

Enfoque de ciclo de vida en la inspección estatal ambiental a procesos en Cuba

Life cycle assessment in the state environmental inspection process in Cuba

Yuniey Quiala Armenteros¹, Carlos Menéndez Gutiérrez², Elena R. Rosa Domínguez³, Susana Díaz Aguirre⁴

¹Delegación Territorial CITMA Villa Clara, Cuba

²Universidad Tecnológica de La Habana José Antonio Echeverría, Cujae, La Habana, Cuba

³Universidad Central Marta Abreu de Las Villas, Santa Clara, Cuba

⁴Universidad de Pinar de Río Hermanos Saíz Montes de Oca, Pinar de Río, Cuba.

Correo electrónico: calidadinspeccion@dcitma.clv.cu

Este documento posee una licencia Creative Commons Reconocimiento/No Comercial 4.0 Internacional 

Recibido: 19 de septiembre de 2017 Aprobado: 21 de diciembre de 2017

Resumen

En Cuba, la actividad reguladora ambiental tiene en la Inspección Estatal Ambiental (IEA) un instrumento para el control y fiscalización del cumplimiento de las disposiciones y normas jurídicas vigentes en materia de protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales. En los últimos años la actividad reguladora ha generado significativos instrumentos en materia inspección para elevar la efectividad en control ambiental, no obstante, los documentos y herramientas existentes, no enfocan su accionar integral dentro de un proceso tecnológico, sino que se encaminan al control de la generación final de residuos, por lo cual se corre el riesgo, de obviar indisciplinas e infracciones que ocurren en etapas de un proceso. En la investigación se muestra el diseño de una metodología y su aplicación práctica en versión reducida para la ejecución efectiva de la IEA en Cuba, orientada a procesos, fundamentados en el análisis del ciclo de vida (ACV), lo cual constituye una herramienta para el Centro de Inspección y Control Ambiental. Los resultados de la aplicación en la Planta de Oro de Placetas validan su efectividad.

Palabras claves: inspección estatal ambiental, análisis ciclo de vida

Abstract

In Cuba Environmental Regulatory Activity has in the State Environmental Inspection (IEA) an instrument for controlling and monitoring compliance with the provisions and legal standards regarding environmental protection and rational use of natural resources. In recent years the regulatory activity has generated significant instruments on inspection to increase the effectiveness in environmental control, however current documents and tools are not focusing their integrated action within a technological process but are routed to control generation end of waste, for that reason there is a risk, to obviate indiscipline and violations occurring in stages of a process. The investigation shows the design of a methodology and its practical application in reduced version for the effective implementation of the IEA

in Cuba oriented processes, based on the life-cycle assessment (LCA) constitutes a tool for Inspection Center and Environmental control. The results of the application in Placetas Gold Plant validate its effectiveness

Key words: state environmental inspection, life-cycle assessment.

INTRODUCCIÓN

Una inspección ambiental es una evaluación objetiva de los elementos de un sistema que determina si son adecuados y efectivos para proteger al ambiente. Consiste en acreditar, examinar y valorar la adecuación y aplicación de las medidas adoptadas por la empresa o establecimiento inspeccionado, para minimizar, tratar de evitar o impedir los riesgos de contaminación ambiental al realizarse las actividades que por su actividad o naturaleza constituyen un peligro potencial para el ambiente o la integridad física de las personas [1].

En Cuba la Inspección Estatal Ambiental (IEA) de la Actividad Reguladora Ambiental la realiza el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), controlada, ejecutada y dirigida por el Centro de Inspección y Control Ambiental (CICA), perteneciente a la Oficina de Regulación Ambiental y de Seguridad Nuclear (ORASEN), como órgano superior de dirección y control de toda la actividad reguladora ambiental en el país.

El sistema regulador ambiental a nivel nacional, desde sus inicios y hasta la actualidad, busca el fortalecimiento en su accionar de regulación, control y prevención, estando vinculado a la eficiencia de sus actuaciones y fortalecimiento de capacidades donde desempeña un importante papel la formación de conocimiento [2]. En los últimos 10 años la actividad reguladora ha generado significativos instrumentos en materia IEA para elevar la efectividad en control ambiental y algunos grupos reguladores han venido trabajando por la NC-ISO/IEC 17020:2012 [3].

En este sentido se han generado un grupo de manuales, procedimientos e instrucciones para la ejecución de la IEA; los más efectivos se orientan en las esferas nucleares, seguridad biológica y desarrollo petroquímico. En el resto de las actividades ambientales los documentos y herramientas existentes no enfocan la actividad reguladora a un accionar puntual dentro de un proceso tecnológico-industrial, sino que se encaminan al control de la generación final de residuos, por lo cual se corre el riesgo, de obviar indisciplinas e infracciones que ocurren en etapas de un proceso. La situación anteriormente planteada constituye una debilidad identificada por el CICA y directivos de la ORASEN además de constituir una problemática a resolver de manera inmediata.

Se deben reforzar los procesos de IEA a partir de una mayor preparación de los inspectores ambientales que desarrollan la actividad, exigiendo el máximo rigor ante las violaciones detectadas [4]. Nuevas proyecciones hacia una mejor preparación del CITMA respecto a este tema se hacen necesarias, de manera que la atención a procesos tecnológicos, se convierta en un objetivo a revisar. Estos retos presuponen primero, de todo un cambio en la visión de los especialistas que participarán en las inspecciones y controles; logrando la ejecución de la IEA con un enfoque integral y analizando no solo los efectos nocivos de cualquier proceso tecnológico como su resultado final, sino evaluando en cada etapa del ciclo de vida los impactos provocados al medio ambiente de procesos industriales y fiscalizar lo puntual. Todo ello constituye un enfoque relevante a investigar que beneficiaría a las autoridades ambientales, así como a las diferentes entidades objetos de control.

En materia de inspección ambiental existen dos métodos comunes para realizar una investigación de campo, la caminata por las instalaciones y la investigación basada en los procesos; la última consiste en un análisis de los diferentes procesos y subprocesos [5], lo cual resulta efectivo para el resultado final de la inspección, por consiguiente, realizar una IEA a lo largo del ciclo de vida del proceso inspeccionado garantizaría alcanzar un estadio superior en materia de regulación ambiental. El análisis de ciclo de vida (ACV) se encarga de examinar y analizar los aspectos ambientales y los impactos potenciales a lo largo del ciclo de vida de un producto o de una actividad. Este análisis incluye los efectos ambientales derivados del consumo de materias primas y de energías necesarias para su elaboración, las emisiones y los residuos generados en el proceso de producción, así como los efectos ambientales procedentes del fin de vida del producto cuando se consume o no se puede utilizar [6]. La progresiva constatación de que todas las actividades desarrolladas en el seno de una empresa producen impactos en el medio ambiente, lleva a muchas empresas a considerar la necesidad de analizar con más detalle todas sus acciones. Así, algunas comienzan a asumir la obligación de reducir el impacto de sus productos, no

solo en su producción o en su eliminación, sino en todas y cada una de las fases por las que el producto cumple su ciclo de vida [7], por tanto, el reconocimiento del enfoque de ACV por parte de las empresas obliga a las autoridades ambientales encargadas de la IEA a cambiar el enfoque de actuación.

La IEA en Cuba carece de una metodología con enfoque a procesos para el control del cumplimiento de la legislación ambiental. El objetivo de la investigación es el diseño y aplicación de una metodología con enfoque a procesos, para la ejecución efectiva de IEA, utilizando el ACV lo que constituirá una herramienta para el Centro de Inspección y Control Ambiental (CICA). En el artículo se mostrará su aplicación en la Planta de Beneficio de Oro y Plata en el municipio de Placetas. Por primera vez se propone una metodología IEA en Cuba orientada a procesos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño de la Metodología

Para diseñar una metodología de IEA con enfoque de ACV, se procedió a realizar previamente un diagnóstico de los procedimientos existentes en 8 provincias del país (Sancti Spiritus, La Habana, Camaguey, Cienfuegos, Guantánamo, Granma, Pinar del Río y Villa Clara, provincia líder en materia de instrumentos de inspección IEA en el país). Se aplicaron diferentes técnicas de compendio de información, entrevistas, encuestas, revisión de documentos, tormentas de ideas y trabajo con expertos. Las herramientas aplicadas están orientadas para obtener las principales debilidades en los procedimientos de trabajo y deficiencias en el ejercicio de IEA en Cuba.

Los expertos utilizados en el marco del diagnóstico fueron seleccionados entre auditores líderes, especialistas y directivos de disímiles instituciones vinculadas a la actividad de regulación ambiental: Oficina Territorial de Normalización de la provincia de Villa Clara (OTN VC), Órgano Nacional de Acreditación de la República de Cuba (ONARC), Unidad de Supervisión de la Ciencia y el Medio Ambiente de la Delegación Territorial del CITMA en Villa Clara, del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) y Centro de Inspección y Control Ambiental, (CICA).

El universo de personas entrevistadas fue de 12 personas, lo que reveló un total de 35 deficiencias. El número de expertos se calculó para un nivel de confianza de 99 % de precisión deseado del 10 % y el 1 % de proporción de errores y un valor K- constante cuyo valor está asociado al nivel de confianza seleccionado ($1-\alpha$) de 6,656 4, lo cual resultó finalmente 7 expertos. Mediante la técnica de los grupos nominales la cual combina los aspectos del voto silencioso con la discusión limitada para ayudar a conseguir el consenso y así llegar a una decisión de grupo, fueron reducidas las deficiencias detectadas lo cual permitió determinar las 10 debilidades o deficiencias de mayor impacto del sistema de calidad en materia de procedimientos, y una vez identificada se procedió a determinar el orden de prioridad o importancia calculando la media del valor otorgado por cada experto, en este sentido el coeficiente de concordancia de Kendall (w) fue de 0.747 por lo que el juicio emitido es consistente.

Las cinco deficiencias identificadas en el diagnóstico según orden de prioridad calculado fueron:

1. El 75 % de las medidas impuestas en las inspecciones ambientales están en función del control de las caracterizaciones de los residuales finales.
2. En las medidas de inspección no se propone la aplicación de propuestas de producción más limpias y que consideren los aspectos económicos a través de las externalidades.
3. No se ha incorporado completamente el concepto de prevención de la contaminación en el proceso de inspección y esa debilidad viola a lo establecido en el Decreto de Contravenciones que es en definitiva el documento legal por el cual se rigen los inspectores para aplicar las medidas
4. Los procedimientos no favorecen la evaluación integral de las instalaciones y/o procesos industriales y de servicios constatando generalmente las descargas, desagües y/o emisiones, así como también, la existencia y/o funcionamiento de equipos de tratamiento de emisiones gaseosas, efluentes líquidos y residuos.
5. No se fiscalizan en sí procesos industriales, de manera que se puedan demostrar presuntas infracciones, indagando documentación técnica, legal y contable, como así también la evaluación y control de la generación, manipulación, transporte, tratamiento en toda la cadena de aprovisionamiento.

Teniendo como base las debilidades identificadas en el diagnóstico de los procedimientos de inspección se procedió a diseñar una metodología que garantice su ejecución efectiva sustentado en las normas NC14040:2009, NC 14031:2005 y NC 14001:2004 [8, 9 y 10]. En el análisis de las normas anteriormente mencionadas se tuvieron en cuenta las modificaciones realizadas a la NC 14001:2004 en el 20152004 [11]. que se relacionan con la evaluación del impacto ambiental en todo el ciclo de vida, este aspecto es vital para cambiar

el paradigma de la realización de la inspección con el enfoque tradicional que se dirige a los puntos finales de vertimiento.

Objetivo de la Metodología

Realizar la ejecución de la IEA con enfoque de Ciclo de Vida a procesos tecnológicos de organizaciones cubanas. Todos los preceptos estipulados en la resolución 103/2008 Reglamento de la inspección estatal de la actividad reguladora ambiental [12], son respetados con la Metodología, la cual constituye una herramienta para la materialización efectiva de la mencionada resolución.

Alcance de la Metodología

Lo establecido en la Metodología es aplicable a todas las inspecciones estatales en la esfera ambiental: Inspecciones de carácter Nacional CITMA, principalmente a entidades con violaciones reiterativas de la legislación ambiental vigente y con procesos tecnológicos complejos y altamente contaminantes. La metodología propuesta **consta de 6 etapas y tres procedimientos específicos**. En la figura 1 se detalla en diagrama de flujo simplificado su ejecución.

A los efectos de la investigación se presentará la aplicación práctica de la **Metodología; en versión reducida de tres etapas:**

Etapas 1. Selección del proceso principal o procesos para la aplicación del ACV

Una vez que el colectivo de inspectores estatales ambientales, haya identificado el proceso o procesos que se realicen en la entidad inspeccionada, así como los aspectos ambientales significativos y el comportamiento del cumplimiento de los requisitos legales asociados, se procederá a seleccionar el proceso principal o procesos para la aplicación del análisis de ciclo de vida. Los criterios para la selección estarán basados en: (entradas y salidas del proceso. Información de los consumos de recursos, energía, agua, combustible, fósiles y materias primas. Sistemas de tratamiento de residuales y su disposición final de residuos. Identificación del proceso que genera más impacto ambiental. Verificación de la trazabilidad de las contravenciones en materia ambiental de la entidad e identificar a que proceso están asociadas). Se deberá describir el proceso seleccionado.

Etapas 2. Aplicación del Análisis de Ciclo de Vida

El ACV en la ejecución de la IEA se hará en el marco de los 30 días hábiles establecidos para la elaboración del informe de inspección, para su aplicación, se utilizará el programa software SimaPro 7.3, usando el método ReCiPe punto final, el cual ofrece innumerables posibilidades y agrupa los impactos en 17 categorías y en tres modelos de daños: salud humana, calidad del ecosistema y recursos. Los pasos a seguir para la realización del ACV se expresan a continuación: (Definición de objetivo y alcance. Unidad funcional. Límites del sistema. Análisis del inventario. Evaluación del impacto del ciclo de vida. Interpretación del ciclo de vida). Se podrán utilizar otros software de ACV según su disponibilidad.

Etapas 3. Interpretación e Informe Final

El Informe Final de la Inspección se confeccionará sobre la base de la evaluación e interpretación del análisis de ciclo de vida realizado, permitiendo cuantificar los impactos asociados. Se hará referencia a las deficiencias detectadas y violaciones legales en materia de legislación ambiental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la aplicación práctica de la metodología propuesta, se seleccionó como entidad objeto de estudio la Planta de Oro y Plata en la UEB Producciones Mineras Placetás; perteneciente a la Empresa Geominera del Centro, encargada de la explotación y beneficio de mineral de oro en yacimientos la región central. En la inspección realizadas en el 2014, participaron 4 inspectores ambientales profesionales y 2 inspectores eventuales (profesores de la Facultad de Química de la Universidad Central de Las Villas), quienes trabajaron principalmente con el software Simapro.

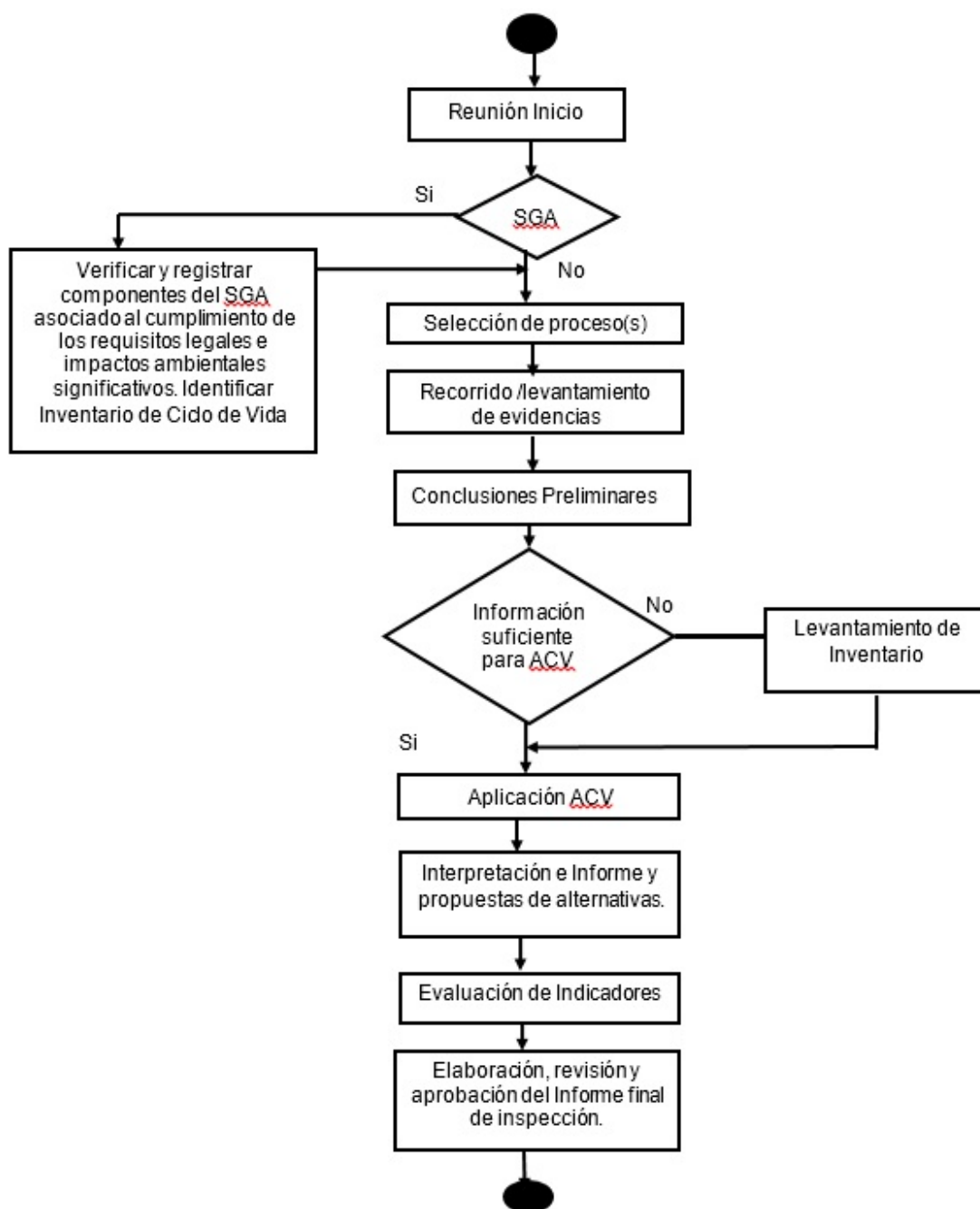


Fig. 1. Diagrama de flujo para la aplicación de la Metodología. Fuente: Elaboración propia

Etapa 1. Selección del proceso principal o procesos para la aplicación del ACV.

El proceso seleccionado fue el beneficio de oro, por los impactos potenciales que provocan al medio ambiente, se desestimó el proceso de explotación de yacimientos.

Descripción del proceso de beneficio en la Planta de Oro Placetas: La recuperación de oro comienza a partir de la **trituración** del mineral para pasar posteriormente a la **etapa de molienda** húmeda de donde sale a 7 mm a la etapa de **lixiviación** en tanques cerrados, donde a contracorriente se hace pasar cianuro y carbón activado, la pulpa agotada en esta etapa pasa a la de **tratamiento de residuales**, mientras que el carbón cargado es sometido a un lavado ácido y a **elución**, para pasar así por la **etapa de electrolisis** donde se separa el mineral que va a **fundición** (figura 2).

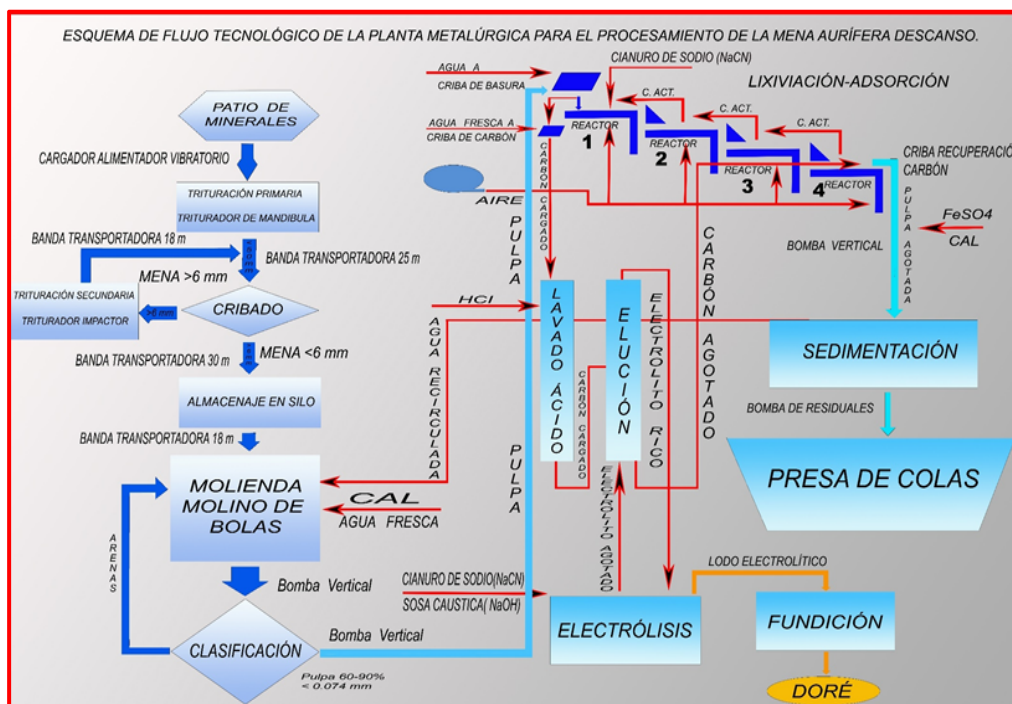


Fig. 2. Descripción del proceso tecnológico de beneficio de oro y plata

Etapa 2. Aplicación del Análisis de Ciclo de Vida

Objetivo: La inspección tuvo como objetivo identificar y cuantificar los impactos ambientales que tienen lugar en la obtención de oro en la UEB Producciones Mineras de Placetas durante el periodo de explotación correspondiente a (2012-2014). La evaluación de la producción del 2012 se toma como el año base y se realizó la comparación con el año 2013 y 2014.

Alcance del estudio: Se incluyen todas las etapas del proceso, el uso de la electricidad y los procesos de tratamiento de residuos y transportes. No se incluye el proceso de extracción del mineral.

Unidad funcional: Se consideró como unidad funcional la producción de un kilogramo de oro. El flujo de referencia es un kilogramo de oro y para conformar los inventarios se tomó la producción total de oro por año: 2012: 21.2542 kg, 2013: 19.16415 kg y 2014: 17.9491 kg.

Límites de sistema: Se incluyen tanto las operaciones unitarias que se realizan en todo el proceso productivo, como los procesos de tratamiento y de transporte de combustibles (figura 3).

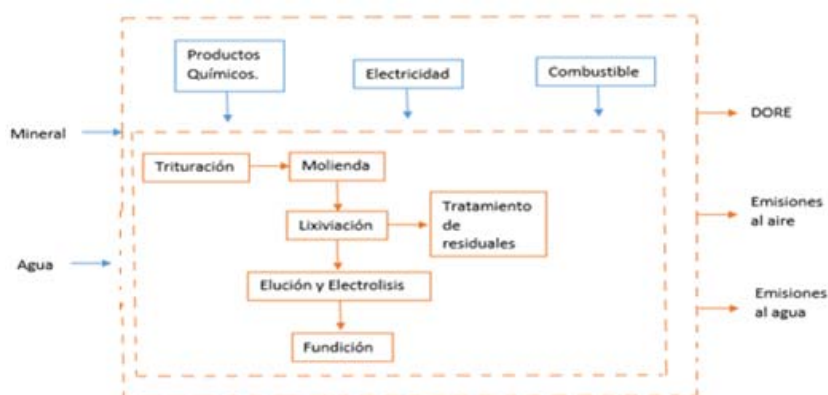


Fig. 3. Límites del sistema

Inventario de Ciclo de Vida

Para obtener los datos de inventario en las distintas secciones de la planta fue necesario realizar balances de masa y energía para obtener los datos primarios, así como una investigación que recogió una serie de datos que ya estaban registrados en la fábrica y que son considerados como datos secundarios. Para el completamiento de datos se usó la base de datos Ecoinvent y la tabla de emisiones al aire de AP-42 de la Environmental Protection Agency (EPA).

Evaluación del impacto de Ciclo de Vida (EICV)

A partir de los resultados del inventario, se realiza la evaluación de los impactos ambientales del proceso de beneficio de oro en la UEB Producciones Mineras de Placetas mediante el software Sima Pro. En la figura 4 se presenta la red del proceso, las flechas rojas indican los impactos ambientales perjudiciales para el medio ambiente (mientras más gruesa sea la flecha mayor es el impacto). Se puede observar que lo que más impacta la producción es la utilización del cianuro de sodio en la etapa de lixiviación y electrólisis, y el consumo de electricidad

En la figura 5 se muestra el perfil ambiental del proceso de obtención de oro en el 2012, observándose la influencia del beneficio de oro en cada categoría de impacto, siendo el consumo de cianuro de sodio, la electricidad y el proceso de producción lo que más afecta las diferentes categorías. El consumo de cianuro afecta principalmente la oxidación fotoquímica y la formación de partículas, acidificación terrestre y la transformación natural de la tierra. La electricidad, basada en el mix cubano, provoca afectaciones en el cambio climático, radiaciones ionizantes, eutrofización del agua fresca y disminución de los combustibles fósiles. Las categorías asociadas con la toxicidad humana, la ecotoxicidad en diferentes medios y la eutrofización se ven afectadas por el propio proceso productivo debido a la acumulación de las emisiones en las colas y las del aire.

En la figura 6 se puede ver la incidencia de los procesos en el año 2012 por categorías de daño en cada uno de los casos los procesos que más afectan son la utilización de cianuro de sodio que en salud humana es de 218 61 Pt, en ecosistema 116 42 Pt y en los recursos 257 78 Pt, la electricidad que en la salud humana es de 183 69 Pt, en ecosistema 39 30 Pt y en los recursos 108 29 Pt. En menor medida también inciden la cal, el transporte terrestre y el proceso de producción de oro. La categoría de daño más afectada es la salud humana, seguida de los recursos y el ecosistema.

La utilización del cianuro de sodio es el que más incide en la contribución total de los procesos involucrados, principalmente en la formación de partículas con 257.7 Pt, seguido del cambio climático del ecosistema (113 43 Pt) y cambio climático salud humana (17 5 Pt). Posteriormente se encuentra la electricidad que afecta la formación del material particulado (125 Pt) y la disminución de los fósiles en 108 28 Pt; luego el uso de la cal con 60 85 Pt en cambio climático salud humana, 71 27 Pt en disminución de los fósiles y 39 79 Pt en cambio climático del ecosistema. En menor medida también afecta el transporte terrestre, el propio proceso de producción de oro, el peróxido de hidrógeno y el hidróxido de sodio (figura 7).

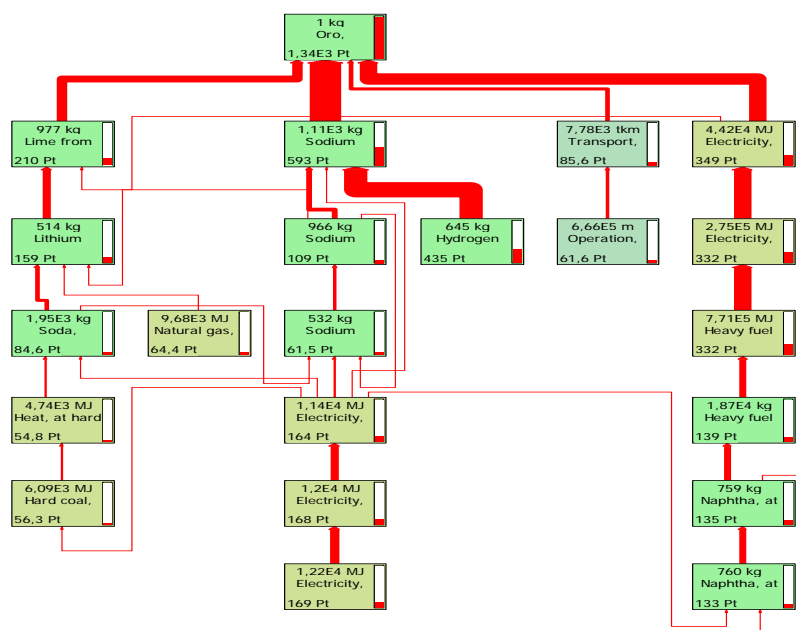


Fig. 4. Red del proceso. Proceso de producción. Beneficio de Oro

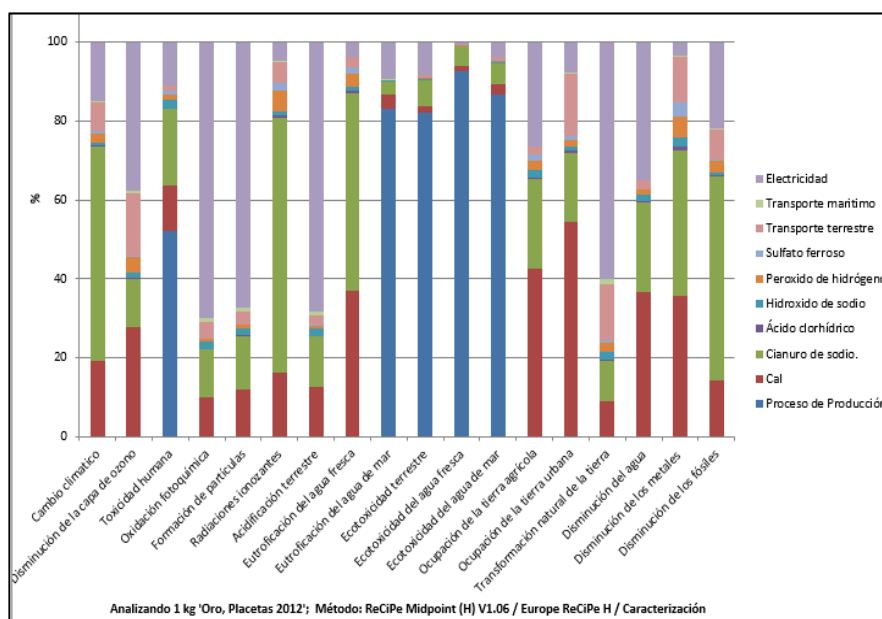


Fig. 5. Perfil ambiental del proceso de obtención de oro en el 2012

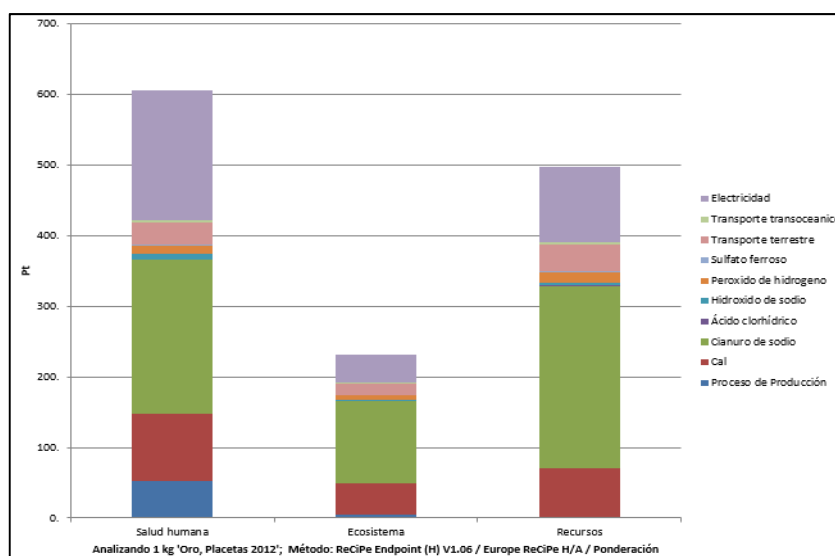


Fig. 6. Incidencia de los procesos en el año 2012 por categorías de daño

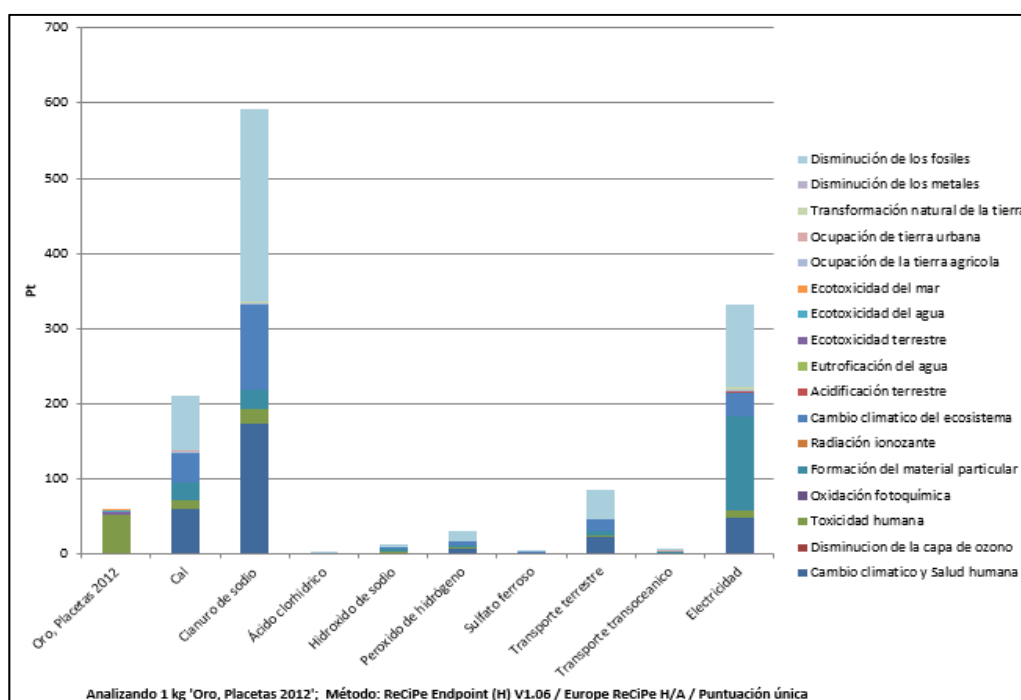


Fig. 7. Contribución total para el proceso Beneficio de oro 2012

En la figura 8 se observa la comparación final de la producción del 2013 y 2014 con respecto al 2012. En la misma se puede apreciar que en 2013 con respecto al 2012 ha disminuido la contribución del proceso a las categorías de daño en 2012, los daños a la salud humana fueron de 0,6 kPt, al ecosistema de 0,23 kPt y a los recursos 0,49 kPt; asimismo, en 2013 la salud humana tenía 0,56 kPt, el ecosistema 0,22 kPt y los recursos

0,46 kPt. En 2014 la disminución ya se evidenciaba con más claridad, se habían logrado disminuir la salud humana a 0,47 kPt, los daños al ecosistema a 0,17 kPt y a los recursos en 0,34 kPt.

Lo anterior demuestra que las medidas tomadas en la planta han sido efectivas para disminuir el impacto total del proceso, sin embargo, es necesario prestar especial atención al incremento de la ecotoxicidad y la toxicidad humana debido al aumento del proceso, que aunque no tienen una contribución significativa, sí representan daños considerables para la salud humana y el ecosistema, constituyendo un peligro potencial para las especies de flora fauna y el hombre.

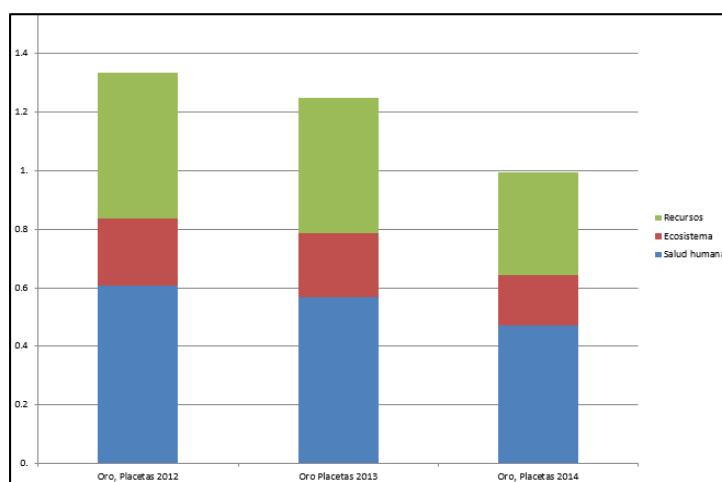


Fig. 8. Comparación final de la producción 2013 y 2014 con respecto al 2012

Etapa 3. Interpretación e Informe Final

En los resultados obtenidos del ACV se puede observar que una de las categorías más afectada es la disminución de los fósiles y toxicidad humana, esto se debe principalmente al gran consumo de electricidad durante todo el proceso y la utilización del cianuro en la etapa de lixiviación y electrolisis. Estos problemas se pueden mitigar buscando vías alternativas para la extracción del oro, aunque es válido aclarar que el cianuro ha logrado aumentar considerablemente los rendimientos en la producción, muy por encima incluso de la extracción con mercurio y tomando medidas para la disminución de la electricidad en áreas que no incidan directamente sobre la producción.

Como se demuestra, ya han sido adoptadas medidas para la disminución de los consumos de electricidad y cianuro, sin embargo, existen potencialidades para lograr disminuir el impacto total del proceso. En la fábrica las acciones tomadas para disminuir la contaminación y la gran cantidad de aguas residuales derivadas de la producción son la utilización de las aguas del último préstamo como agua fresca de proceso, logrando disminuir la utilización de las aguas de los pozos de abasto y una disminución del consumo eléctrico, así como un aprovechamiento de los residuales, para esto se realiza la selección de la bomba y las tuberías desde el último préstamo al tanque de almacenamiento de la misma para su utilización en planta. Para la selección de la bomba, se consultó el catálogo de las bombas Grundfos con una carga de 20,15 m y un flujo de 15,12 m³/h, determinándose el tipo de bomba y el costo de la misma. El costo de la bomba es de 1 452, 41 EUR. En la figura 9 se evidencia la factibilidad de las medidas propuestas de ser aplicadas. El ACV comparativo después de tomadas las medidas, arrojó excelentes resultados en cuanto a la disminución del impacto de las categorías relacionadas con la ecotoxicidad, demostrándose la factibilidad ambiental de la implementación de las medidas.

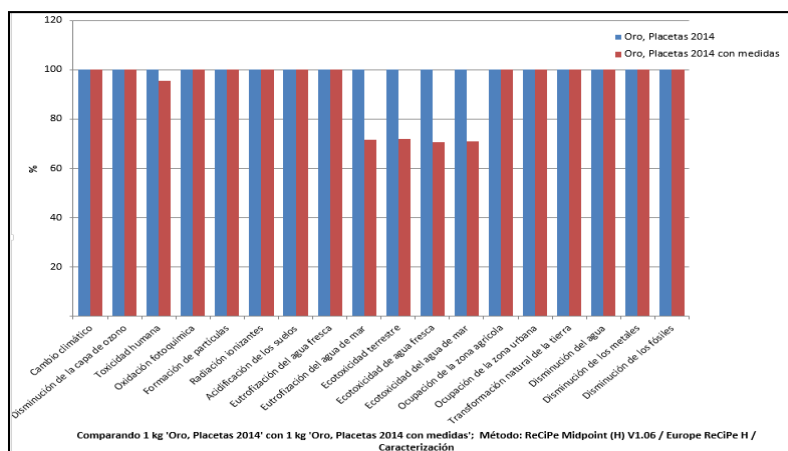


Fig. 9. Comparación entre las producciones de 2014 con y sin medidas de reducción de la contaminación

CONCLUSIONES

Las debilidades de mayor impacto en la IEA en el control de los residuales finales, evidencia de esta manera, limitaciones expresas en no abarcar el todo en un proceso cuando se inspecciona. No se aprecia un enfoque de ACV de productos y procesos lo que facilitaría una exacta identificación de los impactos ambientales para su correspondiente fiscalización y un análisis detallado de la cadena de valor.

La metodología requiere de la participación de expertos o inspectores eventuales externos, de centros altamente calificados con vasta experiencia en aplicación del ACV y de uso de software, así como de preparación de los inspectores ambientales profesionales.

La metodología propuesta constituye una herramienta útil para la cuantificación, evaluación y fiscalización de los impactos ambientales en el ACV de los procesos, sustentado en la aplicación de un software profesional y normas de gestión ambiental, propiciando la elevación del rigor científico de la IEA en Cuba.

El uso de cianuro afecta principalmente el cambio climático, radiaciones ionizantes, eutrofización del agua fresca y disminución de los fósiles. Mientras que la electricidad afecta la oxidación fotoquímica y formación de partícula, aunque se puede ver que estas dos inciden en todos los indicadores. Por otra parte, el proceso de producción tiene más incidencia en las ecotoxicidades debido a la acumulación de las emisiones en las colas.

El Análisis de Ciclo de Vida comparativo de aplicarse, propuestas las medidas arrojó excelentes resultados en cuanto a la disminución del impacto de las categorías relacionadas con la ecotoxicidad, demostrándose la factibilidad ambiental de la implementación del tratamiento.

REFERENCIAS

- Hernán Amuzquibar G. Inspección Ambiental en el marco de las leyes número 24.051(Residuos Peligrosos) y 26.168 (Cuenca Matanza Riachuelo) en el ámbito de la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. [En línea]. Tesis en Especialización en Derecho y Economía Ambiental. Escuela de Posgrado Ciudad Argentina (EPOCA), Buenos Aires. Argentina, 2007. ISBN-13: 978-3-8454-9770-9. Publicado en 15.10.11. Disponible en Web: https://www.eae-publishing.com/catalog/details/store/tr/book/978-3-8454-9770-9/inspecci%C3%B3n_ambiental?search=in%20sostenible [Consultado enero de 2012].
- Álvarez Álvarez J, Álvarez Pérez C, Rivera Amarán T. Elementos Básicos Generales para el Trabajo del Inspector Estatal Ambiental. La Habana: CIGEA, 2011, 267pp. ISBN 978-959-287-028-4.
- Oficina Nacional de Normalización. Evaluación de la conformidad, requisitos para el funcionamiento de los diferentes órganos que realizan la inspección. NC-ISO/IEC 17020: 2012. La Habana: ONN, 2012, 20 pp.

4. Casanova Guilarte A. El Accionar Regulatorio Ambiental en el Desarrollo Petrolero de Cuba. V Congreso de Gestión Ambiental. VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. La Habana, 4 al 8 de julio de 2011. Ponencia (GA-004), P. 133-145. [CD]. En Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. ISBN 978-959-300-018-5. Disponible en Web: http://www.academia.edu/6651454/CONVENCION%20INTERNACIONAL%20MEDIO%20AMBIENTE%20Y%20DESARROLLO%20CUBA_DUSSI_ET_AL [Consultado septiembre 2012].
5. Paniagua Alfaro H. Seguimiento ambiental en Centroamérica. Caso de estudio en Panamá, Costa Rica y El Salvador [En línea]. Publicado por: UICN 71pp. Oficina Regional para Mesoamérica. San José, Costa Rica, 2008. ISBN: 978-9968-938-33-4. Disponible en Web: http://www.miambiente.gob.pa/images/stories/BibliotecaVirtual/mg/CalidadAmbiental/seguimiento_ambiental%20CCAD.pdf [Consultado junio de 2016].
6. Sanes Orrego A. El análisis de ciclo de vida en el desarrollo sostenible: Propuesta metodológica para la evaluación de la sostenibilidad de sistemas productivos [En línea]. Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de: Magister en Medio Ambiente y Desarrollo. Instituto de Estudios Ambientales (IDEA), Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. 2012. Disponible en Web; <http://www.bdigital.unal.edu.co/8875/1/905079.2012.pdf>. [Consultado julio de 2016].
7. Álvarez Baldoquín D. Rosa Domínguez Elena. LLanes Cedeño E. Evaluación del Impacto Ambiental mediante el Análisis de Ciclo de vida en la Producción de Bebida Refrescante del Combinado Guillermo Tornés de Bayamo. V Congreso de Gestión Ambiental. VIII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. La Habana, 4 al 8 de julio de 2011. Ponencia GA-012, pp. 239-259, [CD]. En Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. ISBN 978-959-300-018-5. Disponible en Web: http://www.academia.edu/6651454/CONVENCION%20INTERNACIONAL%20MEDIO%20AMBIENTE%20Y%20DESARROLLO%20CUBA_DUSSI_ET_AL [Consultado septiembre 2012].
8. Oficina Nacional de Normalización. Gestión Ambiental – Análisis del ciclo de vida, principios y marco de referencia. NC ISO 14044: 2009, La Habana: ONN. 2009, 23 pp.
9. Oficina Nacional de Normalización. Gestión Ambiental – Evaluación del desempeño ambiental. NC ISO 14031: 2005, La Habana: ONN.2005, 36 p.
10. Oficina Nacional de Normalización. Sistemas de gestión ambiental—requisitos con orientación para su uso. NC ISO 14001:2004, La Habana: ONN. 2004, 26p.
11. Oficina Nacional de Normalización. Sistemas de gestión ambiental—requisitos con orientación para su uso. NC ISO 14001:2015, La Habana: ONN.2015.
12. Resolución No. 103/2008. Reglamento de la Inspección Estatal de la Actividad Reguladora Ambiental. Gaceta Oficial de la República de Cuba. Edición Ordinaria No. 041. La Habana, 2 de julio de 2008.