of environmental impacts adapted to the conditions of the organization was used study object. For the execution of the procedure were used environmental methods and of experts, and parent companies of environmental impact.

As main results were managed to design with the help of the experts the parent companies of identification and importance, to obtain the indicators of high environmental impact; and set out, in addition, the main remedial actions and preventive before these environmental impacts.

---

## Índice

Introducción:.....	1
Capítulo 1: Marco teórico- referencial de la investigación.....	4
1.1 Introducción. ....	4
1.2 Empresas de Base Tecnológica (EBT). Conceptos.....	4
1.2.1 <i>Características de las Empresas de Base Tecnológica</i> .....	5
1.2.2 <i>Particularidades de las Empresas de Base Tecnológica en Cuba. Empresas de proyectos e ingeniería.</i> ....	7
1.3 Fiabilidad en productos y servicios .Conceptos .....	7
1.3.1 <i>Fiabilidad en sistemas y proyectos hidráulicos</i> .....	8
1.3.2 <i>Fallos ambientales. Fiabilidad ambiental</i> .....	9
1.4 Metodologías para la evaluación de impactos ambientales .....	10
1.4.1 <i>Objetivos de un EsIA y etapas de un EsIA.</i> .....	11
1.4.2 <i>Metodologías de los Estudios de Impacto Ambiental (EsIA) en proyectos</i> .....	11
1.4.3. <i>Evaluación de impactos ambientales en las empresas estatales cubanas</i> .....	17
1.5. Sector Hidráulico en Cuba. EIPH.....	19
1.6 Conclusiones parciales .....	23
Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de impactos ambientales de proyectos hidráulicos. ....	26
2.1 Introducción .....	26
2.2 Procedimiento para la evaluación ambiental de proyectos hidráulicos .....	26
2.3. Conclusiones parciales.....	39
Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara. ....	40

3.1 Introducción .....	40
3.2 Caracterización general de la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara .....	40
3.2.1 Trayectoria y otros datos de interés. ....	41
3.3. Implementación del procedimiento para la evaluación ambiental de proyectos hidráulicos, específicamente en la EIPH de Villa Clara. ....	48
3.4 Conclusiones parciales .....	61
Bibliografía.....	64
Anexos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

### Introducción:

En Cuba el recurso natural agua es un recurso escaso, dada la disposición geográfica del país no hay condiciones para la existencia de grandes cuencas hidrográficas. Según datos del PNUMA y la OMM del año 2011, Cuba exhibe uno de los valores más bajos de disponibilidad por habitante de todo el continente (1220 m<sup>3</sup>/año por habitante).

La disponibilidad de este recurso para el desarrollo económico y social del país depende en gran medida del diseño eficiente que se realice de las redes de distribución y abasto del recurso así como de otras obras hidráulicas. Las Empresas de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos (EIPH) agrupadas en el Grupo empresarial GEIPI, adscritas al frente cubano de proyectos se dedican a la proyección y diseño de diferentes soluciones hidráulicas para garantizar que este recurso natural llegue a todos los lugares posibles, así como la proyección de instalaciones de saneamiento y reutilización de agua y entre otras obras. Este tipo de proyecto, más que ningún otro diseño constructivo tiene gran repercusión en la transformación del medio ambiente; ya sea positiva, cuando se realizan obras para el beneficio de la sociedad o para prevenir desastres naturales y negativa, cuando con la intervención del proyecto, ya como producto final, afecte la flora y la fauna del entorno. En los últimos tiempos se han reportado problemas ambientales en una de las zonas turísticas con mayor afluencia de turistas en el centro del país, el Cayo Santamaría, dado por fallos constructivos y de diseño en las Plantas de Tratamiento de Residuales (Las Dunas y La Estrella) causando destrucción ambiental en el ambiente costero y afectaciones a la flora y fauna del polo turístico, con el consiguiente deterioro del entorno. Estas obras fueron diseñadas por la empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara. Estos fallos “ambientales” pueden prevenirse desde el diseño de los productos finales realizando un análisis de los riesgos o posibles impactos ambientales.

La situación anteriormente planteada está estrechamente relacionada con la calidad de los productos que se ofrecen y la gestión empresarial en conjunto, ya que estas empresa pretende ser “empresas de clase” y líder en su sector y un requisito fundamental que se exige es el cuidado del medio ambiente y la capacidad de respuesta o recuperación que tenga la misma ante cualquier evento ambiental.

Por lo que se plantea como **problema científico** de esta investigación que la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara carece de un procedimiento para evaluar el impacto ambiental de los proyectos que analice los posibles riesgos ambientales a

los que va a estar sometido los productos finales que permita tomar acciones para proveer cualquier fallo de este tipo.

### **Hipótesis general de la investigación**

Contar en la Empresa de Investigación y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara (EIPHVC) con un procedimiento para evaluar los impactos ambientales a través de indicadores, lo cual contribuirá de manera positiva a disminuir los riesgos ambientales en las etapas constructivas de los productos finales.

Esta hipótesis quedara comprobada si:

- Se comprueba la factibilidad de aplicación del procedimiento en todas sus etapas.
- Se obtiene un grupo de Indicadores de alto impacto que permita prevenir los riesgos ambientales desde la etapa del diseño

### **Objetivo general**

Diseñar un procedimiento para evaluar los posibles impactos ambientales en los proyectos hidráulicos que contribuyan a la disminución de los riesgos ambientales

### **Objetivos específicos**

- Elaborar un marco teórico referencial a través de la revisión de bibliografía tanto nacional como internacional donde se traten los principios y conceptos de la problemática abordada para sustentar la investigación.
- Diseñar un procedimiento para la evaluación de impactos ambientales a través de indicadores en Proyectos Hidráulicos.
- Aplicar el procedimiento propuesto en la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara.

Para lograr los objetivos planteados se utilizan un grupo de herramientas que permitieron identificar los indicadores de alto impacto ambiental en los proyectos hidráulicos, dentro de los más utilizados podemos citar: métodos de selección basados en la opinión de expertos y métodos matriciales para evaluación de impactos ambientales como matriz de Leopold y método Bartelle Columbus

El presente Trabajo de Diploma quedó estructurada en tres capítulos; un Capítulo I, empleado para exponer la búsqueda bibliográfica realizada dando lugar al marco teórico-referencial originado en el proceso de la investigación, donde se exponen diferentes definiciones y criterios sobre las Empresas de Base Tecnológica (EBT), además se relacionan conceptos y métodos de diferentes autores referidos a la evaluación de impactos ambientales.

El Capítulo II ofrece el diseño metodológico del procedimiento propuesto para la evaluación del impacto ambiental, adaptado por la autora a las características de la entidad objeto de estudio, con el propósito de lograr un mayor entendimiento por parte del personal interesado.

Un Capítulo III destinado fundamentalmente a comprobar la hipótesis general planteada en el objeto de estudio práctico seleccionado (Empresa de Investigación y Proyectos Hidráulicos en Villa Clara), a través de la estrategia formulada para su comprobación. Posteriormente para dar fin a la investigación se brindan las conclusiones generales y recomendaciones además de un grupo de anexos para brindar información detallada y así facilitar la comprensión de la investigación.

## Capítulo 1: Marco teórico- referencial de la investigación

### 1.1 Introducción.

El objetivo de este capítulo es realizar un análisis y síntesis de la bibliografía, nacional e internacional más actualizada, referente a los temas seleccionados y aplicados al objeto de estudio práctico de esta investigación, adoptando una posición teórica, para esto se siguió una estrategia de revisión la cual se representa, de manera gráfica y sintética en la (figura 1.1).

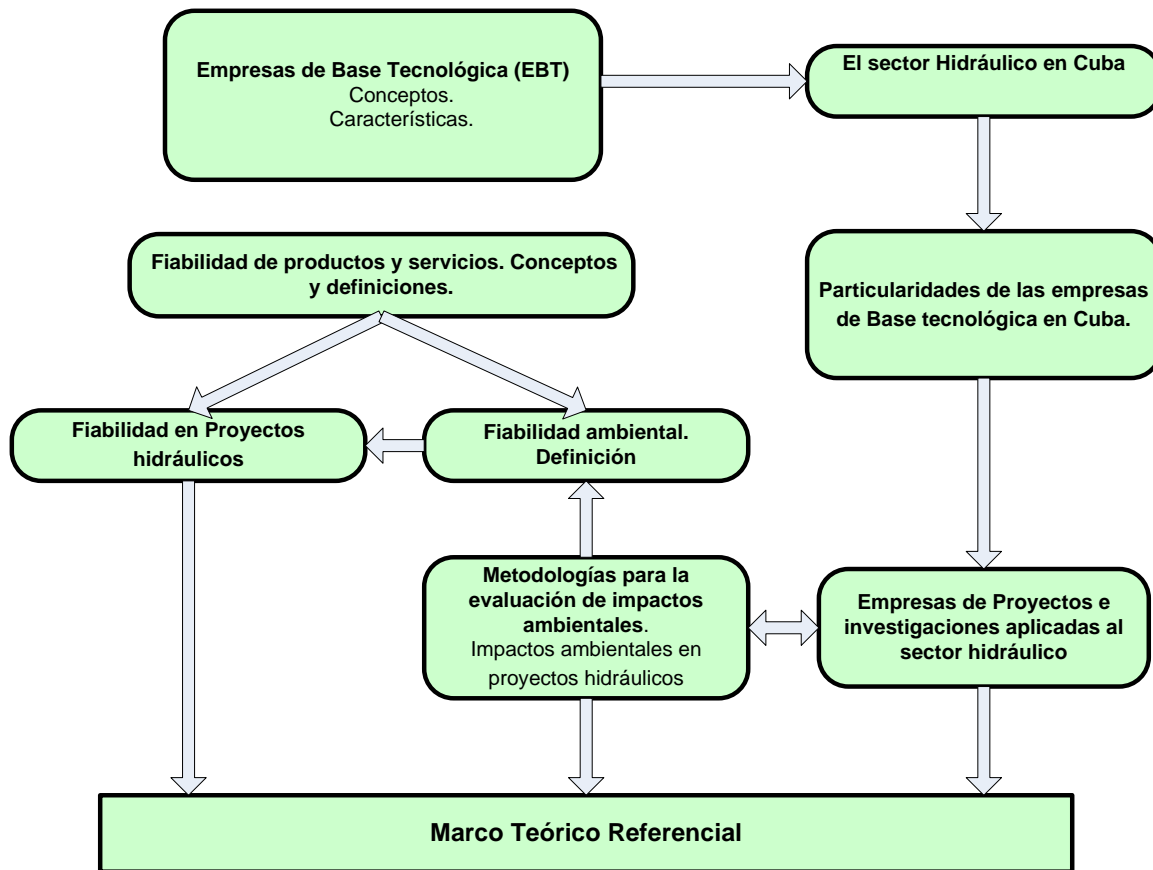


Figura 1.1: Hilo conductor del Marco teórico-referencial. Fuente: Elaboración propia.

### 1.2 Empresas de Base Tecnológica (EBT). Conceptos

La denominación de empresas de base tecnológica es un término que se refiere a un tipo de empresas que se ha venido desarrollando en la transición al nuevo ciclo del sistema capitalista a nivel mundial. Se basan en el dominio intensivo del conocimiento científico y técnico para mantener su competitividad según Simón Elorz (2006).

Estas empresas se caracterizan, a grandes rasgos, por basar su ventaja competitiva en el conocimiento científico y tecnológico, lo cual les permite generar una gran cantidad de productos y/o servicios innovadores según el grupo consultor de la Universidad Politécnica de Madrid. No se puede priorizar que detrás de este concepto se defina algo homogéneo y con características particulares. En apariencia es un concepto novedoso, pero en el fondo no expresa una categoría que pudiéramos definir de manera precisa. Esta es una de las principales dificultades que presenta el estudio de este tema

### **1.2.1 Características de las Empresas de Base Tecnológica**

La consultora Arthur D. Little (2006) define que para lograr ser una nueva empresa de base tecnológica debe cumplir los requisitos siguientes:

- Haber sido creada hace menos de 25 años
- Basar su negocio en la explotación de una invención que no ha sido totalmente desarrollada o que sea altamente arriesgada.
- Ser fundada por un grupo de individuos de perfil técnico (ingenieros o científicos)

Las Empresas de Base Tecnológica tienen dos componentes específicos que las identifican.

- En comparación con las grandes corporaciones, son empresas muy pequeñas que ocupan poco personal y que producen bienes y servicios con alto valor agregado.
- Tienden a relacionarse con las universidades, institutos o centros de investigación donde se desarrollan tecnologías en áreas de conocimiento similares a las que dichas empresas requieren para su desarrollo y actualización tecnológica. [Camacho et al, 1999]
- Mayor capacidad para incorporar nuevas trayectorias en la mejora de productos tradicionales, generando nuevos desarrollos de forma incremental. En este sentido, este nuevo tipo de empresas tiene una mayor capacidad para introducir rápidamente cambios en el diseño de productos y procesos, con nuevos rasgos en términos de tamaño, adaptabilidad y versatilidad. No existe la rigidez de la producción masiva.

Tiene un nuevo esquema organizativo. La organización tiende a la red integrada de los procesos, con énfasis en las conexiones y en los sistemas de interacción, y orientada a la coordinación tecno-económica global.

Las empresas de Bases Tecnológica se encuentran estrechamente conectadas con la Gestión tecnológica y la Innovación tecnológica.

**Gestión tecnológica:** Es una disciplina en desarrollo, reciente y heterogénea, que surgió como respuesta a la necesidad de las organizaciones empresariales de atender los requerimientos e impactos de los cambios provocados por la revolución científico-técnica en los últimos cuarenta años". (Medallón, 1995). Además, constituye una disciplina gerencial que vincula la investigación, la ciencia, la tecnología, la ingeniería y la administración, para desarrollar e implementar capacidades con la finalidad de conformar y llevar a cabo los objetivos estratégicos y operacionales de una organización. Se puede plantear que durante la más reciente etapa de búsqueda de perfeccionamiento de los procesos de generación, asimilación e implementación plena, en la producción y el mercado, de los nuevos conocimientos y tecnologías, en Cuba se ha introducido, con adecuada aceptación, el término gestión tecnológica entendido preferentemente en su acepción amplia.

Bases para la aplicación de las herramientas de la gestión tecnológica en Cuba

- La importancia del dominio tecnológico dentro de la estrategia general de las organizaciones
- Los cambios en el sector de la producción de bienes y servicios
- El sector de investigación y desarrollo cubano
- Los tipos de relaciones entre ambos sectores y las tendencias de las mismas

Las razones que dan Jones, Green y Coombs (1994), apud Medallón (1995), para que la gestión tecnológica se haya transformado en una disciplina gerencial distintiva:

- Mayor preocupación de los directivos por ser competitivos
- Creciente prominencia de la tecnología en la economía.
- Cambios en los ambientes de negocio.
- Reestructuración de las organizaciones.
- Mayor interés en el proceso de innovación tecnológica.
- Crecimiento de los gastos de I+D.

**Innovación tecnológica:** La innovación tecnológica es un proceso sicotécnico, que conjuga oferta y demanda en forma multidimensional y con presencia de conflictos. Representa y requiere un tipo especial de comunicación. En la estrategia de desarrollo del país, la innovación tecnológica es un proceso que va transcurriendo con nuevos enfoques, a tono con los también nuevos enfoques de dicha estrategia. (Sáenz, T. W.1995) En este proceso, la idea clave es ser cada vez más competentes. La innovación tecnológica se ha convertido en una necesidad y,

sobre todo, está actuando como factor limitante a la competencia y supervivencia para aquellas empresas que no incorporan dicho conocimiento.

### **1.2.2 Particularidades de las Empresas de Base Tecnológica en Cuba. Empresas de proyectos e ingeniería.**

En el nuevo siglo, y como ha sido planteado anteriormente, una de las tendencias más acentuadas en el sector empresarial a nivel mundial, es la creación y difusión de empresas de base tecnológica, donde la competencia distintiva y a la vez, la creación del valor para el cliente, está centrado cada vez más en el uso intensivo de la tecnología y el conocimiento, así como en la calidad de los servicios incorporados al producto. En Cuba donde el desarrollo del capital humano e intelectual es una prioridad para el país y a la vez una de sus fortalezas, no es ajena a esta tendencia y se potencia desde varios sectores prioritarios, un ejemplo sectorial con sus particularidades, lo constituye el sector hidráulico con su grupo de empresas de investigaciones y proyectos hidráulicos pertenecientes al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH) (Hernández Oro, 2010).

Estas empresas se dedican a la proyección y diseño de obras hidráulicas, a las que el país le está dando máxima prioridad en estos momentos, estas se encuentran agrupadas en el Grupo Empresarial de Investigaciones aplicadas y proyectos de ingeniería (GEIPI). Entre las características fundamentales que las diferencian como EBT son que más del 70 % de su capital humano es técnico, la relación **hombre : máquina** es de 1: 1.28 y que se trabaja sobre las fases iniciales del ciclo de vida del producto final, otras particularidades de este tipo de empresas más acentuadas dentro del sector hidráulico son que el gasto en salario es el componente principal del costo total (76 474.9 MP que representa el 60 %), un alto nivel de integración horizontal de tecnologías para obtener sus productos y el producto final está asociado a un fuerte impacto ambiental de ahí la importancia de esta investigación en función de lograr cuantificar este impacto.

### **1.3 Fiabilidad en productos y servicios .Concepto**

La ingeniería de fiabilidad es el estudio de la longevidad y el fallo de los equipos. Para la investigación de las causas por las que los dispositivos envejecen y fallan se aplican principios científicos y matemáticos. El objetivo estriba en que una mayor comprensión de los fallos de los dispositivos ayudará en la identificación de las mejoras que pueden introducirse en los diseños de los productos para aumentar su vida o por lo menos para limitar las consecuencias adversas

de los fallos. Por tanto, se concede mucha importancia al diseño de los productos o a su rediseño, con anterioridad a la fabricación o a la venta.

El concepto de fiabilidad tiene numerosas acepciones en la literatura actual, algunos autores coinciden en que es la probabilidad de que un dispositivo realice adecuadamente su función prevista a lo largo del tiempo, cuando opera en el entorno para el que ha sido diseñado. (J.A. 1995)

Otras de ellas recogidas en (Aggarwal 1993)

- La fiabilidad de un componente/sistema es la probabilidad de que el componente/sistema no falle en un tiempo.
  - Fiabilidad es la probabilidad de que un dispositivo opere sin fallos durante un período de tiempo con unas condiciones determinadas.
  - Fiabilidad es el tiempo medio de funcionamiento de un espécimen dado entre dos fallos.
  - Se denomina fiabilidad de un sistema a su capacidad para funcionar libre de fallos durante un período de tiempo bajo condiciones de operación dadas, y con una pérdida de tiempo mínima en mantenimiento preventivo y reparación.
  - La fiabilidad de un equipo es asumida arbitrariamente como la capacidad del equipo para mantener las propiedades adecuadas bajo unas condiciones específicas de operación y por un período de tiempo dado.

Siguiendo esta misma línea de razonamiento es posible definir la fiabilidad para sistemas hidráulicos, dada la importancia que tiene para la vida y desarrollo humano este recurso y por consiguiente los sistemas de distribución.

### 1.3.1 Fiabilidad en sistemas y proyectos hidráulicos

Algunas definiciones de fiabilidad en sistemas hidráulicos han sido las ofrecidas por Hashimoto et al (1982), los que definen tres conceptos:

**Fiabilidad:** frecuencia del fallo del sistema, valorada además en términos de número de fallos en componentes en un determinado período de tiempo y también en términos de la capacidad de entrega de caudales,

**Resiliencia:** Celeridad en la recuperación ante un fallo

**Vulnerabilidad:** Importancia de las consecuencias que puede tener el fallo Bouchart, *apud* Goulter (1987) propone algunas variantes a los conceptos anteriores:

De manera general los intentos por definir la fiabilidad en sistemas (redes) de distribución de agua han girado en torno a que la fiabilidad de una red de distribución de agua está

caracterizada como la medida del desempeño potencial de una red, y se garantiza en el proceso de diseño más que en la operación de la red por lo que las causas más probables de fallas son:

- Diseño pobre, relacionado *también* con la selección inapropiada de materiales y equipos que no son capaces de funcionar bajo las variadas condiciones incluyendo las *ambientales* en las que opera una red hidráulica
- Complejidad de los sistemas
- Pobre mantenimiento, los componentes de un sistema no son perfectos y por tanto fallarán, sin embargo su tiempo de vida puede ser incrementado mediante las reparaciones oportunas y aplicando una política de mantenimiento preventivo que puede alargar a su vez el tiempo entre fallos.
  - Fiabilidad humana, es imposible eliminar la implicación humana en el *diseño*, funcionamiento y mantenimiento de los sistemas, y por tanto, la contribución de los errores humanos en la fiabilidad de los sistemas
  - Catástrofes, producidos principalmente por fenómenos atmosféricos o sísmicos.

De ahí la necesidad de garantizar la fiabilidad desde el diseño de las redes hidráulicas por lo que resulta importante establecer una definición de la fiabilidad en la etapa de diseño o proyección de obras hidráulicas. Por lo que en el marco de la presente investigación se considera que la **fiabilidad de un proyecto hidráulico** es la probabilidad que un sistema distribución de agua falle por no considerar desde el diseño los **requerimientos tecnológicos** de cada producto, los **errores humanos** en esta etapa y por la inadecuada gestión del proyecto, al no tener en cuenta las **variables ambientales** bajo las que operara la red hidráulica.

En este concepto se destaca uno de los aportes fundamentales, la fiabilidad ambiental, relacionada con los posibles **fallos ambientales**. Este último componente será la contribución de la presente investigación a la modelación de la fiabilidad para los proyectos hidráulicos.

### **1.3.2 Fallos ambientales. Fiabilidad ambiental**

En consonancia con lo planteado en el epígrafe anterior es necesario establecer la definición de **fallos ambientales** los que se definen para esta investigación *como las alteraciones que se producen en un ecosistema que tienen una acción significativa sobre la calidad ambiental del entorno* como resultado de la proyección de una obra hidráulica en la que interviene como factor determinante el análisis de las variables ambientales de operación a las que estará

sometido el sistema de distribución de agua lo que influye de manera significativa en la selección de materiales para la construcción de la red.

Teniendo en cuenta el concepto anteriormente expuesto resulta pertinente establecer la definición de **fiabilidad ambiental** para el caso de los proyectos hidráulicos, el cual se propone como la probabilidad de trabajo sin fallo de un sistema hidráulico teniendo en cuenta desde el diseño del mismo la evaluación de las variables ambientales, que afectan significativamente el ecosistema donde se ubicara el sistema y la posible afectación de estas variables sobre el propio sistema hidráulico.

Para realizar la evaluación de las variables ambientales que afectan el ecosistema es necesario realizar un análisis y síntesis de las diferentes metodologías existentes con el fin de seleccionar la adecuada para la utilización en proyectos hidráulicos.

### 1.4 Metodologías para la evaluación de impactos ambientales

Una de las formas de determinar la acción y deterioro de determinadas variables ambientales es a través de la evaluación del impacto ambiental.

Por impacto ambiental se entiende el efecto que una determinada acción directa del hombre sobre el sistema natural produce sobre sus componentes (agua, suelo, flora, fauna, paisaje, etc.). Los efectos de esta acción pueden aplicarse sobre uno o varios componentes, modificando su estructura y/o función (Estruch García, 1992)

Los estudios de evaluación de impacto ambiental pueden ser descriptivos, cuando sólo proveen información sobre el sistema natural, o prescriptivos cuando, además de la información básica, alcanzan conclusiones sobre restricciones de usos. También pueden desarrollarse de manera cualitativa (Matriz de Leopold) o cuantitativa (Método del Instituto Batelle-Columbus) (Bolea, 1984) *apud* Martínez Carretero et al (1999)

La Evaluación de Impacto Ambiental comprende el estudio técnico que tiende a prevenir los efectos que las actividades humanas (en este caso, proyectos) pueden producir sobre el medio ambiente. Es un procedimiento técnico-administrativo-jurídico, analítico, que tiende a formar un juicio lo más objetivo posible sobre las consecuencias que pueden derivar de la ejecución de un determinado proyecto. La valoración del impacto ambiental es la etapa final del estudio ambiental y tiende a transformar las unidades heterogéneas, de cada variable analizada, en unidades homogéneas de impacto (Conesa Fernández et al., 1993).

La finalidad de estos estudios es que la autoridad de aplicación tome decisiones respecto a la conveniencia ambiental y social de la generación de nuevos proyectos en un determinado ámbito geográfico. Estos proyectos (que pueden abarcar la construcción de plantas de procesos químicos, obras de infraestructura, proyectos mineros, barrios de viviendas, etc.) tienen un común denominador: la obra en cuestión generará cambios irreversibles en el ambiente cercano y en las condiciones de vida de una sociedad. De allí la importancia del Estudio de Impacto Ambiental (EsIA), que debe presentarse a la autoridad de aplicación para que ésta, luego de analizarlo y, si corresponde, lo apruebe mediante la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), antes de que comiencen las obras.

### **1.4.1 Objetivos de un EsIA y etapas de un EsIA.**

Los objetivos que tienen los estudios de impactos ambientales

- Detectar, identificar y evaluar los impactos ambientales de un proyecto determinado;
- Proponer las medidas necesarias para remediar o mitigar los posibles efectos negativos del anteproyecto;
- Recomendar la implementación de acciones que permitan optimizar los impactos positivos.

Entre las etapas fundamentales de un EsIA

- 1) recopilación de la información
- 2) estudios de campo
- 3) desarrollo metodológico de la matriz
- 4) desarrollo teórico del estudio
- 5) recopilación y análisis de datos de base primarios y secundarios
- 6) análisis e implementación de matrices
- 7) análisis de impactos positivos y negativos
- 8) propuestas de mitigación de los efectos negativos
- 9) plan de gestión.

### **1.4.2 Metodologías de los Estudios de Impacto Ambiental (EsIA) en proyectos**

La cuestión ambiental se ha transformado en un eje transversal en los niveles de planificación y ejecución de proyectos de diferentes magnitudes y objetivos. Dado que todo proyecto genera cambios irreversibles en el ambiente (ecosistema) cercano; empleándose para ello, tradicionalmente, metodologías matriciales, las cuales constituyen la base para la aprobación o

no del proyecto por parte de la autoridad de aplicación, responsable de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).

La metodología a utilizar debe reflejar si existe o no impacto (positivo o negativo) sobre los factores ambientales (entre los cuales se incluye al hombre y su medio social) de las acciones del proyecto. Esta relación *causa-efecto* puede mostrarse en forma muy satisfactoria con un esquema de matriz, es decir, con un arreglo de filas y columnas que en su intersección reflejan numéricamente si existe incidencia de la causa sobre el factor (primera etapa) y luego su valoración ponderada de acuerdo con una escala arbitraria comparativa (segunda etapa). En efecto, las metodologías para un EsIA aceptadas por las autoridades son las que admiten funciones de utilidad y están plasmadas en una “matriz de impacto ambiental”.

La ventaja del uso de matrices en lugar de diagramas del tipo “espina de pescado” en estudios de impacto ambiental radica en que se hace una opción binaria de incidencia (Si/No) y luego se puede realizar un estudio cualitativo/ descriptivo de todas las intersecciones afirmativas, sin priorizar por diagramas de Pareto aquellas pocas causas que generan la mayor parte de los problemas, en este caso ambientales. Los problemas ambientales tienen un fuerte carácter de análisis subjetivo, mientras que los de calidad son totalmente asimilables a términos económicos. Por lo tanto, en un estudio de impacto ambiental es importante el análisis de cada incidencia, sin considerar su aporte en términos absolutos, los cuales presentan una complejidad extrema a la hora de su homogeneización en una escala numérica. A continuación se ofrecen un grupo de etapas consideradas básicas para evaluar el impacto ambiental las que aparecen en forma esquemática en la (figura 1.2).

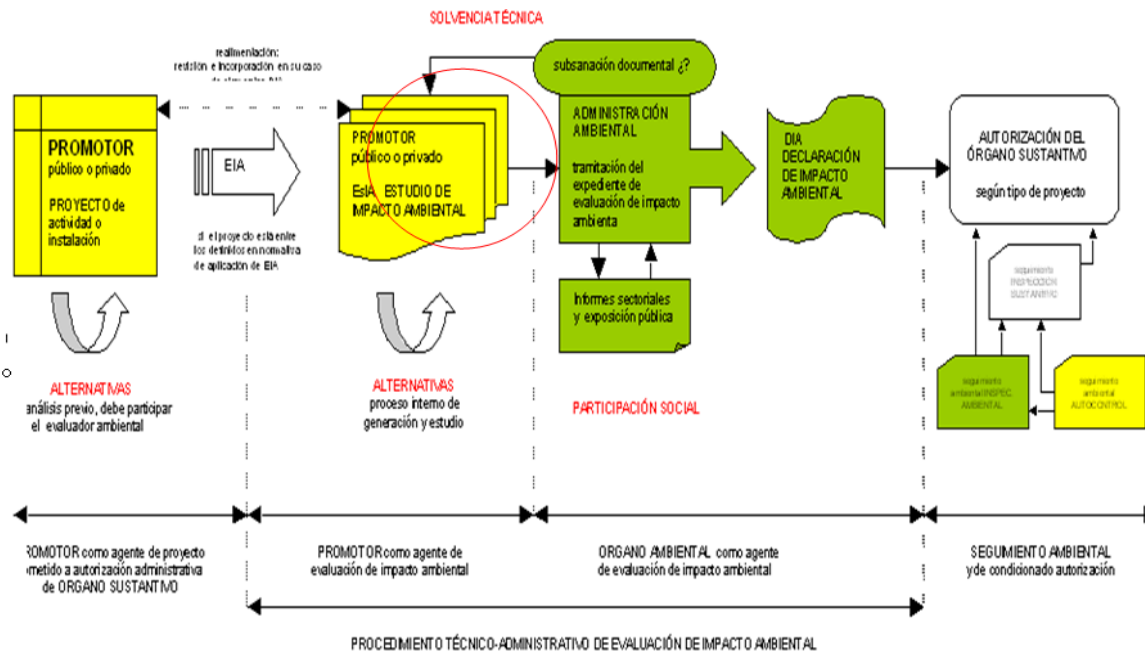


Figura 1.2: Metodología general para EIA. Fuente: Obras hidráulica y saneamiento.

Como se muestra en la figura 1.2, incluye dos grandes subfases:

(1) inventario ambiental y descripción de las interacciones ecológicas y ambientales clave; y (2) identificación y valoración de impactos.

Esta última, incluye el estudio de las interacciones entre las acciones derivadas del proyecto y las características específicas de los aspectos ambientales afectados en cada caso concreto. Se distinguen los efectos positivos de los negativos, los temporales de los permanentes; los simples de los acumulativos y sinérgicos; los directos de los indirectos; los reversibles de los irreversibles; los recuperables de los irrecuperables; los periódicos de los de aparición irregular; los continuos de los discontinuos. Se indican además, los impactos ambientales compatibles, moderados, severos y críticos que se prevean como consecuencia de la ejecución del proyecto.

En la valoración de efectos, cuantitativa, si fuese posible, o cualitativa, expresará los indicadores o parámetros, empleándose siempre que sea posible, normas o estudios técnicos de general aceptación, que establezcan valores límite o guía, según los diferentes tipos de impacto. Cuando el impacto ambiental rebasa el límite admisible, deberán preverse las medidas protectoras o correctoras que conduzcan a un nivel inferior a aquel umbral; caso de no ser posible la corrección o resultar afectados elementos ambientales valiosos, procederá la recomendación de la anulación o sustitución de la acción causante de tales efectos.

## *Capítulo 1: Marco teórico referencial de la investigación*

---

Se indicarán los procedimientos utilizados para conocer el grado de aceptación o repulsa de la actividad, así como las implicaciones económicas de sus efectos ambientales. Se detallarán las metodologías y procesos de cálculo utilizados en la evaluación o valoración de los diferentes impactos ambientales, identificados así como la fundamentación científica de esa evaluación. Se jerarquizarán los impactos ambientales valorados, para conocer su importancia relativa. Asimismo, se efectuará una evaluación global que permita adquirir una visión integrada y sintética de la incidencia ambiental del proyecto.

Para ello deben tenerse presentes los conceptos normativos de caracterización impactos que se han visto antes: carácter genérico; tipo de acción; duración; características espaciales; manifestación temporal, duración; reversibilidad, recuperabilidad, carácter acumulativo, necesidad de medidas correctoras, riesgo, magnitud, singularidad del recurso afectado, y significado del impacto.

En el contexto de los estudios de impacto ambiental uno de los más habituales y conocidos es el de Battelle-Columbus. Se basan en el modelo de decisión multicriterio. Es decir, buscan valores de variables relevantes, estandarizan estos valores a una escala común y otorgan pesos a cada variable.

De esta forma se obtienen indicadores agregados comparables entre proyectos o soluciones alternativas dentro de un proyecto. Esta evaluación global debe ser capaz de detectar el uso o abuso de clichés en la evaluación de impactos. Un comportamiento que resulta a veces de actos repetitivos o no sometidos a una reflexión suficiente. Puede ser que se subestimen o se sobreestimen distintos tipos de impactos, lo que llevaría a una evaluación descompensada.

El método Battelle-Columbus, permite medir el impacto ambiental de un determinado proyecto sobre el medio de acuerdo con la información aportada por los indicadores de impacto. El método de Battelle-Columbus es “el primer esfuerzo serio de valoración de impactos que ha servido de base a métodos posteriores”. Este método tiene en consideración cuatro grandes “categorías ambientales” que incluyen diferentes “componentes ambientales”, en un total de dieciocho. Las cuatro grandes categorías y los componentes ambientales que las conforman son: ecología (especies y poblaciones, hábitat y comunidades, ecosistema); contaminación (agua, atmósfera, suelo, ruido); aspectos estéticos (suelo, aire, agua, biota, objetos artesanales, composición), aspectos de interés humano (valores educacionales y científicos, valores históricos, sensaciones, estilos de vida).

El método consiste en una lista de indicadores de impacto con setenta y ocho parámetros o factores ambientales, que representan un aspecto del ambiente que puede considerarse por separado. La evaluación representa el impacto ambiental derivado de las acciones o proyectos. Los parámetros deben poder expresarse en unidades comparables (conmensurables), y en lo posible deben ser resultados de mediciones reales. Las características que deben presentar estos parámetros son: representar la calidad del medio ambiente, ser fácilmente medibles sobre el terreno, y responder a las exigencias del proyecto a evaluar. Los parámetros se miden según funciones de utilidad con unidades conmensurables, como se ha dicho, que los llevan a “unidades de impacto ambiental” (UIA). Para transformar parámetros en UIA deben transformarse los datos de parámetro a índice, ponderarse la importancia del parámetro y expresarse el impacto neto como resultado de multiplicar el índice de calidad ambiental por su índice ponderal. El índice de calidad ambiental es un número comprendido entre 0 y 1, representando este último el valor óptimo. Los valores intermedios definen los estados de calidad del parámetro. Las unidades de impacto ambiental se obtienen de operaciones elementales de sumas ponderadas. Se calculan las unidades de impacto ambiental netas de cada parámetro (UIA<sub>i</sub>) teniendo en cuenta que la unidad de impacto ambiental debida al proyecto es igual a la diferencia entre las unidades de impacto ambiental con el proyecto y sin el proyecto:

$$(UIA)_i \text{ (debido al proyecto)} = (UIA)_i \text{ (con proyecto)} - (UIA)_i \text{ (sin proyecto)}$$

La viabilidad del proyecto está basada en el cambio neto total. Si el valor del cambio neto total es positivo, el proyecto es viable. Considerando además que las UIAs evaluadas para cada parámetro son conmensurables, podemos sumarlas y evaluar el impacto global de distintas alternativas de un proyecto para obtener la mejor por comparación.

La principal ventaja de este método consiste en que para cada parámetro los valores pueden medirse en unidades de impacto ambiental, con proyecto y sin proyecto, lo cual permite el cálculo del impacto ambiental del mismo, pudiéndose comparar los impactos de distintas alternativas para la misma obra.

Como puede verse, ambas metodologías suponen que pueden sumarse numéricamente los impactos de situaciones diversas, lo cual es cuestionado por autores que utilizan métodos inconmensurables basados en objetivos múltiples<sup>9</sup>. Además, si bien los factores y las acciones tienen una asignación numérica también en ambas metodologías, dicha asignación tiene un componente subjetivo que está vinculado a la formación, a las posiciones, a los intereses, etc.,

de los miembros del equipo de profesionales, lo cual torna imposible que para un mismo proyecto y órgano receptor se obtengan los mismos resultados finales.

En la práctica, los equipos de investigación que realizan estudios de impacto ambiental se enfrentan con dos problemas: la falta de especialistas en todas las disciplinas que deberían estar involucradas en estos estudios, y la existencia de intereses personales o grupales que impidan la objetividad a la hora de la evaluación de los impactos (tanto positivos como negativos). Las soluciones a estos problemas pasan, naturalmente, por la conformación de equipos interdisciplinarios no involucrados de forma alguna en el proyecto y con experiencia en estudios anteriores.

El Método de Battelle-Columbus se ideó en origen para evaluación de proyectos de recursos hidráulicos o sea, ponderaciones hechas para este tipo de obras. Por tanto, si se modifica el proyecto, las ponderaciones han de ser diferentes.

Otro de los métodos matriciales para realizar EsIA es la denominada “Matriz de Interacciones de Leopold”, ésta es una matriz de interacción simple para identificar los diferentes impactos ambientales potenciales de un proyecto determinado. Esta matriz de doble entrada tiene como filas los factores ambientales que pueden ser afectados y como columnas las acciones que tendrán lugar y que pueden causar impactos. Luego de la depuración de la matriz de identificación (primera etapa) se obtiene la matriz de importancia (segunda etapa). Cada cuadro se divide en diagonal. En la parte superior se coloca la magnitud –M (extensión del impacto)–, precedida del signo “+” o bien “-”, según el impacto sea positivo o negativo respectivamente. La escala empleada incluye valores del 1 al 10, siendo 1 la alteración mínima y 10 la alteración máxima. En el triángulo inferior se coloca la importancia –I (intensidad)–, también en escala del 1 al 10. La ponderación es subjetiva pero debe hacerse con la participación de todo el equipo de especialistas para lograr la mayor objetividad posible. La suma por filas indica las incidencias del conjunto de acciones sobre cada factor, y por lo tanto su grado de fragilidad. La suma por columnas provee la valoración relativa del efecto que cada acción producirá, es decir, su agresividad.

En esta metodología, se utilizan dos tipos de matrices en etapas sucesivas de análisis:

- Matriz de identificación de impactos ambientales a partir de la relación entre las acciones del proyecto y los factores a ser evaluados. Estos factores se identifican previamente a partir de listas de chequeo o verificación, extractadas de la bibliografía y discutidas por todos

los profesionales que conforman el grupo de trabajo. Pueden realizarse algunos ajustes para su adaptación en proyectos diferentes.

- Matriz de importancia como primera valoración cualitativa de los impactos ambientales identificados sobre los diversos factores ambientales. Esta matriz permite valorar tanto la agresividad de las acciones como los factores ambientales que sufrirán en mayor o menor grado las consecuencias de la actividad en cuestión.

La principal ventaja de esta metodología consiste en la consideración de los posibles impactos y su importancia y magnitud respecto a los distintos factores ambientales. Además, permite el desarrollo de una matriz para cada subconjunto en el que pueda dividirse el proyecto. Las desventajas son que el carácter subjetivo de la valoración hace que sea de muy difícil reproducibilidad por parte de distintos equipos de profesionales, y que no tiene en cuenta los efectos sinérgicos entre factores ni la temporalidad de los efectos.

### ***1.4.3. Evaluación de impactos ambientales en las empresas estatales cubanas***

En las empresas estatales cubanas existen diferentes procedimientos para evaluar el impacto ambiental. Es importante destacar que estas evaluaciones se realizan después de desarrollado el producto o servicio (Alonso Domínguez, 2000).

- **Sistemas de Gestión ambiental**

La implantación de los Sistemas de Gestión Ambiental es la herramienta que asegura el desarrollo de las actividades productivas o de servicio en las entidades de una forma sostenible. Un SGA identifica políticas, procedimientos, y recursos para cumplir y mantener una gestión ambiental efectiva en una organización. Estos sistemas conllevan evaluaciones rutinarias de impactos ambientales, compromiso de cumplir con las leyes y regulaciones ambientales y oportunidades de continuar mejorando en cuanto al comportamiento ambiental. Hoy día consisten en la adopción voluntaria de planes más amplios, de plazo más largo y con un enfoque más preventivo, a la vez que se establecen estructuras en la gestión empresarial para asegurarse del cumplimiento de estos planes. Para lograr la implementación del SGA es necesario tomar medidas proactivas y no reactivas con relación a los efectos que la entidad ejerce sobre el medio ambiente, definiendo la Política Ambiental de la entidad, informándose, asesorándose y capacitándose en constante relación de trabajo con la Unidad de Medio Ambiente de la Delegación Territorial del CITMA, en todo lo relacionado al proceso.

Es fundamental conocer el estado del desempeño ambiental en que se encuentra la entidad con relación a los efectos que la entidad ejerce sobre el medio ambiente. Un nivel adecuado de conocimiento se logra mediante la realización del **diagnóstico ambiental**, lo que le permite reformular la Política Ambiental de la entidad y elaborar las Metas, Objetivos y un Plan de Acción Ambiental que mediante la implantación de un Sistema de Gestión Ambiental garantiza el mejoramiento sostenido con relación al efecto que sobre el medio ambiente ejerce la entidad. Es necesario, además, lograr el desarrollo de las actividades productivas o de servicios de la entidad de forma amigable con el medio ambiente y con los consiguientes beneficios para la sociedad y la economía.

Para comprobar que el SGA establecido asegura el mejoramiento continuo del desempeño ambiental de la organización es necesario conducir mediciones y supervisiones sistemáticas a través del establecimiento de:

- Indicadores del desempeño ambiental, que sean objetivos, medibles y reproducibles,
- Procedimientos que garanticen la calibración, mantenimiento de los instrumentos de medición, inspección y ensayo,
- Procedimiento de toma, conservación y transportación de muestras representativas, Procedimientos de ensayo y de análisis de los resultados.

Cada organización revisará y mejorará continuamente su SGA con el objetivo de hacer progresar su desempeño.

- **Auditoría Ambiental**

Una Auditoría Ambiental es el proceso de verificación, sistemático y documentado, que consiste en obtener y evaluar objetivamente evidencias de auditoría para determinar si las actividades, los incidentes, las condiciones y los sistemas de gestión ambiental especificados, o la información sobre estos temas, cumplen con los criterios de auditoría, y en comunicar los resultados de este proceso al cliente.

- **Inspección Ambiental Estatal.**

Esta metodología contiene las principales regulaciones ambientales y sanitarias vigentes en el país, cuyo cumplimiento debe ser evaluado por las autoridades encargadas de la Inspección Ambiental Estatal en las Delegaciones Territoriales del CITMA, a fin de otorgar para otorgar el Aval requerido por aquellas entidades que opten por el Reconocimiento Ambiental Nacional.

### **1.5. Sector Hidráulico en Cuba. EIPH**

En el período de 1961-1962, la escasez de lluvia provocó una gran sequía que influyó negativamente en la economía del país, demostrando la necesidad de trabajar de modo más acelerado en el desarrollo de una infraestructura hidráulica. Es precisamente en estos momentos que se crea el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), el 10 de agosto de 1962. Las dificultades con el abastecimiento de agua a las poblaciones, las grandes avenidas y desastres provocadas al año siguiente en 1963 por el ciclón Flora influyeron además en el desarrollo de una Conciencia Hidráulica. En el mes de mayo de 1969 se extingue el INRH y se crea el organismo Desarrollo Agropecuario del País (DAP), en el cual se concentró toda la actividad de investigación, proyectos y construcción de obras hidráulicas y viales. En este organismo se organiza el Grupo Hidráulico Nacional (GHN) para la atención al desarrollo de los recursos hidráulicos. En noviembre de 1976 desaparece el organismo DAP y se crea la Empresa de Proyectos de Obras de Ingeniería # 10 (EPOI # 10), perteneciente al MICONS. A finales de 1980 cambia su nombre a Empresa de Hidroeconomía, manteniendo su rango de empresa territorial de la región central con subordinación nacional. Cada una de ellas cumplía una función específica ajustada al momento histórico y según las posibilidades económicas y sus ideas de proyección desarrollaron determinadas obras hidráulicas de gran importancia para el país.

En la década de los 80 y adscrita al frente cubano de proyectos surgen las empresas de proyectos hidráulicos. Estas resultan de gran importancia para el desarrollo hidráulico, fundamentalmente, de la región central, pues brinda servicios de ingeniería y diseño que cubren la ingeniería especializada civil, hidráulica, mecánica y eléctrica y realiza los controles de los proyectos de inversión; brinda servicios de asesoría y consultoría vinculados a las actividades que realiza; lleva a cabo investigaciones básicas aplicadas a la ingeniería civil e hidráulica; efectúa estudios medio ambientales y de líneas base; elabora y comercializa de forma mayorista, los software aplicados. Realiza los principales programas alimentarios de la localidad. Permite el abasto de agua a la cayería norte de la provincia, proyecta sistemas de alcantarillados y abastos a polos turísticos ubicados en Trinidad y Varadero, a diferentes comunidades rurales y a las cabeceras municipales de las 3 provincias centrales. Proyecta pequeñas centrales hidroeléctricas conjuntamente con China. Traza proyectos de reconstrucción de obras hidráulicas, que han tenido alguna dificultad técnica como deslizamientos, grietas en las cortinas o movimientos del rajón, en presas como Lebrija, El

Salto, Galindo, Zaza, La Quinta, Minerva y Palmarito. Estos problemas han surgido producto de eventos extraordinarios (lluvias y vientos fuertes).

Hoy, Cuba ejecuta un amplio programa inversionista para aprovechar al máximo el importante recurso agua, donde estas empresas juegan un papel determinante en el diseño y proyección de estas colosales obras de ingeniería que son los trasvases:

- Los Trasvases Norte-Sur: el centro-oriente cubano es la zona que más azotan las sequías desde mediados del pasado siglo, con la paradoja de tener estas dos regiones las mayores y menores potencialidades hidráulicas del país. De aquí la estrategia de trasvasar agua de los sistemas montañosos Escambray (en el centro de la Isla) y Nipe-Sagua-Baracoa (en el extremo más oriental) a los llanos de las provincias de Sancti Spíritus, Ciego de Ávila, Camagüey, Las Tunas, Granma, Holguín.
- El Trasvase Centro-Este parte de la presa Agabama, en las estribaciones de la sierra del Escambray, al sur de la provincia de Sancti Spíritus, actualmente en construcción: que es el de mayor complejidad constructiva, llevará el agua de los ríos que nacen en el macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa, a las llanuras del centro y oeste de la provincia de Holguín, el norte y centro de la provincia de Las Tunas, el noroeste de la provincia de Camagüey y el norte y centro del valle del río Cauto, en la provincia de Granma
- El de menor extensión de canalización, pero muy complejo por los objetos de obras a ejecutar, es el Trasvase Norte-Sur, para conducir agua a través de dos sistemas hidráulicos: el de los ríos Toa-Yateras-Guaso, que trasvasará el preciado líquido desde el norteño río Toa, en las estribaciones del macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa, hasta la presa Yateras, al sur de la provincia de Guantánamo, y el otro sistema es el del río Sabanalamar-embalse Pozo Azul, en el municipio San Antonio del Sur.

Estas empresas además tienen la misión de proyectar y diseñar otras obras, más tradicionales entre las que se encuentran:

- Presas y Derivadoras: Vías que permiten regular las avenidas evitando las inundaciones y disponer del agua necesaria para los diferentes usos en el momento que necesite, posibilitando principalmente un mejor manejo del recurso en función de las necesidades.
- Canales Magistrales: Vía para poder conducir el agua hasta los lugares donde esta se va a utilizar, por gravedad a distintos lugares, a distintos usuarios y para distintos usos.

- **Sistemas de Riego y Drenaje:** Para lograr que las plantas reciban la cantidad de agua necesaria y en las frecuencias que estas demandan y poder hacer un uso racional del agua con que contamos, es necesario contar con los mecanismos necesarios para lograr estos objetivos, los Sistemas de Riego definen estas premisas. El Drenaje es la acción de dar cauce o de evacuar las aguas que se acumulan en un lugar determinado y que su presencia entorpece o altera el normal desempeño del medio donde estas se depositan, ya sea por inundaciones naturales o provocadas por la acción del hombre.
- **Estaciones de Bombeo:** Entrega del agua al usuario utilizando energía, para lograr la extracción y conducción del agua o para lograr las presiones necesarias en las tuberías.
- **Acueductos:** Forma en que se puede garantizar el suministro del agua a los diferentes asentamientos poblacionales, industrias, fábricas o cualquier usuario que necesite recibir de forma permanente, con la cantidad y calidad requerida el agua para el uso deseado.
- **Alcantarillados:** Vía para recolectar el agua que es desechada o que se bota después de su uso, e impedir de esa forma que se derramen de forma incontrolada y poder conducirlos a los lugares más apropiados.
- **Plantas de Tratamiento de Residuales:** El hombre le incorpora al agua ya utilizada gran cantidad de suciedad y de elementos contaminantes y no compatibles con la vida de los seres vivos, por lo que se hace necesario la purificación de esta agua antes de verterlas a los medios receptores.
- **Plantas Potabilizadoras:** Permiten a través de algunos procesos que las aguas en su estado natural tengan la calidad adecuada para el consumo.
- **Hidrodinámica costera:** Para poder minimizar el impacto que provoca las construcciones que el hombre realiza en estos medios, se hace necesario conocer el comportamiento del medio antes y después de las construcciones para de esta forma minimizar el impacto que provoca la obra, también podemos conocer el comportamiento de los contaminantes derramados en estos medios acuáticos y de esa forma poder tomar las medidas pertinentes para su control.
- **Mini y micro Centrales Hidroeléctricas:** La generación de energía alternativa en el mundo se ha convertido en estos tiempos en una necesidad imperiosa, si utilizamos la energía del agua podemos tener una fuente de generación alternativa y renovable, de gran valor económico y de menos agresividad al medio ambiente.
- **Pedraplenes:** El hombre por naturaleza necesita de la comunicación por lo que ha creado siempre las vías para poder comunicarse. Los caminos, carreteras son las formas más comunes de enlazar dos puntos para lograr la comunicación, nuestra empresa puede diseñar

cualquier tipo de vía, incluyendo aquellas más complejas como son los Pedraplenes, o carreteras que atraviesan medios acuosos como es el mar.

- Obras para la Acuicultura y el Camaronicultivo: Creación de estanques de agua que garanticen de forma intensiva la cría de camarones y otras variedades de peses.
- Plantas de Biogás: A partir del tratamiento de las aguas residuales se puede obtener el gas resultante de la descomposición de la materia orgánica que acompaña al agua residual y utilizarla para satisfacer necesidades del hombre, ya sea para la cocción de los alimentos o para alumbrado o otros fines donde se pueda utilizar esta energía.
- Diseño de Piscinas: Contamos con una metodología única que permite que nuestros diseños sean más atractivos y competitivos, logramos que los costos de explotación sean los mínimos y muy inferiores a otras piscinas de similares características.
- Programas de Computación: Contamos con un grupo de experimentados profesionales que pueden automatizar cualquier proceso, de forma minorista podemos comercializar software de la actividad.
- Topografía: Para distintos fines se hace necesario conocer la forma, las dimensiones y las medidas exactas del terreno donde pretendemos construir o utilizar para darle algún uso, la topografía se encarga de llevar al papel la representación exacta tanto en el plano vertical como horizontal del lugar deseado por nosotros.
- Hidrología: Para poder utilizar de forma óptima y racional el agua que se encuentra en la superficie de la tierra y poder contrarrestar los efectos de las avenidas provocadas por intensas lluvias, es necesario conocer el comportamiento del agua en la superficie de la tierra y de esta en forma general en todo el ciclo donde participa.
- Geología: Para acometer cualquier construcción es indispensable conocer las características del subsuelo, requisito determinante para poder adoptar las soluciones constructivas adecuadas y hasta poder determinar la factibilidad o no de poder hacer el tipo de construcción que deseamos, así como buscar materiales locales y naturales idóneos para la solución que se proponga.
- Hidrogeología y Calidad del Agua: permite conocer los lugares más probables de existencia del agua, y como podemos acceder a estas, así como la Calidad del Agua es la que nos permite conocer si esta reúne los requisitos para el uso que se le pretende dar.
- Geofísica: Existen diferentes tipos de suelos dado por sus características propias, determinado por el origen de estos, y en la forma en que se crearon, estas diferencias hacen que se comporten o respondan de forma diferente ante ondas, impulsos magnéticos o descargas eléctricas que se apliquen a este suelo,

- **Agrología:** los agricultores no siempre consiguen obtener el máximo rendimiento en sus cosechas, motivado por distintos factores, por lo que es necesario estudiar las características del suelo para de esa forma saber el tipo de cultivo más apropiado, los nutrientes que son necesarios incorporarle, poder diseñar los regímenes de riego, la rotación apropiada de cultivos, evitar erosiones, drenajes efectivos.
- **Perforación Rotaria:** para poder estudiar y conocer las características del subsuelo es necesario acceder a éste, mediante equipos que barrenan el suelo hasta cientos de metros y extraen muestras del material existente (rocas o no) que son analizadas en nuestro laboratorio especializado para estos fines, la perforación se utiliza en la búsqueda de agua, búsqueda de materiales de construcción, estudios de cimentaciones, búsqueda de yacimientos de minerales, y como una alternativa en la construcción de pozos de pequeños abastos de agua.
- **Estudios de Factibilidad y Diseño,**
- **Consultantes:** conocimientos especializados de cualquiera de los servicios que se presta, ya sea en la rama hidráulica o en las Investigaciones aplicadas.
- **Proyectos de explotación:** La eficiencia de un equipo, una instalación o una obra casi siempre está determinada por la forma lógica o la secuencia eficaz de los procesos a realizar,
- **Seguridad e Inspección:** La vida útil de una obra o equipo se puede hacer más duradera si los especialistas en ese tipo de obra o equipo pueden analizar periódicamente su estado o comportamiento durante la explotación y recomendar las acciones preventivas más convenientes a seguir para evitar las roturas o su destrucción.
- **Administración de Proyectos:** las modalidades posibles en la administración de la inversión, asumimos de forma total hasta su puesta en marcha o Llave en Mano la ejecución de cualquier obra, garantizando todas las etapas, documentación, suministros, construcción, puesta en marcha y recepción.

### **1.6 Conclusiones parciales**

1. Las Empresas de Base Tecnológica se distinguen por basar su actividad en las aplicaciones de nuevos descubrimientos científicos o tecnológicos, y producen bienes y servicios con alto valor agregado.
2. La EIPH VC es una empresa de base tecnológica con la particularidad que ofrece el contexto social cubano de la empresa estatal socialista ya que para la concepción, diseño y desarrollo de sus productos, los cuales tienen un alto nivel de intangibilidad, se

requiere de un uso intensivo de las tecnologías disponibles; aún así, basan sus diseños en el cuidado y preservación del medio ambiente.

3. En la literatura revisada se constata la existencia de un grupo de métodos para la evaluación ambiental de proyectos, pero no se encontró ninguna evidencia de aplicación práctica en el contexto empresarial cubano.
4. El estudio de la fiabilidad ambiental, constituye un paso de gran importancia en empresas de proyectos para evitar el riesgo que puede traer consigo los impactos ambientales en este tipo de producto desde su etapa de diseño.



## **Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de impactos ambientales de proyectos hidráulicos.**

### **2.1 Introducción**

En la actualidad todos los sistemas se diseñan, fabrican, funcionan y trabajan, para realizar una cierta función, cumplir con una determinada misión, o mantener un determinado activo. En consecuencia deben mantener su integridad física, funcional, representativa, durante su vida previsible útil, o de servicio, con una fiabilidad determinada. Esta fiabilidad determinada es la que denominamos fiabilidad admisible. (Arribas de Paz R; Ruiz-Frutos 2004). Esto no excluye a los productos que poseen un alto grado de intangibilidad, que a su vez manejan recursos naturales, que transforman el medio ambiente y que definen una etapa fundamental del ciclo de vida de los productos finales, los proyectos hidráulicos son un ejemplo de lo anterior.

La variable ambiental y sus impactos en este tipo de productos es un elemento causal de fallo, propiamente fallo ambiental, por lo que en este capítulo se diseña un procedimiento para evaluar el impacto ambiental de proyectos hidráulicos en Cuba, tomando como base, la metodología básica para la evaluación de impactos ambientales y teniendo en cuenta además las diferentes regulaciones vigentes en el país en materia ambiental. En la **(Figura 2)** se describe de manera sintética el procedimiento para el cálculo de fiabilidad ambiental de los proyectos hidráulicos.

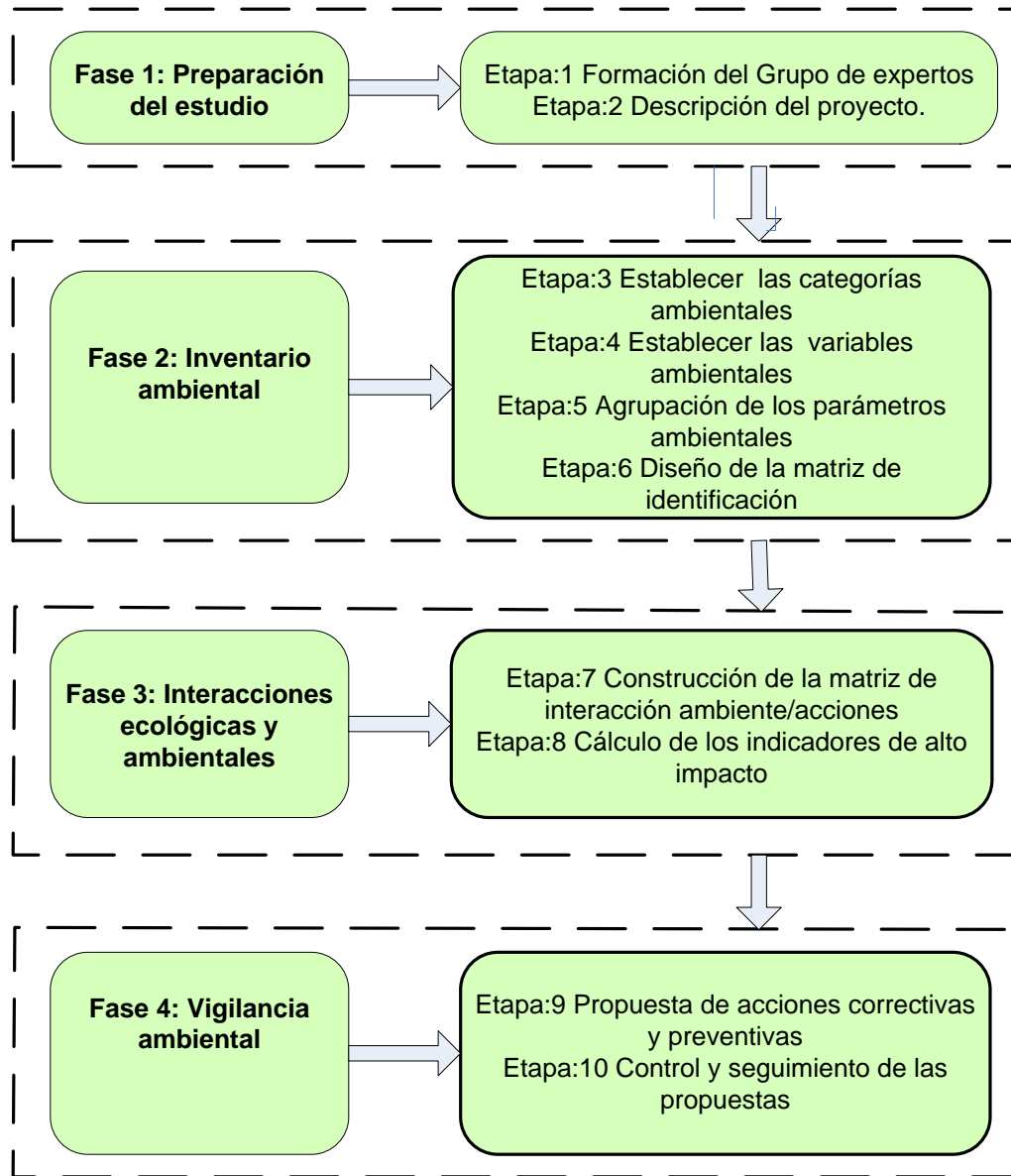
Se decide por parte de la autora de esta investigación no aplicar de manera íntegra el Método Batelle Columbus, el cual está diseñado para evaluar la factibilidad de los proyectos hidráulicos y en su lugar lograr una combinación en una de las etapas de otro de los métodos antes mencionados, la Matriz de Leopold, ya que la aplicación total del primero resulta engorrosa, extensa y de poca aplicación en el contexto empresarial, sobre todo por la cantidad de variables que analiza, de ahí la novedad de esta investigación.

### **2.2 Procedimiento para la evaluación ambiental de proyectos hidráulicos**

El procedimiento que se propone está constituido por cuatro (4) fases generales y diez (10) pasos/etapas que las componen, las cuales se detallan a continuación.

## Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de impactos ambientales de proyectos hidráulicos

**Fase 1. Preparación del estudio.** Esta fase está compuesta por dos etapas donde el objetivo fundamental de ambas es gestionar los recursos (materiales, humanos e informativos) necesarios para el estudio.



**Figura 2.1:** Procedimiento para la evaluación ambiental de proyectos hidráulicos. **Fuente:** Elaboración propia.

- Etapa 1. Formación del grupo de expertos.

## *Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de impactos ambientales de proyectos hidráulicos*

---

En esta etapa se conforma el grupo de trabajo, donde como premisas para integrarlo resultan, el conocimiento de temas ambientales así como de los productos y procesos fundamentalmente de las etapas y actividades de puesta en ejecución de las obras. Por lo que se propone para seleccionar a los posibles expertos y demostrar la veracidad de la investigación y de las propuestas el método Hurtado de Mendoza (2003) basado en los coeficientes de competencias. Este método nos permite consultar un conjunto de expertos para validar la propuesta sustentada en sus conocimientos, investigaciones, experiencia, estudios bibliográficos. Permite a los expertos analizar el tema, sobre todo si no hay posibilidades de que lo hagan de manera conjunta. Esta vía se caracteriza por permitir el análisis de un problema complejo dando independencia a los participantes. Siempre se comienza este proceso enviando un modelo a los posibles expertos con una explicación breve sobre los objetivos del trabajo y los resultados que se desean obtener.

La secuencia establecida es la siguiente:

1. Se establece contacto con los expertos conocedores y se les pide que participen en panel.
2. Se envía un cuestionario a los miembros del panel y se les pide que den su opinión en los temas de interés.
3. Se analizan las respuestas y se identifican las áreas en que están de acuerdo y en las que difieren.
4. Se manda al análisis resumido de todas las respuestas a los miembros del panel, se les pide que llenen de nuevo el cuestionario y den sus razones respecto a las opiniones en que difieren.
5. Se repite el proceso hasta que se estabilizan las respuestas.

### **Selección de los expertos.**

Uno de los problemas principales es decidir quienes son los expertos o conocedores del tema a analizar.

## Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de impactos ambientales de proyectos hidráulicos

Pasos a seguir para la selección de los expertos :

1. Confeccionar un listado inicial de personas posibles de cumplir los requisitos para ser expertos en la materia a trabajar.
2. Realizar una valoración sobre el nivel de experiencia que poseen, evaluando de esta forma los niveles de conocimientos que poseen sobre la materia. Para ello se realiza una primera pregunta para una autoevaluación de los niveles de información y argumentación que tienen sobre el tema en cuestión.

En esta pregunta se les pide que marquen con una X (**Tabla 2.1**), en una escala creciente del 1 al 10, el valor que se corresponde con el grado de conocimiento o información que tienen sobre el tema a estudiar.

3. A partir de aquí se calcula fácilmente el **Coefficiente de Conocimiento o Información** ( $K_c$ ), a través de la siguiente fórmula:

$$K_c = n(0,1) \quad (2.1)$$

Donde:

$K_c$ : Coeficiente de Conocimiento o Información

$n$ : Rango seleccionado por el experto

**Tabla 2.1:** Relación de expertos

No	Nombre y apellidos	Cargo ocupacional	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**Fuente Hurtado de Mendoza (2003)**

4. Se realiza una segunda pregunta (**Tabla 2.2**) que permite valorar un grupo de aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar.

## *Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de impactos ambientales de proyectos hidráulicos*

**Tabla 2.2:** Fuente de argumentación o fundamentación de los expertos.

<b>Fuentes de argumentación o fundamentación</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
Análisis teóricos realizados por usted			
Su experiencia obtenida			
Trabajos de autores nacionales			
Trabajos de autores extranjeros			
Su conocimiento del estado del problema en el extranjero			
Su intuición			

**Fuente. Hurtado de Mendoza (2003)**

5. Aquí se determinan los aspectos de mayor influencia. A partir de estos valores reflejados por cada experto en la tabla se contrastan con los valores de una tabla patrón (**Anexo1**)

6. Los aspectos que influyen sobre el nivel de argumentación o fundamentación del tema a estudiar permiten calcular el **Coefficiente de Argumentación** (Ka) de cada experto:

$$K_a = \frac{1}{6} (n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6) \quad (2.2)$$

Donde:

Ka: Coeficiente de Argumentación

n<sub>i</sub>: Valor correspondiente a la fuente de argumentación i (1 hasta 6)

7. Una vez obtenido los valores del **coeficiente de conocimiento** (Kc) y el **Coefficiente de Argumentación** (Ka) se procede a obtener el valor del **Coefficiente de Competencia** (K) que finalmente es el coeficiente que determina en realidad que experto se toma en consideración para trabajar en esta investigación. Este coeficiente (K) se calcula de la siguiente forma:

$$K = 0,5 (K_c + K_a) \quad (2.3)$$

Donde:

K: Coeficiente de Competencia

## Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de impactos ambientales de proyectos hidráulicos

---

Kc: Coeficiente de Conocimiento

Ka: Coeficiente de Argumentación

8. Posteriormente obtenido los resultados se valoran de la manera siguiente:

$0,8 < K < 1,0$  Coeficiente de Competencia Alto

$0,5 < K < 0,8$  Coeficiente de Competencia Medio

$K < 0,5$  Coeficiente de Competencia Bajo

9. El investigador debe utilizar para su consulta a expertos de competencia alta, no obstante puede valorar si utiliza expertos de competencia media en caso de que el coeficiente de competencia promedio de todos los posibles expertos sea alto, pero nunca se utilizará expertos de competencia baja.

- Etapa 2. Descripción del proyecto

Una vez elegido y preparado el grupo de trabajo es necesario seleccionar el proyecto o producto a evaluar y luego se recaba toda la información del mismo, para poder llevar a cabo los estudios ambientales, sobre todo esto es necesario para definir en etapas posteriores las variables ambientales y parámetros y además las acciones a ejecutar en las etapas de diseño y constructivas.

**Fase 2. Inventario ambiental.** Esta fase está compuesta por cuatro etapas, su objetivo es establecer las categorías y variables ambientales, para de esta forma agrupar los parámetros, con la idea de diseñar y aplicar las matrices de identificación e importancia.

- Etapa 3 y 4. Establecer las categorías y las variables ambientales.

Estas etapas se solapan ya que las categorías y variables ambientales se suelen definir de manera conjunta por su relación. Basándose en la bibliografía y la consideración de los expertos se determinan las categorías y variables ambientales. Para esto se seleccionan las categorías y variables ambientales que define el Método Bartelle-Columbus para proyectos hidráulicos, tal como se expone en la (Tabla 2.3).

## Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de impactos ambientales de proyectos hidráulicos

Estos aspectos se ponen a consideración de los expertos para seleccionar las variables y parámetros ambientales en cada proyecto.

**Tabla 2.3:** Relación de categorías y variables ambientales.

Categorías ambientales	Variables ambientales
Ecología	Especies y poblaciones.
	Hábitat y comunidades.
	Ecosistemas.
Contaminación	Agua.
	Atmósfera
	Suelo.
	Ruido.
Aspectos estéticos	Suelo
	Aire.
	Agua
	Biota.
	Objetos artesanales.
	Composición.
Aspectos de interés humano	Valores educacionales y científicos.
	Valores históricos.
	Culturales.
	Sensaciones.
	Estilos de vida.

**Fuente.** Elaboración propia a partir de Bartelle Columbus (=)

- Etapa 5. Agrupación de los parámetros ambientales.

En esta etapa se agrupan los parámetros ambientales que componen las variables mencionadas en la etapa anterior, también como define Bartelle-Columbus, esto se describe en la (Tabla 2.4).

## *Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de impactos ambientales de proyectos hidráulicos*

**Tabla 2.4:** Descripción parámetros por variable ambiental.

VARIABLES.	Parámetros ambientales
Especies y poblaciones.	Pastizales, praderas y cosechas.
	Especies, aves y vegetación acuáticas.
	Vegetación naturales terrestres.
	Especies terrestres
	Aves de caza comercial
	Pesca comercial y deportiva
Hábitat y comunidades	Identificación y descripción de habitantes de interés comunitario.
	Estudio de monitorización.
Tierra	Recursos minerales
	Materiales de construcción.
	Suelos.
	Geomorfología
	Campos magnéticos y radioactividad de fondo.
	Factores físicos singulares.
Agua	Superficiales.
	Marinas.
	Subterráneas.
	Temperatura.
	Recarga.
	Nieve, hielos y helados.
Atmósfera	Calidad (gases, partículas).
	Clima (micro, macro).
	Temperatura.
Procesos	Inundaciones.
	Erosión.
	Deposición (segmentación y precipitación).
	Compactación y asientos.
	Estabilidad.

## *Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de impactos ambientales de proyectos hidráulicos*

	Sismologías(terremotos)
Condiciones biológicas	
Flora	Arboles
	Arbustos.
	Cosechas.
	Microflora.
	Plantas acuáticas
	Especies en peligro.
	Barreras, obstáculos.
	Corredores.
Fauna	Aves.
	Animales terrestres
	Peces y mariscos
	Organismos bentónicos
	Insectos
	Microfauna
	Especies en peligro
	Barreras
	Corredores
Factores culturales	
Usos del territorio	Espacios abiertos y salvajes
	Zonas húmedas
	Selvicultura
	Pastos
	Agricultura
	Zona residencial, comercial e industrial
	Minas y canteras
Recreativos	Caza
	Pesca
	Navegación
	Zona de baño
	Excursión

## *Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de impactos ambientales de proyectos hidráulicos*

	Zonas de recreo
Estéticos y de interés humano	Vistas panorámicas y paisajes
	Naturaleza
	Espacios abiertos
	Paisajes
	Agentes físicos singulares
	Parques y reservas
	Monumentos
	Especies o ecosistemas especiales
	Lugares u objetos históricos o arqueológicos
	Desarmonías
Nivel cultural	Modelos culturales (estilos de vida)
	Salud y seguridad
	Empleo
	Densidad de población
Servicios e infraestructura	Estructuras
	Red de transportes(movimientos, accesos)
	Red de servicios
	Disposición de residuos
	Barreras
	Corredores
Relaciones ecológicas	Salinización de recursos hidráulicos
	Eutrofización
	Vectores , insectos y enfermedades
	Cadena alimentarias
	Salinización de suelo
	Invasión de malezas

**Fuente. Elaboración propia a partir de Bartelle Columbus (año)**

## Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de impactos ambientales de proyectos hidráulicos

---

- Etapa 6. Diseño y aplicación de la matriz de identificación acciones

Con los parámetros ambientales definidos en las etapas anteriores se diseña la matriz de identificación de parámetros ambientales con el objetivo de estratificar los parámetros que verdaderamente afectan el medio ambiente a causa del producto que se pretende desarrollar.

Esta matriz se construye impactando los 75 (setentaicinco) parámetros que identifica el método Bartelle-Columbus y las acciones específicas durante las etapas de diseño y constructivas del proyecto (producto) analizado. (**Figura 2.2**). En esta etapa los expertos deben identificar de acuerdo a sus conocimientos y experiencias los parámetros ambientales significativos, que en el marco de esta investigación la autora los define con la variable F. a los expertos se les pide que emitan su juicio de acuerdo a la significación del parámetro ambiental, si es significativo, 1 y si no consideran que sea significativo, 0 y se diseña a estos efectos una escala discreta para la selección de estos, calculando a través las expresiones 2.4 y 2.5.

$$(n/2+1)(1) < F \leq n(1) \text{ Parámetro ambiental significativo} \quad (2.4)$$

$$(n)(0) < F < (n/2)(1) \text{ Parámetro ambiental no significativo} \quad (2.5)$$

Donde:

n: Número de expertos.

**Fase 3. Interacciones ecológicas y ambientales.** Esta fase está compuesta por dos etapas, su objetivo fundamental es determinar las intersecciones ecológicas y ambientales a través de las matrices de identificación de impactos ambientales y el cálculo de los indicadores de alto impacto aplicando diferentes técnicas con el objetivo de una vez identificados los riesgos ambientales pueda ser minimizado su efecto a mediano y largo plazo.

- Etapa 7. Construcción de la matriz de importancia parámetro ambiental/acción

Para la construcción de la matriz de parámetro ambiental/acción se utiliza una aproximación a la matriz de Interacciones propuesta por Leopold, ésta es una matriz de interacción simple para evaluar los diferentes impactos ambientales potenciales de un proyecto determinado.

## Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de impactos ambientales de proyectos hidráulicos

Luego de la depuración de parámetros ambientales significativos (F) de la matriz de identificación (Etapa 6) se diseña esta matriz de importancia. Cada cuadro se divide en diagonal. En la parte superior se coloca la magnitud –I (extensión del impacto) –, precedida del signo “+” o bien “-”, según el impacto sea positivo o negativo respectivamente. La escala empleada es la que propone Leopold (**Anexo2**)

De esta forma, una vez calculadas todas las intersecciones correspondientes a esta matriz, puede obtenerse la importancia total de cada efecto, así como también la importancia del grado de afectación de cada parámetro ambiental analizado

		Etapa de diseño		Etapa de construcción										
		Investigación aplicada al diseño	Solicitud de licencias	Solicitud de microlocalización.	Crear facilidades temporales	Desbroce	Abrir frentes de cantera de arcilla-rocoso	Acarreo de materiales	Generación de residuos sólidos	cons	truc	cion	Movimiento de maquinaria pesada	Derrames accidentales
		A1	A2	A3	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
Especies y poblaciones	Pastizales, praderas y cosechas.	F1												
	Especies, aves y vegetación Acuáticas.	F2												
	Vegetación naturales terrestres.	F3												
	Especies terrestres	F4												
Recursos minerales		F9												
Materiales de construcción.		F10												

**Figura 2.2:** Matriz de identificación .Fuente: Elaboración propia basado en la matriz de Leopold

La principal ventaja de esta metodología consiste en la consideración de los posibles impactos y su importancia y magnitud respecto a los distintos factores ambientales.

Las desventajas son que el carácter subjetivo de la valoración hace que sea de muy difícil reproducibilidad por parte de distintos equipos de profesionales, y que no tiene en cuenta los efectos sinérgicos entre factores ni la temporalidad de los efectos.

## Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de impactos ambientales de proyectos hidráulicos

---

- Etapa 8. Cálculo de los indicadores de alto impacto

El objetivo fundamental de esta etapa es el cálculo de indicadores de alto impacto de acuerdo a la escala propuesta por Leopold y la expresión (2.6).

$$I = \pm (In + Ex + Mo + Pe + Rv + Ce) \quad (2.6)$$

Donde:

In: Intensidad

Ex: Extensión

Mo: momento

Pe: persistencia

Rv: recuperabilidad

Ce: certidumbre

De esta forma, una vez calculadas todas las intersecciones correspondientes a cada matriz, puede obtenerse la importancia total de cada efecto, así como también la importancia del grado de afectación de cada factor analizado. Si bien esta valoración es numérica, se parte de la asignación cualitativa de un valor en el cálculo. Como ya se ha dicho, las filas de las matrices presentan el parámetro Ambiental significativo (F), que es el elemento del ambiente susceptible de ser afectado por el Proyecto, y las columnas, la Acción de Proyecto (A), es decir, la actividad correspondiente al proyecto para su puesta en marcha. La interacción entre ambos, parámetro ambiental y acción, es lo que conforma el impacto.

Para seleccionar los indicadores de alto impacto se construye la escala por criterios a través de las expresiones de la (2.7 a la 2.12) considerando en el marco de esta investigación como indicadores de alto impacto los impactos perjudiciales.

$$(n/2+1)(8) < \text{Intensidad} \quad (2.7)$$

$$(n/2+1)(6) < \text{Extensión} \quad (2.8)$$

$$(n/2+1)(3) < \text{momento} \quad (2.9)$$

$$(n/2+1)(3) < \text{persistencia} \quad (2.10)$$

## Capítulo 2: Procedimiento de evaluación de impactos ambientales de proyectos hidráulicos

---

$(n/2+1)(3)$ <recuperabilidad (2. 11)

$(n/2+1)(2)$ <certidumbre (2.12)

**Fase 4. Vigilancia ambiental.** Esta fase está compuesta por dos etapas, su objetivo principal es proponer acciones correctivas y preventivas una vez determinado los impactos de las acciones de los proyectos sobre los parámetros ambientales de alto impacto y de esta forma proponer un plan de mejoras del proyecto.

### 2.3. Conclusiones parciales

1. El procedimiento general propuesto constituye una solución metodológica para evaluar el impacto ambiental de los proyectos hidráulicos, identificando las variables ambientales significativas que más inciden en el ecosistema donde se intervendrá con el proyecto, lo que permite minimizar el riesgo de afectación.
2. En las fases de inventario ambiental e interacciones ecológicas del procedimiento general se combinaron dos técnicas conocidas, matriz de Batelle Columbus y matriz de Leopold, lo que contribuye a facilitar la evaluación y análisis de los impactos ambientales.
3. Con el fin de reducir las variables ambientales a un grupo de parámetros significativos se proporcionan un grupo de expresiones matemáticas, lo cual es una contribución novedosa de esta investigación a la evaluación de impactos ambientales en proyectos del tipo hidráulicos.

### **Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara.**

#### **3.1 Introducción**

En este capítulo se pretende caracterizar de manera general la empresa objeto de estudio, es decir, la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara, en cuanto a aspectos tales como organización general, principales productos, los servicios de ingeniería y consultoría que brinda, los principales clientes y proveedores, la composición de los trabajadores por categoría ocupacional, la documentación que soporta el sistema de calidad en la empresa e implementar el procedimiento propuesto de evaluación ambiental de proyectos hidráulicos seleccionando uno de los productos principales de la empresa.

#### **3.2 Caracterización general de la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara.**

La empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara (EIPH VC) pertenece orgánicamente al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos (INRH), el cual rige la actividad por medio de las delegaciones territoriales creadas al efecto. Esta se encuentra ubicada en la ciudad de Santa Clara y está integrada por varias Direcciones y Unidades Empresariales Básicas (UEB) (**Anexo 3**). Clasificada como una Empresa media por la cantidad de cargos y de trabajadores, su actividad fundamental se encuentra enmarcada dentro del objeto social para el cual fue creada.

**Objeto Social.** La Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Villa Clara fue aprobada por la **Resolución No. 17** del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de fecha 30 de septiembre de 1989, sin que en ese momento se le hubiera definido su objeto social, cuya oficialización le fue solicitada al Ministerio de Economía y Planificación a través del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, y aprobada mediante la Resolución 92/2001 para surtir efecto a partir del 1 de Enero del propio año, siendo la siguiente:

## *Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*

---

- Brindar servicios de ingeniería y diseño que cubran la ingeniería especializada civil, hidráulica, mecánica y eléctrica y realizar los controles de los proyectos de inversión.
- Ofrece servicios de asesoría y consultoría vinculados a las actividades que realiza.
- Realizar investigaciones básicas aplicadas a la ingeniería civil e hidráulica.
- Efectuar estudios medio ambientales y de líneas base.
- Producir y comercializar, de forma mayorista, software aplicados.

### **3.2.1 Trayectoria y otros datos de interés.**

En sus 11 años de existencia aproximadamente, la trayectoria de esta Empresa ha sido la de resolver los proyectos de la especialidad de hidráulica en todo el territorio que atiende en el centro del país, así como otros de nuestra nación. De igual forma, sus profesionales han desempeñado satisfactoriamente sus funciones en el ámbito internacional, a través de Técnica Hidráulica S.A., ganándose el reconocimiento de varios países donde han desarrollado su trabajo.

Los objetivos generales de la EIPH Villa Clara, acordes con la Misión y propuestos en la Visión de la misma, son:

La EIPH VC, con resultados eficientes en la prestación de servicios de asesoría, consultoría, investigaciones y proyectos de obras hidráulicas, satisface las necesidades de sus clientes y presume por tener las características siguientes:

- Está inmersa en los pasos para la implantación del Perfeccionamiento Empresarial, como sistema de mejora continua.
- Se utiliza la dirección estratégica como herramienta de trabajo.
- Posee un personal altamente calificado y capacitado en las últimas técnicas de investigación y diseño.

## *Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*

---

- Existe seriedad y responsabilidad en el cumplimiento de sus compromisos, así como una excelente calidad técnica en los trabajos que ejecuta.
- Una estructura adecuada y flexible, donde los trabajadores se sienten comprometidos y estimulados por los resultados de su trabajo.
- Se trabaja en la mejora y adecuación del Sistema de Calidad implantado y su certificación, lo cual posibilitará un mayor nivel de gestión.
- Se cuenta con equipamiento tecnológico que permite garantizar la calidad de los trabajos que realiza.

Los servicios de ingeniería y consultoría que la EIPH Villa Clara brinda, son los siguientes:

### • **Procesos tecnológicos.**

- Estudios de preinversión.
- Estudios de prefactibilidad.
- Estudios de factibilidad.
- Anteproyectos.
- Proyectos de construcción (básica y de detalle).

### • **Tecnologías especializadas.**

<b><i>Investigaciones aplicadas</i></b>	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Estudios de hidrología de superficie y subterránea.</li><li>➤ Estudios topográficos.</li><li>➤ Estudios ingeniero-geológico.</li></ul>
---	--

*Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*

	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Estudios geotécnicos.</li> <li>➤ Estudios agroeconómicos y edafológicos.</li> <li>➤ Estudios Geofísicos.</li> <li>➤ Impacto ambiental.</li> </ul>
<b>Proyectos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Hidrotécnicos.</li> <li>➤ Riego y Drenaje (gravedad, mecanizado, localizado, aspersión).</li> <li>➤ Abasto de agua (doméstico e industrial).</li> <li>➤ Disposición de residuales (doméstico e industrial).</li> <li>➤ Plantas Potabilizadoras y Tratamiento de Residuales.</li> <li>➤ Estaciones de bombeo.</li> <li>➤ Hidromecanismos de obras hidráulicas.</li> <li>➤ Proyectos de PCHE y MCHE.</li> <li>➤ Plantas de Biogás.</li> <li>➤ Pedraplenes.</li> <li>➤ Obras de Arquitectura.</li> <li>➤ Software de aplicación.</li> </ul>
<b>Técnico – Administrativo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Control de calidad.</li> </ul>

## *Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*

	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Administración de proyectos.</li><li>➤ Asesoría y peritajes especializados.</li><li>➤ Inspección de obras.</li><li>➤ Dirección facultativa de obras.</li><li>➤ Control de inversiones.</li></ul>
--	--

### •Otros servicios afines.

- Presas y Derivadotas
- Canales Magistrales
- Sistemas de Riego y Drenaje
- Estaciones de Bombeo
- Acueductos
- Alcantarillados
- Plantas de Tratamiento de Residuales
- Plantas Potabilizadoras
- Hidrodinámica costera
- Mini y micro Centrales Hidroeléctricas
- Pedraplenes
- Obras para la Acuicultura y el Camaronicultivo
- Plantas de Biogás
- Diseño de Piscinas
- Programas de Computación
- Topografía
- Hidrología
- Geología
- Hidrogeología y Calidad del Agua
- Geofísica
- Agrología
- Perforación Rotaria
- Ecología y Medio Ambiente

### *Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*

---

- Estudios de Factibilidad y Diseño
- Consultantes
- Proyectos de explotación
- Administración de Proyectos:

Los **principales proveedores** que cubren nuestras necesidades técnico – materiales son:

- UDP.
- DIVEP-SIME.
- EMSUNA.
- CUBAHIDRÁULICA.
- FIMELSA.
- COPEXTEL S.A.
- GASES INDUSTRIALES.
- TECNOTESE-GEOCUBA.
- UNIÓN NACIONAL DE PROYECTOS.

Los Principales clientes a los cuales prestamos nuestros servicios especializados son:

- DPRH Villa Clara.
- DPRH S. Spíritus.
- DPRH Cienfuegos.
- DPRH Ciego de Avila.
- Pescapir.
- Interpez.
- CENHICA.
- DPAA Villa Clara. DPAA S. Spíritus.
- DPAA Matanzas

### *Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*

---

- Gerencia Cubanacán.
- Rumbos.
- UM 9300.
- Serv. Comunales Caibarién.
- Serv. Comunales Santa Clara.
- Serv. Comunales Villa Clara.
- MININT.
- EAA Varadero.
- DPAA Cienfuegos.
- ALMEST.
- ECI No. 5.
- MINAGRI          Villa          Clara

### Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara

La Empresa tiene el 100% de sus trabajadores sindicalizados en 7 secciones sindicales y un Buró; 74 militan en las filas del PCC, distribuidos en 4 núcleos, con un Comité y un núcleo independiente. También tiene un Comité de Base de la UJC en Villa Clara, con 11 militantes.

La composición de los trabajadores, por categoría ocupacional se muestra en la (**Tabla 3.1**):

**Tabla 3.1:** Categorías ocupacionales.

CATEGORIA	CANTIDAD	
	APROBADA	CUBIERTA
<i>Obreros</i>	190	156
<i>Técnicos</i>	334	271
<i>Especialistas</i>	45	41
<i>Administrativos</i>	34	36
<i>Servicios</i>	51	41
<i>Dirigentes</i>	9	9
<i>Total</i>	663	554

**Fuente. Sistema de Gestión de Calidad EIPH-VC**

El sistema de calidad, es la herramienta que la dirección utiliza para lograr niveles de organización y de gestión competitivos, lo cual logra definiendo responsabilidades, delegando autoridad en los trabajos y depositando la confianza necesaria en el desempeño de las funciones, para ello se ha establecido un sistema de capacitación de manera permanente que mantiene y renueva los niveles de competencia laboral y se crean condiciones de trabajo que les permitan emplear al máximo sus capacidades.

## *Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*

### **3.3. Implementación del procedimiento para la evaluación ambiental de proyectos hidráulicos, específicamente en la EIPH de Villa Clara.**

Para evaluar el impacto ambiental de los proyectos hidráulicos se utiliza el procedimiento explicado en el capítulo anterior. Se pretende implementar de manera íntegra este procedimiento en la EIPH de Villa Clara mediante el análisis de cada una de sus etapas.

#### ***Fase 1. Preparación del estudio.***

- Etapa 1. Formación del grupo de expertos.

Para la selección de los expertos se utiliza el método Hurtado Mendoza (2003), para el cual es necesario un listado oficial de los posibles trabajadores que pueden formar parte del grupo de expertos como se muestra en la (**Tabla 3.2**)., así como los coeficientes de Conocimiento, Argumentación e Importancia para determinar los expertos necesarios para esta investigación(**Tabla 3.3**)

**Tabla 3.2** Listado de posibles expertos

No	Nombre y apellidos	Cargo ocupacional	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Ada Peña Garcia	Gestora ambiental										X
2	Tania Batista Molina	Esp.Ppal.grupo Calidad.								X		
3	Lucrecia Vazquez	Esp. Medio Ambiente										X
4	Amarilis Herrera Molina	Esp.planta tratamiento residuales.									X	
5	Roberto Cabrera	Esp. Geología									X	
6	Javier Acosta Peña	Esp. Geología									X	
7	Juan C. Cardenas	Esp. en Estructura				X						
8	Mirelis Gonzalez	Esp.acueducto-alcantarillado			X							
9	Diana Hernandez Perez	Esp.acueducto-alcantarillado			X							
10	Yanet Llanes Pozo	Esp.acueducto-alcantarillado			X							

*Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*

---

11	José Bermúdez Garcia	Esp.planta tratamiento residuales.																X
12	Elizabeth Rangel	Esp. presas																X
13	Omar Reyes Correa	Esp. Mecánico			X													
14	José L. Peñate Soto	Esp. Medio Ambiente																X

**Fuente .Elaboración propia**

**Tabla 3.3:** Coeficientes para la determinacion de los expertos para trabajar en esta investigación.

No	Kc	Ka	K
1	1.0	1.0	1.0
2	0.8	0.9	0.85
3	1.0	1.0	1.0
4	0.9	1.0	0.95
5	0.9	1.0	0.95
6	0.9	1.0	0.95
7	0.4	0.5	0.45
8	0.3	0.4	0.35
9	0.3	0.4	0.35
10	0.3	0.4	0.35
11	0.9	1.0	0.95
12	0.9	1.0	0.95
13	0.2	0.3	0.25
14	1	1	1

**Fuente. Elaboración propia**

## *Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*

---

De los 14 candidatos se seleccionan 9 expertos, los que su coeficiente de competencia (K) se encuentra en el intervalo 0.8-1, es decir alto, por lo tanto, la información ofrecida por los expertos será confiable.

- Etapa 2. Descripción del proyecto

La EIPH VC realiza diferentes productos como: Canales Magistrales, Sistemas de Riego y Drenaje, Estaciones de Bombeo, Acueductos, Alcantarillados, Mini y micro Centrales Hidroeléctricas, Pedraplenes, Obras para la Acuicultura, Plantas de Biogás, Presas y Derivadoras, entre otras. Para la investigación se escoge el producto “presas” pues es el diseño constructivo mas agresivo al medio ambiente, se destruyen ecosistemas naturales, áreas boscosas y suelo, después de construida interrumpe el ciclo hidrológico-natural, los hábitat naturales de animales de esos lugares; pero a su vez es el más vendido , el personal de la empresa tiene mayor experiencia en este tema y es muy beneficioso para la sociedad, ya que controla y previene inundaciones , constituye reservas de agua y permite el desarrollo de otras actividades económicas.

### ***Fase 2. Inventario ambiental.***

- Etapa 3,4 y 5. Establecer las categorías, las variables ambientales y agrupación de los parámetros ambientales.

Primeramente se determinan las categorías, luego las variables ambientales que corresponden con las mismas (Tabla 2.3); finalmente se agrupan los parámetros ambientales los cuales se identifican en el método de Batelle-Columbus (Tabla 2.4). Con estos últimos se elabora la matriz de identificación.

- Etapa 6. Diseño y aplicación de la matriz de identificación

Para la construcción de la matriz de identificación (Anexo 2) de interacción ambiente/acción se tienen en cuenta los parámetros ambientales(filas) los cuales suman setenticinco (75) y las acciones(columnas) que se realizan durante la ejecución de los proyectos de la EIPH de Villa Clara, específicamente el producto presas.

### *Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*

---

En la etapa de diseño se encuentran: **Investigación aplicada al diseño**, en la cual se realiza un reconocimiento topogeodésico, geológico, estudios para construcción de la obra; este agrada directamente al medio ambiente; las **solicitudes de licencias medioambientales** y de **micro localización** donde se le hacen consultas al Minint, FAR, RR.HH, y al Citma para establecer los límites del diseño y finalmente el **diseño** del producto, el cual realizan los especialistas con las investigaciones aplicadas al mismo.

En la etapa de construcción se encuentran: **crear facilidades temporales** donde se encuentran el parque de vehículos, albergues, talleres de mantenimiento entre otras instalaciones necesarias para la creación de la obra; **Desbroce** donde se elimina la vegetación, parcial o total; **abrir frente de cantera de arcilla y rocoso**; **acarreo de materiales**, el cual se realiza de forma constante; **generación de residuos sólidos**; Construcción (**cantera, aliviaderos, toma de agua**); **movimiento de maquinaria pesada**; **derrames accidentales**; **construcción de caminos y viales** y **construcción de las zonas de préstamo**.

#### ***Fase 3. Interacciones ecológicas y ambientales.***

- Etapa 7 y 8. Construcción de la matriz de importancia de interacción ambiente/acción y el cálculo de los indicadores del alto impacto

Para la construcción de la matriz de importancia (Anexo 5) se tienen en cuenta las interacciones de la matriz de identificación, donde, los nueve expertos exponen el nivel de importancia a través de la expresión (2.6), la escala propuesta por Leopold (Anexo 4) y "+" o "-" según el impacto. Una vez calculada todas las interacciones correspondientes a esta matriz puede obtenerse la importancia total de los expertos, así como el grado de afectación de cada parámetro ambiental analizado a través de las expresiones (2.4 y 2.5).

Para la selección de los indicadores de alto impacto se construye la escala por criterio a través de las expresiones (2.7 a 2.12) y se considera en el marco de esta investigación como indicadores de alto impacto los impactos perjudiciales, siendo el límite inferior para impactos perjudiciales **-137.5**, donde, los valores mayores al mencionado, constituyen los indicadores de alto impacto; los cuales deben ser analizados con mayor énfasis durante las etapas de diseño y construcción.

A manera de ejemplo se escoge la interacción del parámetro ambiental significativo

### *Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*

---

(pastizales, praderas y cosechas) y la acción (investigación aplicada al proyecto) se obtiene, que el impacto es perjudicial (-) y la sumatoria de los valores de importancia de los expertos es 127 y como este es menor que el límite establecido no se considera un indicador de alto impacto.

$$\Sigma I = 12 + (14) + (16) + (16) + (14) + (14) + (12) + (15) + (14) = 127$$

$$127 < 137$$

Las demás interacciones/acciones se calculan de forma análoga.

El resumen de las interacciones entre las acciones del proyecto y los parámetros ambientales significativos (F), se muestran en la Figura 3.1, observándose que los principales indicadores de alto impacto son: *suelo, contaminación atmosférica (calidad de gases y partículas), disposición de residuos sólidos, vegetación, y con menos intensidad afectación a las aguas (subterráneas)*; las acciones que más impactan sobre el medio son: *la investigación aplicada al proyecto y la creación de las zonas de préstamo.*

#### Fase 4. Vigilancia ambiental.

Para desarrollar la fase de vigilancia ambiental, una vez obtenidos los parámetros ambientales significativos y las acciones o actividades en el proceso de diseño que más inciden en la futura proyección de la obra hidráulica, se propone de conjunto con el grupo de expertos y con la supervisión de la alta dirección, un plan de acciones preventivas para minimizar o atenuar el riesgo ambiental.

### *Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*

	Investigación	Crear facilidad	Desbroce	Abrir frentes c	Acarreo de m	Canteras	Aliviaderos	Toma de agua	Movimiento d	Derrames acc	Construcción acceso
Pastizales, praderas y cosechas.											
Vegetación naturales terrestres.	-145		-156			-139					-141
Especies terrestres						-141					
Recursos minerales						-138					
Suelo	-140			-138	-141	-145				-143	-139
Geomorfología	-141										
Superficiales.	-139										
Subterráneas.	-138							-145		-140	
Calidad (gases, partículas).	-146		-138		-139	-141			-139	-151	-145
Nivel sonoro	-139					-141			-142		-138
Árboles	-146	-142	-157			-138	-138				-146
Arbustos.			-145								
Animales terrestres	-140										
Zonas húmedas				-138							
Pastos	-138		-142	-139							-138
Agricultura	-138		-139								
Naturaleza						-143				-145	
Disposición de residuos	-138				-139					-139	-139
Salinización de suelo					-138					-140	
Invasión de malezas							-139				

**Figura 3.1:** Indicadores de alto impacto. Fuente: Elaboración propia

- Etapa: 9 Propuesta de acciones correctivas y preventivas

Una vez establecidos los indicadores de alto impacto, es necesario proponer acciones correctivas y preventivas, con el fin de disminuir el impacto negativo de las acciones del producto presas sobre el medio ambiente (**Tabla 3.4**)

**Tabla 3.4:** Acciones correctivas y preventivas ante los impactos ambientales.

Impacto Ambiental	Acciones
<b>Parámetro ambiental significativo: Suelo</b>	

*Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*

---

Disminución potencial del uso del suelo.	<p>Preservar y reponer la capa vegetal al concluir su utilización. Aprovechamiento del área para usos socioeconómicos o ambientales</p> <p>Clasificar por tipos todos los desechos sólidos de las Obras, depositar en las excavaciones de las canteras los biodegradables.</p> <p>Preservar y reponer la capa vegetal al concluir su utilización. Aprovechamiento del área para usos socioeconómicos o ambientales.</p>
Cambios en la topografía del área	<p>Suavizar los taludes y recuperar la calidad visual; soluciones de drenaje y aprovechamiento del entorno topográfico y relleno con material producto de las excavaciones de la obra.</p> <p>Dar solución al cause de los drenajes naturales afectados.</p>
Compactación de los suelos	<p>Clasificar por tipos todos los desechos sólidos de las Obras, depositar en las excavaciones de las canteras los biodegradables.</p> <p>Restringir las acciones al área proyectada</p>
Contaminación del suelo y del manto freático.	<p>No depositar residuos de materiales de las impermeabilizaciones y hormigones asfálticos, recipientes con residuos químicos, pinturas, pigmentos, combustibles, etc.</p> <p>Traslado de la Cocina – Comedor y los baños</p>

*Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*

---

	<p>hacia otra edificación con condiciones favorables.</p> <p>Inspección sistemática de los almacenes de combustibles, construcción de cubetas y redes recolectoras de goteos.</p>
Disminución de la capacidad de autodepuración de los suelos.	Impedir que en la excavación se depositen los materiales no biodegradables como: metales, nylon, plásticos, mantas asfálticas, pinturas, residuos peligrosos, etc.
Contaminación del suelo y pérdidas económicas	<p>Utilización en otros objetos de Obra del material sobrante, no depositarlo en los alrededores de la Obra.</p> <p>Almacenamiento correcto en la Obra de los áridos según las Normas Técnicas, cumplir con el Proyecto de organización de Obra.</p>
Contaminación del suelo y creación de lodos que dificultan las maniobras de los camiones.	Preparar el acceso de los camiones de suministro con pavimento y drenaje adecuado desde las plantas procesadoras.
Contaminación del suelo.	<p>Priorizar la clasificación, almacenamiento y recogida de desechos sólidos de la Obra en el menor tiempo posible.</p> <p>Preparar el material ajustado al volumen necesario para cada labor.</p> <p>No permitir el derrame de basuras fuera del área destinada a este fin en el Proyecto de Organización de Obra.</p>
Hundimiento del terreno natural.	Utilización correcta de las dosificaciones para los rehincho en las excavaciones.

*Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*

---

Afectación a la topografía y el paisajismo.	Restablecer las condiciones iniciales.
<b>Parámetro ambiental significativo: Contaminación atmosférica (calidad de los gases y partículas)</b>	
Contaminación atmosférica y afectaciones a la salud por emisión de polvos y ruidos.	<p>Depositar los escombros extraídos en vertederos o lugares autorizados, y/o reutilización en rellenos y no obstruir drenajes superficiales.</p> <p>Disminución de emisión de polvo con el humedecimiento de las áreas de trabajo, uso de medios de protección individuales del personal expuesto y elaboración del plan de protección al medio ambiente en obras.</p>
Contaminación del aire por el polvo generado al descargar materiales de grano fino en obra.	Tapar la carga durante la transportación, almacenamiento bajo techo y con flujo correcto de ventilación, evitando su esparcimiento por la Obra.
Contaminación del aire.	Priorizar la recogida de los desechos sólidos de la Cocina – Comedor y los baños, y su traslado al vertedero.
Generación de Ruidos excesivos y vibraciones.	Utilización de técnicas amortiguadoras de vibraciones. Respeto del Radio sanitario para su ubicación. Disposición teniendo en cuenta la Rosa de los Vientos.
Contaminación Atmosférica.	<p>Disposición teniendo en cuenta la Rosa de los Vientos. Concentración de las emisiones producto de la combustión en la menor cantidad de puntos posibles (Chimeneas).</p> <p>Realización de Voladuras controladas, utilización de sustancias explosivas poco</p>

*Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*

---

	contaminantes.  Mantenimiento de la Laguna
Afectación a la salud humana y animal por la emisión de polvo	Disminución de emisión de polvo con el humedecimiento de las áreas de trabajo , uso de vallas o pantallas, uso de medios de protección individuales del personal expuesto y elaboración del plan de protección al medio ambiente en canteras
Derrumbes.	Cumplir con las dosificaciones para los rehincho en las excavaciones, restablecer las condiciones iniciales.
<b>Parámetro ambiental significativo: Disposición de residuos sólidos</b>	
Afectaciones a la estética por acumulación de escombros. Proliferación de vectores por acumulación de escombros.	Disminución de emisión de polvo con el humedecimiento de las áreas de trabajo, uso de vallas o pantallas, uso de medios de protección individuales del personal expuesto y elaboración del plan de protección al medio ambiente en obras
Basureros y focos potenciales de contaminación.	Limpieza de las zonas contaminadas en el menor tiempo posible.
Creación de focos de contaminación biológica.	Limpieza de las zonas contaminadas en el menor tiempo posible.
Creación de foco de contaminación biológica y visual.	Limpieza y ordenamiento de la zona afectada.
Creación de foco de contaminación biológica y visual.	Limpieza y ordenamiento de la zona afectada, control vectorial sistemático.

*Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*

---

<b>Parámetro ambiental significativo: Contaminación de las aguas</b>	
Contaminación de las aguas	<p>Minimizar y restringir los derrames de material asfáltico al área proyectada, evitar combustibles y aceite con la revisión y mantenimiento periódico de los equipos, proyectos de organización de obras y código de buenas practicas de mantenimiento de los equipos</p> <p>Utilización de Sustancias explosivas poco agresoras al medioambiente.</p>
Alteración del drenaje superficial	<p>Recuperar el drenaje superficial, con la restauración de cañadas y construcción de obras de fábrica.</p> <p>Depositar los escombros extraídos en vertederos autorizados, y/o reutilización en rellenos y no obstruir drenajes</p>
Alteración del curso natural de la fuente de abasto.	Utilizar los drenajes naturales para mitigar el impacto que origina un flujo forzado.
Alteración del cause de las aguas subterráneas.	Realizar estudio detallado del suelo, trabajar manteniendo la capa de seguridad del manto freático.
<b>Parámetro ambiental significativo: Vegetación (árboles , vegetación natural terrestre)</b>	
Deterioro de la vegetación	Reposición de la capa vegetal , mejoramiento de la vegetación y diseño de áreas verdes
Contaminación de la capa vegetal impidiendo su reciclaje.	Priorizar la organización de la clasificación, el traslado y la disposición final de desechos sólidos de la Obra.

### *Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*

Afectación a la Flora, fauna y la vegetación.	Realización de Voladuras controladas.
Afectación de Ecosistema circundante.	Ajustarse al área mínima de excavación, No contaminar la capa vegetal con escombros, desbroce mínimo del área a construir.
Destrucción de hábitat	Preservar y reponer la capa vegetal, restablecer o mejorar la vegetación afectada.

**Fuente:** Elaboración propia

Con el análisis de la matriz se pudo observar que la acción más agresiva es la construcción de las zonas de préstamo. Estas son las áreas donde se extrae la tierra para el relleno de los lugares fuera del nivel establecido y para sellar las canteras de arcilla y rocoso; además para la creación de las instalaciones de las facilidades temporales. En fin es una materia prima indispensable en la construcción de las presas. Después de terminada la obra estas áreas quedan desbastadas, oseeas, por lo cual es necesario su relleno y un tratamiento especial para lograr nuevamente la vida vegetal. De no cumplir con las indicaciones establecidas con el paso del tiempo se perderían grandes extensiones de tierra.

Los diseñadores involucrados en el proceso de constructivo (en la etapa de control de autor) deben tomar precauciones, para que se cumplan estas medidas, o sea, la restitución de la capa vegetal, reforestación, entre otras, lo cual está estipulado y aún así no se cumple.

**Aspectos a proponer a los explotadores de Áreas de préstamo para lograr acciones de minimización de los principales problemas ambientales que esta actividad genera.**

- Profundizar en el conocimiento de la ecología terrestre del lugar para proponer proyectos de restauración ambientalmente sustentables y compatibles con la protección de la biodiversidad.
- Incluir en el proyecto de explotación los criterios de prevención de desastres naturales y tecnológicos.

### *Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*

---

- Definir en el proyecto de explotación la correcta ubicación y posterior rehabilitación de las áreas para extraer el material de préstamo.
- Utilizar equipos de movimiento de tierra de menor tamaño.
- Preservar al máximo la vegetación existente, evitando la introducción de especies exóticas.
- Hacer coincidir las trochas y caminos temporales utilizados en las etapas de investigación con los viales de explotación de las zonas de préstamo para evitar la compactación del terreno.
- Evitar las obstrucciones a los drenajes naturales.
- Se debe disminuir al máximo el movimiento de los equipos de transporte cuando existen condiciones de excesiva humedad en el terreno, minimizando así el deterioro del suelo.
- Evitar los derrames de combustible, aceites y otros contaminantes.
- Utilizar tecnologías actuales (martillos neumáticos acoplados a grúas para el desprendimiento y ruptura de los materiales extraíbles), evitando a toda costa los trabajos de voladura.
- Realizar un control estricto de las voladuras, en caso de que sean necesarias.
- Proteger, conservar y restituir la capa vegetal al realizar los movimientos de tierra.
- Ubicar las instalaciones de facilidades temporales en los sitios de menores valores naturales; emplear sistemas constructivos ligeros que permitan su desmontaje una vez concluida la explotación del préstamo.
- Utilizar racionalmente los materiales de construcción, así como los equipos de construcción y transporte.
- Realizar la disposición adecuada de los materiales no útiles, en sitios debidamente autorizados, si no es posible el reuso o reciclaje de los mismos. Evitando en todos los casos su ubicación sobre zonas explotables del préstamo.

## *Capítulo 3: Evaluación del impacto ambiental de un proyecto en la Empresa de Investigaciones de Proyectos Hidráulicos de Villa Clara*

---

- Adoptar las medidas que se requieran para atenuar o eliminar el impacto causado por los gases de combustión del fuel oil o del crudo cubano.
- Realizar la reforestación, entre otras medidas de las áreas en explotación tan pronto se agoten los yacimientos.
- Rellenar las áreas mineras, colocándole tierra vegetal, a fin de hacerlas cultivables. Encaso de que sea apropiado.

### **3.4 Conclusiones parciales**

1. Con la implementación del procedimiento propuesto para la evaluación ambiental de proyectos hidráulicos en la EIPH VC se demostró su factibilidad de aplicación como instrumento metodológico para evaluar los impactos ambientales de los proyectos, con el objetivo de establecer acciones preventivas para atenuar los riesgos ambientales.
2. Como parte del procedimiento fue posible determinar los parámetros ambientales significativos que influyen en el diseño de uno de sus productos fundamentales, las presas, a través de la evaluación del impacto ambiental.
3. Como principales resultados positivos de esta investigación fueron: la *prevención de riesgos ambientales en etapas tempranas del ciclo de vida de los productos, la etapa de diseño*; un plan de medidas preventivas que considere además de los efectos de los parámetros ambientales significativos, las acciones que es necesario potenciar desde el punto de vista del control en la empresa.

## **Conclusiones**

1. En la literatura **revisada** se constata la existencia de un grupo de métodos para la evaluación ambiental de proyectos, pero no se encontró ninguna evidencia de aplicación práctica en el **contexto empresarial cubano**.
2. El procedimiento propuesto constituye una contribución a la solución del problema científico planteado desde el punto de vista **metodológico** y **práctico** permitiendo la identificación de parámetros ambientales significativos y evaluando a su vez el posible impacto ambiental de los mismos.
3. Con la implementación del procedimiento propuesto fue posible la selección de los indicadores de alto impacto ambiental de proyectos hidráulicos demostrando su factibilidad de aplicación al ser evaluado ambientalmente uno de los productos principales de la EIPH. VC.
4. El procedimiento propone una etapa de vigilancia ambiental en la que se puede minimizar o atenuar el efecto de los riesgos ambientales relacionados con los indicadores de alto impacto.

## Recomendaciones

1. Introducir los resultados en la modelación matemática de la fiabilidad ambiental en empresas de proyectos hidráulicos principalmente en la EIPH de Villa Clara.
2. Implementar el plan de vigilancia ambiental para atenuar los riesgos ambientales producidos por fallos en la realización de las obras hidráulicas.
3. Extender la aplicación del procedimiento a otras empresas de producciones por proyecto del sector hidráulico del país adaptándolo a las características de las mismas.

## **Bibliografía**

1. ALONSO DOMÍNGUEZ, (2000).Evaluación de impactos ambientales en empresas de producción o servicio.
2. ARRIBAS DE PAZ R; RUIZ-FRUTOS( 2004).Fiabilidad admisible en el sector empresarial.
3. Battelle-Columbus Laboratories. "Environmental Evaluation System for Water Resource Planning". Bureau of Reclamation, US Department of the Interior, Contract 14-06-D-7182, Columbus, Ohio, 1972.
4. Berman, M. (1981): The reenchantment of the World. Cornell University Press, Itacha, N.Y. (4) Blasco, N.; Moreno, J.M.; Santamaria, R. & Serrano, C. (1994). Selección de proyectos de inversión publica aislados con impacto ambiental. Documento de trabajo.
5. BOLEA, E., 1984. Evaluación del Impacto Ambiental. MAPFRE, Madrid.
6. CAMACHO, J. 1999. Parques tecnológicos e incubadoras de empresas: la enseñanza de las recientes experiencias.
7. Checkland, P. & Scholes, J. (1990). Soft System Methodology in Action. Wiley, Chichester.
8. CONESA FERNANDEZ, V., V. ROS GARRO, V. CONESA RIPOLI y L. A. CONESA RIPOLI, 1993. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Mundi Prensa Ed. 276 pp.*
9. Conesa Fernández-Vítora, Vicente. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. MundiPrensa, Madrid, 1997.*
10. Consultora Ambiental Rosario. Estudio de Impacto Ambiental – Obra: Casino y Hotel Cinco estrellas en la ciudad de Rosario. Rosario, 2005.
11. DANG, V. N., REER, B., O STATER & HIRSCHBERG, S. 2000. A Comparison of Emerging methods for Errors of Commission Based on Applications to the Davis-Besse *Probabilistic Safety and Management.*
12. DOMÍNGUEZ, ALONSO G. (2000) Metodología para La Ejecucion de la Inspeccion Ambiental Estatal (IAE) En El Marco del Proceso de Reconocimiento Ambiental. *Ciudad de la Habana.Cuba*
13. ESPINOZA, GUILLERMO. Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Santiago de Chile, Bancolinteramericano de Desarrollo, Centro de Estudios para el Desarrollo, 2001.

14. ESTRUCH GARCÍA, X., 1992. *Las evaluaciones de impacto ambiental en los estudios de paisaje. pág. 171-189. En: Ma. de Bolós (Ed.) Manual de Ciencia del Paisaje, 273 pp. Masson.*
15. Faloh, R. A. (1994): Relaciones horizontales entre los sectores de I+D y productivo: su evolución en Cuba. Ponencia presentada a mesa redonda en el III Encuentro Nacional de Gestión Tecnológica. Las Tunas, mayo.
16. Funtowicz, S.O. & Ravetz, J.R. (1991). A new scientific methodology for global environmental issues. En: *Ecological Economics: The Science and Management of Sustainability* [edited by R. Constanza], Columbia University Press, NY, 137-52.
17. Funtowicz, S.O. & Ravetz, J.R. (1994). The worth of a songbird: ecological economics as a post-normal science. *Ecological Economics*, 10(3), 197-207.
18. Gandy, M. (1996). Crumbling land: the postmodernity debate and the analysis of environmental problems. *Prog. Hum. Geogr.*, 20(1), 23-40.
19. García Capote E. (1995): Actores tradicionales y actores nuevos en el ambiente económico cubano: propensiones a la innovación tecnológica. Ponencia presentada en el III Encuentro Nacional de Gestión Tecnológica. Las Tunas, mayo.
20. GARCÍA LEYTON, L. 2004. Aplicación del análisis multicriterio en la evaluación de impactos ambientales, Tesis Doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya.
21. Gomez Orea, D. (1988). Evaluación del impacto ambiental de proyectos agrarios. Estudios monográficos nº 6. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
22. GOUTTER, I. C. & BOUCHARTE, F. 1990. Reliability-constrained Pipe Network Model. *Journal of Environmental Engineering* Vol 120 no 2, 447-460.
23. Hannigan, J.A. (1995). *Environmental Sociology: A Social Constructionist Perspective*. Routledge. Londo.
24. HENLEY, E. J. & KUMAMOTO, H. 1981. *Reliability Engineering and Risk Assessment*. Prentice-Hall, Englewood Clifts, N. J. .
25. HERNÁNDEZ, M. O. 2010. *Mejoramiento de procesos con enfoque al cliente externo. Aplicación a empresas de base tecnológica de producciones por proyecto. Caso EIPH-VC. Tesis en opción al grado científico de Master en Ingeniería Industrial*. Universidad Central de La Villas, Cuba.
26. Ignacio Daniel Coria (2008) EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL: CARACTERÍSTICAS Y METODOLOGÍAS *Invenio*, junio, año/vol. 11, número 020 Universidad del Centro Educativo Latinoamericano .Rosario, Argentina pp. 125-35.

27. LEÓN, G. 2000. La creación de empresas de base tecnológica desde el sistema público. Boletín SEBBM, nº 128, mayo.
28. Leopold, L. B., Clarke, F. E., Hanshaw, B. B., y Balsley, J. R. "A Procedure for Evaluating Environmental Impact". Geological Survey Circular, 645, US Geological Survey, Washington DC, 1971.
29. Manzanares, Alcántara J. (2010) DOSSIER EMPRESARIAL e-mail: [jorge@biogeos.es](mailto:jorge@biogeos.es).
30. MARTÍNEZ, L. 2007. Empresas con base tecnológica.
31. Medellín, E. (1994): Administración de tecnología. Parte del trabajo titulado "Evaluación de la gestión tecnológica", presentado en el seminario internacional Impacto de los Programas de Posgrado en Planificación, Gestión y Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología en el Contexto Internacional. Caracas, septiembre.
32. Moreno Jiménez, Aguarón & Escobar – Metodología científica en valoración y selección ambiental
33. Moreno-Jimenez, J.M. (1997). Priorización y toma de decisiones ambientales. Actas del 1er. Encuentro Iberoamericano de Evaluación y Decisión Multicriterio, 113-145. Santiago de Chile, julio 1997. Jose emilio Vila Areste **La Fiabilidad y medio ambiente, alternativas para mejorar la calidad .**
34. ORTEGA, MELISA: "Diseño y elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental de un parque de chatarras emplazado en una industria siderúrgica en la Provincia de Santa Fe". Inédito. 2007.
35. Parisca, S. (1993): El aprendizaje tecnológico. Conferencia impartida en el I Encuentro Nacional de Gestión Tecnológica. La Habana, febrero.
36. RODRÍGUEZ SALAS, A., 1995. *El derecho ambiental y la ley general del ambiente de Mendoza*, pág. 277-292. In: *Martinez Carretero, E. y A. Dalmass(Eds.) Mendoza Ambiental, 294 pp.*
37. Sáenz, T. W. (1995): La innovación tecnológica en Cuba. Conferencia impartida en el III Encuentro Nacional de Gestión Tecnológica. Las Tunas, mayo.
38. SIMÓN, K. E. 2006. *Las empresas innovadoras de base tecnológica: motor de futuro en la economía del conocimiento*. Universidad Pública de Navarra.
39. Trueba G. (1995): La reanimación de la industria cubana: una necesidad actual. Ponencia presentada al Taller sobre Reconversión Industrial y Pequeña y Mediana Empresa, La Habana, abril.

40. VAQUERO, G. & SÁNCHEZ, D. 2007. Nuevas empresas de base tecnológica. Caracterización y necesidades. *Revista de Investigación y Gestión de la Innovación y la Tecnología*.
41. WARNER, M. L. & E. H. PRESTON, 1974. *Review of Environmental Impact Assessment Methodologies*. Washington, DC: US Environmental Protection Agency.



**Anexo 1: Fuente de argumentación o fundamentación.**

<b>Fuentes de argumentación o fundamentación</b>	<b>Alto</b>	<b>Medio</b>	<b>Bajo</b>
Análisis teóricos realizados por usted	0.3	0.2	0.1
Su experiencia obtenida	0.5	0.4	0.2
Trabajos de autores nacionales	0.05	0.05	0.05
Trabajos de autores extranjeros	0.05	0.05	0.05
Su conocimiento del estado del problema en el extranjero	0.05	0.05	0.05
Su intuición	0.05	0.05	0.05

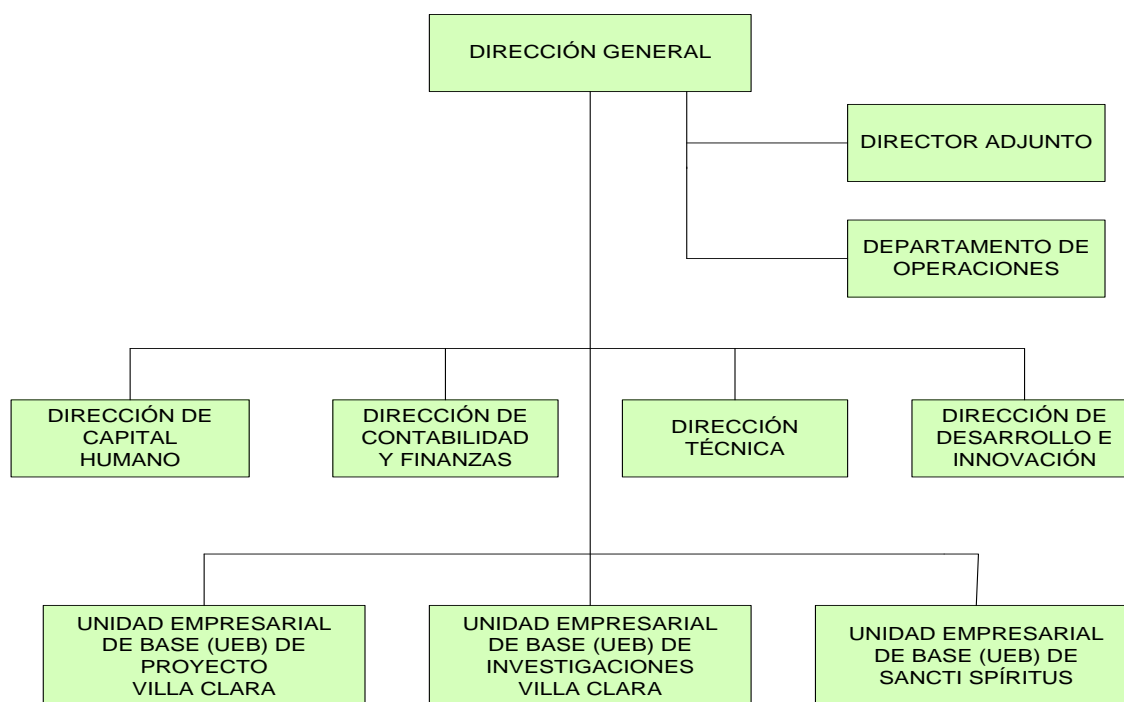




	Estabilidad	F25															
	Sismologías	F26															
	Compactación y asientos	F27															
Flora	Arboles	F28	1			1	1		1		1	1				1	1
	Arbustos	F29	1				1	1								1	
	Cosechas	F30	1				1	1				1				1	
	Microflora	F31	1														
	Plantas acuáticas	F32	1											1			
	Especies en peligro	F33															
Fauna	Aves	F34															
	Animales terrestres	F35	1				1	1									
	Peces y mariscos	F36															
	Organismos bentónicos	F37															
	Insectos	F38	1									1					
	Microfauna	F39	1														
	Especies en peligro	F40															
Usos del territorio	Espacios abiertos y salvajes	F41	1					1									
	Zonas húmedas	F42															
	Selvicultura	F43	1					1	1				1			1	1



	Lugares u objetos históricos o arqueológicos	F62																
Nivel cultural	Modelos culturales (estilos de vida)	F63									1							
	Salud y seguridad	F64	1					1			1		1		1			
	Empleo	F65																
	Densidad de población	F66																
Servicios de infraestructura	Estructuras	F67																
	Red de servicios	F68																
	Disposición de residuos	F69	1				1		1	1	1	1	1	1		1	1	1
Relaciones ecológicas	Salinización de recursos hidráulicos	F70																
	Eutrofización	F71																
	Vectores , insectos y enfermedades	F72					1											
	Cadena alimentarias	F73	1						1			1						
	Salinización de suelo	F74								1	1					1		1
	Invasión de malezas	F75											1					

**Anexo 3. Estructura organizativa EIPH-VC. Fuente. SGC. EIPH-VC. Fuente: SGC. EIPH-VC**

**Dirección General.**

- ✓ Director adjunto.
- ✓ Asesor jurídico.
- ✓ Departamento de Operaciones.

**Dirección de Capital Humano.**

- ✓ Grupo de personal y OTS.

**Dirección de Contabilidad y Finanzas.**

- ✓ Grupo de contabilidad general y costos.
- ✓ Grupo de planificación, precios, estadísticas y finanzas

**Dirección Técnica.**

- ✓ Grupo de informática.
- ✓ Grupo de NMGC.

- ✓ Grupo CIT.

#### **Dirección de Desarrollo e Innovación.**

- ✓ Grupo de innovación.
- ✓ Grupo de desarrollo.

#### **Dirección UEB de Aseguramiento.**

- ✓ Brigada de ATM.
- ✓ Área de servicios generales.
- ✓ Brigada cocina-comedor.
- ✓ Brigada de mantenimiento y construcción.
- ✓ Taller de mecanización.
- ✓ Brigada de reparación y mantenimiento.

#### **Dirección UEB de Proyectos Villa Clara.**

- ✓ Grupo de gestión de proyectos.
- ✓ Grupo de canales.
- ✓ Grupo de esquemas.
- ✓ Grupo de estructura.
- ✓ Grupo de presupuesto y organización de obra.
- ✓ Grupo de electricidad y mecánica.
- ✓ Grupo de presas.
- ✓ Grupo de plantas.
- ✓ Grupo de redes.
- ✓ Grupo de hidroeconomía y afectación.

#### **Dirección UEB de Investigaciones Villa Clara.**

- ✓ Grupo de gestión de investigaciones.
- ✓ Grupo de geología e hidrogeología.
- ✓ Grupo de laboratorio.
- ✓ Grupo de topografía.
- ✓ Grupo de rotaria.

- ✓ Grupo de geotecnia
- ✓ Grupo de geofísica.

**Anexo 4: Escala propuesta por Leopold.**

<b>Signo</b>	
Carácter beneficioso o perjudicial de las distintas acciones que van a actuar sobre los distintos factores considerados.	
Beneficioso	+
Perjudicial	-
<b>Intensidad (In)</b>	
Grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa.	
Afección mínima	1
Situaciones intermedias	2 a 11
Destrucción total	12
<b>Extensión (Ex)</b>	
Área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (% de área, respecto del entorno en que se manifiesta el efecto).	
Puntual: efecto muy localizado	1
Parcial	2
Total: influencia generalizada	8
<b>Momento (Mo)</b>	
Tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor del medio considerado.	
Inmediato: tiempo transcurrido nulo	4
Corto plazo: inferior a un año	4
Mediano plazo: entre 1 y 5 años	2
Largo plazo: más de 5 años	1
<b>Persistencia (Pe)</b>	
Tiempo que permanece el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retorna a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras.	
Efecto fugaz: menos de un año	1
Efecto temporal: entre 1 y 10 años	2
Efecto permanente: superior a los 10 años	4
<b>Recuperabilidad (Rv)</b>	
Posibilidad de reconstrucción, total o parcial, del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la actuación por medio de intervención humana.	
Recuperable totalmente en forma inmediata	1

---

Recuperable totalmente a medio plazo	2
Irrecuperable	4
<b>Certidumbre (Ce)</b>	
Grado de seguridad con el que se espera que se produzca el efecto.	
Improbable	1
Probable	2
Cierto	3

Anexo 5. Matriz de importancia

			Etapa de diseño			Etapa de construcción												
			Investigación aplicada al diseño	Solicitud de licencias medioambientales	Solicitud de micro localización	Crear facilidades temporales	Desbroce	Abrir frentes de cantera de arcilla-rocoso	Acarreo de materiales	Generación de residuos sólidos	Construcción			Movimiento de maquinaria pesada	Derrames accidentales	Construcción de caminos y viales de acceso	Creación de las zonas de préstamo	
											Canteras	Aliviaderos	Toma de agua					
																		A10
A1	A2	A3	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16				
Especies y poblaciones	Pastizales, praderas y cosechas	F1	-127				-124		-113		-130	-101			-125	<b>-138</b>		
	Especies, aves y vegetación acuáticas	F2										-111						
	Vegetación naturales terrestres	F3	<b>-145</b>			-128	<b>-156</b>	-136	-129		<b>-139</b>	-110			<b>-141</b>	<b>-143</b>		
	Especies terrestres	F4	-129				-134				<b>-141</b>	-102			-136	-127		
Tierra	Recursos minerales	F9	-131						-135		<b>-138</b>							
	Materiales de construcción	F10				-135					-119	-120						
	Suelo	F11	<b>-140</b>						<b>-138</b>	<b>-141</b>	-137	<b>-145</b>	-129	-131		<b>-143</b>	<b>-139</b>	<b>-143</b>
	Geomorfología	F12	<b>-141</b>				-110					-129	127	116			-136	<b>-138</b>



	Minas y canteras	F47	-136								100						
Estéticos y de interés humano	Vistas panorámicas	F54		10 0	10 0			-120									
	Naturaleza	F55	-136	11 0	11 0						-143				-145		-140
	Paisajes	F57	-129			-136		-129		-110	-116					-120	-130
	Especies o ecosistemas especiales	F61	-131														
Nivel cultural	Salud y seguridad	F63	-116					-112		-136							
Servicios de infraestructura	Disposición de residuos	F69	-138			-129		-123	-139	-145	-129	-112	-102		-139	-139	-140
Relaciones ecológicas	Vectores , insectos y enfermedades	F72				-136											
	Cadena alimentarias	F73	-112														
	Salinización de suelo	F74							-138	-145					-140		-139
	Invasión de malezas	F75										-139					