



Grupo eumed.net / Universidad de Málaga y
Red Académica Iberoamericana Local-Global
Indexada en IN-Recs (95 de 136), en LATINDEX (33 DE 36), reconocida por el DICE, incorporada a la
base de datos bibliográfica ISOC, en RePec, resumida en DIALNET y encuadrada en el Grupo C de la
Clasificación Integrada de Revistas Científicas de España.

Vol 10. N° 30
Octubre 2017
www.eumed.net/rev/delos/30

EL APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE ACEITES USADOS Y SU CONTRIBUCIÓN A LA ECONOMÍA CIRCULAR MEDIANTE EL PROCESAMIENTO EN HORNOS CEMENTEROS

Carlos Cepeda ¹
Juan Chuquin ¹
Fabián Bastidas ¹
Daniel Chuquin ¹
Nelson Chuquin ¹
Francisco Andrade ²
fandraded@unemi.edu.ec
Ecuador

CONTENIDO

Resumen	2
Abstract	3
1 Introducción.....	4
2 Marco teórico	6
2.1 Economía Circular.....	6
2.2 Desarrollo Sostenible	9
2.3 Valorización energética de los aceites usados	11
2.4 El Coprocesamiento desde la perspectiva del residuo al recurso	11
2.5 La recuperación de residuos a la reducción de las emisiones de CO ₂	12
2.6 Tecnología de coprocesamiento	13
3 Características físico – químicas del aceite usado como potencial combustible	13
3.1 Aspectos legales	14
3.2 Ley de gestión ambiental	15
3.3 La generación del aceite lubricante usado en la ciudad de Riobamba	15
3.4 Impactos ambientales por uso de aceites usados en la industria cementera	16
4 Metodología	17
4.1 Instrumento de evaluación	18
4.2 Modelación y Procesamiento de la Información (Procedimiento)	18
4.3 Validación del instrumento	19
5 Resultados y discusión	20
5.1 Análisis de la rentabilidad del proyecto.....	22
5.2 Valorización energética análisis del costo & beneficio	22
5.3 Gestión integral de sustentabilidad ambiental de los aceites usados	23
5.4 Propuesta de coprocesamiento ante la sustentabilidad ambiental	24
6 Desarrollo	25
7 Conclusiones.....	27
8 Referencias	28

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica. Ecuador.

² Universidad Estatal de Milagro, Facultad de Ciencia Administrativas. Ecuador.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es determinar la importancia sobre el desarrollo sostenible y su relación con el proceso productivo en función a los sistemas económicos, aspecto que cada vez es más reconocida por el mundo, y que la búsqueda para implementar modelos ecológicos, se ha convertido en el foco de los académicos a nivel nacional e internacional. Actualmente, el paradigma de la economía circular es adoptado por numerosos países y empresas. Está claro que las ventajas de su aplicación, se formulan a la par del crecimiento de la economía con sustentabilidad ambiental como un medio de desarrollo sostenible, la economía circular ha obtenido la atención de los gobiernos. En este estudio, se realizó el análisis del sistema de desarrollo y el principio de la economía circular, sobre la base de la entrada y salida de los sistemas de producción. Se evidencia la realidad sobre la producción actual de los insumos-productos y el modelo básico de evaluación de la economía. La investigación permitió concluir que la calidad ambiental es una necesidad imperante y creciente para las zonas naturales a nivel mundial; la cual incide directamente en la calidad de vida de la población en general, a través de la sustentabilidad. El modelo de economía circular se dirige hacia un nuevo paradigma, implica una nueva modalidad de hacer productos desde su mismo origen, desde su diseño, y permite hacer negocios atendiendo al crecimiento económico de la sociedad, a la sustentabilidad ambiental y a la disminución de los riesgos por la volatilidad e incertidumbre de precios de las materias primas y recursos energéticos. Se concluye además que la economía circular instaure el marco teórico y de trabajo en el que se desarrolla el denominado eco diseño (C2C), como un modelo circular integral. Se toma el C2C como la principal herramienta necesaria para la fabricación de productos y servicios que cumplan con los criterios requeridos de eficiencia, eficacia, sustentabilidad, y socialmente responsables.

Este artículo analiza la evaluación sobre el aprovechamiento energético de aceites usados, generados por el parque automotor de la ciudad de Riobamba y su contribución a la sustentabilidad ambiental mediante el coprocesamiento en hornos cementeros. Así como realizar una valorización energética identificando la tecnología de coprocesado en hornos cementeros proponiéndose alternativas de sustentabilidad ambiental mediante un sistema de gestión ante la disposición final de aceites usados en plantas de producción de cemento. Se utilizó como estrategia metodológica el análisis de varianza, como una alternativa adecuada para el desarrollo de variables de la composición físico-química del aceite usado ante el coprocesamiento y criterio de sustentabilidad ambiental. Los resultados evidenciaron una mezcla óptima que cumple con propiedades físico-químicas ante la propuesta de coprocesamiento al horno rotatorio de clínker de UCEM CEM Planta Chimborazo. Además, se realizó un análisis de los ingresos del proyecto, demostrándose que es un proyecto rentable y por ende financieramente factible.

Palabras clave: Economía Circular, Desarrollo Sustentable, Calidad Ambiental, Aceite usado, coprocesamiento, horno cementero, sustentabilidad ambiental, valorización energética.

ABSTRACT

The aim of this research is to determine the importance of sustainable development, an aspect that is increasingly recognized by the world, and that the search to implement ecological models, has become the focus of academics nationally and internationally. At present, the paradigm of circular economy is adopted by many countries and companies. The advantages of its application are evident, since it formulates the growth of the economy with environmental sustainability as a means of sustainable development, the circular economy has obtained the attention of the governments. In this study, the development system analysis and the circular economy principle were analyzed, based on the input and output of production systems. It shows the reality about the current output of the product-inputs and the basic model of the evaluation of the economy. The research concluded that environmental quality is a prevailing and growing need for natural areas worldwide; which directly affects the quality of life of the population in general, through sustainability. The circular economy model is directed towards a new paradigm, implies a new modality of making products from the same origin, from its design, and allows to make businesses attending to the economic growth of the society, the environmental sustainability and the reduction of the risks by the volatility and uncertainty of prices of raw materials and energy resources. In short, the Circular Economy is based on principles such as diversity, resilience and systemic thinking, which require a biological and technological approach. It is also concluded that circular economy establishes the theoretical framework and work in which the so-called eco-design (C2C) is developed, as an integral circular model. The C2C is taken as the main tool necessary for the manufacture of products and services that meet the required criteria of efficiency, effectiveness, sustainability, and socially responsible

This paper analyzes the evaluation of the energetic exploitation of used-oils, generated by the Riobamba city's vehicle fleet and its contribution to the environmental sustainability through a co-processing treatment using cement kilns. On the other side, the research determined an energetic valorization identifying the technology of a co-processing in the cement kilns proposing some environmental sustainability alternatives through a management system in light of the final disposition of used-oils in cement factories of production. The research employed as the methodological strategy the Analysis-of-Variance, as a suitable alternative for the development of variables of the physical-chemical composition of used-oils above a co-processing and the judgment for environmental sustainability. The results evidenced a visual blend that fulfilled the physical-chemical properties of the proposal of co-processing to the UCEM CEM Chimborazo factory's clinker rotatory kiln. In addition, it was analyzed the project incomes, in which its result will be a profitable project; thereby, economically feasible.

Key Word: Circular Economy, Sustainable Development, Environmental Quality, Used oil; energy valorization; coprocessing; cement kiln; environmental sustainability.

1 INTRODUCCIÓN.

Para Scheel, (2016), el fenómeno actual de la globalización tiene su inicio durante el siglo XX, época en la cual inicio el fenómeno de la revolución industrial y se construyó la nueva industria dejando de la lado el modelo artesanal de producción para pasar a nuevos sistemas y tecnologías de producción, todo esto con una creciente demanda de energía basada en el carbono, sin duda pero también con un desmedido nivel de extracción de los recursos no renovables, y con economías basadas en el principio de escasos como expresa la teoría y que están basadas en el consumismo y sin olvidar en las crecientes obligaciones contraídas a lo largo de los periodos gubernamentales de los países con los organismos de crédito, fenómeno que parece estar presente en nuestro país con mayor fuerza.

La situación actual del medio ambiente, en nuestro país y en el resto del mundo trata del conjunto de recursos (Azevedo, 2008), y que como resultado de los procesos políticos, sociales, tecnológicos, económicos y educativos, que son generados por la sociedad en donde se producen actividades de consumos vitales la mayoría para la vida, podría entenderse mejor como el ciclo de vida, y en el caso de los bienes el ciclo de vida de un producto, cada vez se ve amenazado y deteriorado. Todo este conjunto de actividades sin duda deben estar guiadas por la dinámica propia de un sistema económico que se interese por la sociedad y se comprometa a buscar el permanente desarrollo del ser humano. Se podría definir a la economía actual como la economía lineal, según Ellen Macarthur, (2013) porque trata de tomar, hacer y desechar” cada vez se trata de cantidades más grandes de materia prima y energías baratas de fácil acceso (Avalos & Avalos, 2016), esta premisa ha sido el plan en el que se basa el desarrollo industrial, lo cual está generando un nivel de crecimiento histórico

Pero el efecto inflacionario, la cadena de suministro, y las presiones han puesto en alerta a los empresarios, y a los responsables políticos, sobre el manejo y cuidado ambiental y los propios cambios climáticos y desastres naturales, han hecho pensar en el cambio del modelo de producción, el cual demande materia prima y la utilice eficiente y efectivamente los recursos, y además de aprovechar las ventajas competitivas. Una economía circular se caracteriza por el bajo consumo de energía, reducidas emisiones de agentes contaminantes y elevada eficiencia. Implica la aplicación de tecnologías de producción más limpia en las empresas, el desarrollo de parques industriales ecológicos, y una planificación integrada basada en los recursos para el desarrollo de las zonas industriales, agrícolas y urbanas (Pauli, 2010).

Hermida Balboa & Domínguez, (2014) en base a lo tratado en la cumbre de Río de 1992, la cual se constituyó un hito histórico para la discusión de la variable medioambiental dentro del ámbito económico-empresarial; aquí se definió al “desarrollo sostenible” con relación al “medio ambiente”, como elementos abióticos que rodean un organismo individual o una especie, de los cuales contribuyen a su bienestar. “Medio ambiente” también puede definirse como todos los componentes naturales de la Tierra (aire, agua, suelos, vegetación, animales, etc.) (Sauvé, Bernard, & Sloan,

2016). Según Macarthur, (2013), define a la economía circular como el sistema económico o modo de producción que equilibra al desarrollo económico con el medio ambiente y la optimización de recursos. También menciona que el modelo conocido como C2C, enfatiza la protección del medio ambiente, a través de procesos eficientes y eficaces asegurando el uso de los recursos, generando desde el inicio de la producción una cultura de responsabilidad social empresarial con el propósito de desarrollar en el corto plazo el reciclaje de lo producido.

Hermida Balboa & Domínguez, (2014), menciona lo desarrollado por McDonough (arquitecto estadounidense) y Braungart (químico alemán) quienes serían los precursores del término “De la Cuna a la Cuna” (Cradle to Cradle o también denominada C2C). Filosofía que tuvo énfasis en la década de los 90, la misma que considera al proceso de industrialización y comercial variables ligadas más aun definiendo como nutrientes, clasificándolas en procesos técnicos y biológicos. Este enfoque más bien se centra en los impactos positivos que se generan en los procesos productivos a diferencia de la economía lineal o tradicional la cual se centra en los impactos negativos (Comunidad Andina, 2013).

El calentamiento global se ha transformado hoy día en un ámbito estratégico, fuera de ser un problema en sí mismo es un sujeto de estudio que establece contacto con un conjunto de temáticas que involucran a las ciencias sociales estableciendo puntos sensibles en diversas dimensiones. La creciente preocupación por las amenazas relacionadas al calentamiento global ha llevado a voltear los ojos hacia las fuentes de emisiones de CO₂. A medida que las sociedades han evolucionado, los cambios a nivel de producción y de consumo generan actualmente consecuencias al aumento en los volúmenes de residuos generados y la presencia de materiales peligrosos en los mismos. (Boesch, M., & Hellweg, S., 2010).

Los gases con los cuales la sociedad humana contribuye principalmente al efecto invernadero son el Anhídrido Carbónico, el Metano y el Óxido Nitroso. El primero de ellos, también llamado Dióxido de Carbono (CO₂), el más importante y participa en la conformación del efecto invernadero en un 70%. (Rosas, 2003). En Latinoamérica, la problemática de los países en vías de desarrollo está vinculada a la gestión y disposición final de los residuos peligrosos, que muestra una falta de estructura adecuada, lo que ha ocasionado altos impactos ambientales. En el Ecuador, la cantidad de residuos peligrosos recolectados al año 2014 fue del 86 002. 676,37 kg/ año; el promedio en la generación de aceite lubricante usado es de 61736,764 kg/año (INEC, 2012).

La generación del aceite usado relaciona directamente al sector automotriz, disminuye la calidad ambiental, mayor degradación y aumento de la contaminación efecto directo sobre la salud humana. Es así que, en la última década el país registró el 14,2 % de incremento en su parque automotor su stock actual es de 1'723.000 vehículos (Comunidad Andina, 2013). El proponer un modelo de gestión ante una disposición final de los aceites usados, busca reducir la contaminación y demostrar el ahorro de energéticos ambientalmente seguros; fortaleciendo el mejoramiento de la calidad de vida de la población. Por lo cual en este trabajo evaluó el aprovechamiento energético de aceites usados generados por el parque automotor y su contribución a la sustentabilidad

ambiental mediante el coprocesamiento en hornos cementeros demostrando que el modelo de economía circular no solo se fundamenta como una teoría sino como un sistema económico.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Economía Circular

La economía es una ciencia social que abarca el estudio de variables que se relacionan con los procesos de producción, en su palabra más ampliada estudia la relaciones sociales de producción, es así que el arquitecto Ezio Manzini y el periodista Jordi Bigues, ambos considerados ecologistas y como pioneros en el tema economía circular, indican premisas en su obra “Ecología y Democracia”, las cuales plantean el modelo como un tema sostenible, con enfoques filosóficos que responden a las necesidades sociales, en el cual se toma varios factores los cuales centra su análisis en la; cultura, el ambiente, los procesos de producción, los materiales, su forma de usos y de reutilización (Azevedo, 2008). Plantearon además que el rol de emprendedor o innovador en su fase de diseño debe considerar aparte del escenario cotidiano los efectos de la utilización de los productos que se lanzarían al mercado, buscando siempre generar un bienestar social no solo económico (Manzini y Bigues, 2000).

Jordi Morató, Nicola Tollin, & Luis Jiménez, (2017) afirman que la Economía Circular supone un cambio radical de los sistemas de producción y consumo actuales. El cambio se debe dar hacia sistemas que sean regenerativos a partir de su diseño, para mantener el valor de los recursos (materiales, agua, suelo y energía) y de los productos y limitando, exponencialmente, los insumos de materias primas y energía. Esto evitará la creación de residuos e impactos negativos derivados, mitigando las externalidades negativas para el medioambiente, el clima y la salud humana. Aquí se hace un análisis en el cual se menciona que se debería desacoplar el sistema actual y formar uno nuevo con una nueva concepción apegado al tema circular, que racionalice el creciente uso de los recursos naturales destinados al proceso productivo, los mismos que genera impactos negativos al medio ambiente (Jordi et al, 2017). El concepto de economía circular viene de diversas fuentes referentes de eco-inteligencia. El término llamado eco-inteligencia se podría definir según como la capacidad de vivir tratando de dañar lo menos posible a la naturaleza, también consiste en tratar de entender las consecuencias que tiene sobre el medio en que vivimos el proceso de contaminación que generamos, sin embargo según Valverde Valdés (2005) menciona que son las acciones que realizamos para elegir lo más beneficioso para la salud del planeta. Continuando con la investigación de Hermida & Domínguez, (2014), en su filosofía de diseño de la Cuna a la Cuna (C2C) nos habla de que la economía circular debe ser la base del eco-diseño y de la producción industrial. La figura 1. Expone el sistema circular

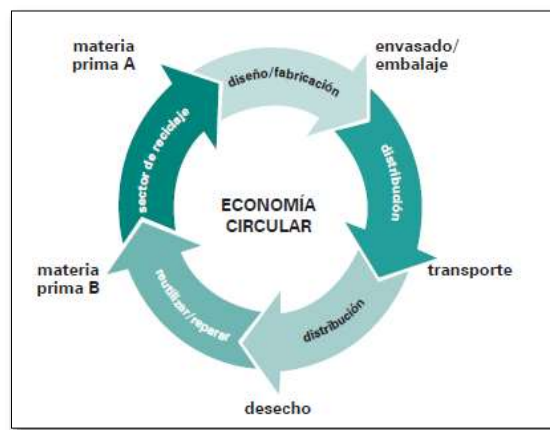


Figura 1, Modelo de economía circular.
Fuente: Hermida Balboa & Domínguez, 2014

Ramírez citado en la investigación de Hermida y Domínguez (2014) nos indican que la economía circular se basó en una serie de parámetros a aquellos son los que dan la pauta a los siguientes principios:

Principio en el cual abarca el tema sobre los desperdicios y los alimentos: aquí se omite el concepto de basura o residuo. Según varios autores como Ramírez y Galán (2012), “los productos que se desmontan una vez que dejaron de ser útiles esto quiere decir una vez que el consumidor final lo desecha, y sus componentes (biológicos) volvieron a formar parte de los ciclos naturales o industriales (técnicos) generan con un consumo mínimo de energía, así estos productos pueden ser reciclados”. Así de igual manera Hermida y Domínguez, afirman que “los nutrientes biológicos compuestos por materiales totalmente biodegradables, regresaron a la naturaleza sin problemas para ser integrados en los procesos naturales (Comunidad Andina, 2013); los nutrientes técnicos (principalmente polímeros o aleaciones) pueden ser reutilizados de manera sencilla y poco costosa en términos energéticos” (Hermida y Domínguez 2014).

- Hermida Balboa & Domínguez, (2014), hablan igual sobre la diversidad “como base para fortalecer los sistemas naturales más resistentes y resilientes: “son los sistemas ambientales los que están compuestos por una mayor diversidad de organismos y de interacciones entre los mismos” (Hermida y Domínguez 2014).

- Según Hermida Balboa & Domínguez, (2014), “los sistemas de interrelaciones: los elementos del sistema están altamente interrelacionados muestran entre ellos, relaciones no lineales; cuando se diseñó el sistema se tuvo en cuenta las interrelaciones internas y externas de los elementos que lo componían”.

- Otro principio de la teoría sobre las energías renovables, aquellas que ocurren en la naturaleza, aquí se debe buscar y priorizar las fuentes que se van renovando con el transcurso del tiempo. La economía circular apostó por la sustitución de los combustibles fósiles y nucleares, por energías renovables.

- Un principio importante del modelo es que habla sobre los precios verdaderos, los precios de los bienes no tiene un margen alto de ganancia por esto se considera un consumo racional de los mismos

De acuerdo a Hermida Balboa & Domínguez, (2014), la economía circular se basa en tres niveles los cuales son:

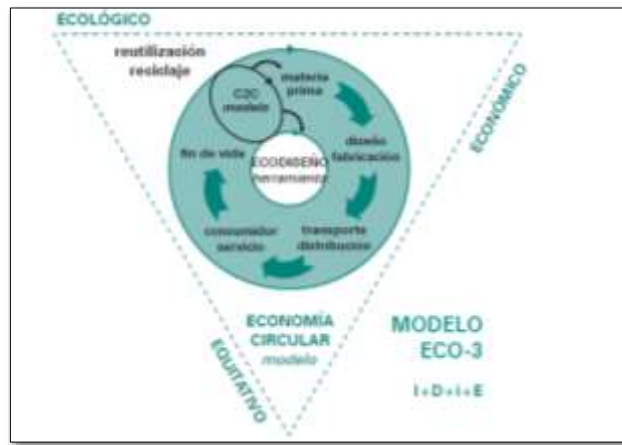
El primer nivel trata sobre la 3R; Reducir, Reutilizar y Reciclar es importante que el diagrama de la economía circular gire en torno a estas perspectivas.

El segundo nivel habla sobre el área eco-industrial y su procesos de encadenamiento de tal manera que toda su producción circular es totalmente incluida en el sistema de producción local". En este nivel se integra las distintas formas de producción y su consumo local, los recursos circulan entre los agentes de producción industrias y sistemas urbanos (Comunidad Andina, 2013). En este nivel se requiere el desarrollo del sistema de recolección, almacenaje, procesado y distribución de producto (Balboa & Domínguez, 2014),

En el Tercer nivel se integran los sistemas productivos y el consumo local, los recursos interactúan entre la industria y los sistemas urbanos diagrama de flujo circular (Comunidad Andina, 2013).

El modelo continúa y explica que existen 3 niveles en sus procesos, el primer nivel sería la etapa de desarrollo el segundo nivel la recuperación de los recursos utilizados y el tercero la creación de sistemas para la producción, empresas ecológica y sistemas públicos ambientales, (World Economic Forum 2014).

La integración de tipo regional se basaría en la gestión de flujos, "entre la recuperación urbano, suburbana y rural" (Hermida Balboa & Domínguez, 2014), un caso práctico de este para el tema de las bio-refinerías (utilizando biomasa descartada de fuentes rurales y urbanas) que podrían convertir estos recursos en bioenergía, y biomateriales, otro ejemplo fue el Eco-Industrial Park de Kalundborg, en Dinamarca. El proceso o ciclo de vida de un producto abarca desde su inicio hasta el final de vida útil es por esto que la economía circular es sostenible en el tiempo existen varios ejemplos como la producción de biodegradables o productos amigables con la naturaleza, el término reutilización no solo tiene que ver al momento de ingresar al mercado sino en todo su etapa de consumo minimizando el impacto generado por su utilización (Hermida Balboa & Domínguez, 2014). Se puede observar, que ambas disciplinas son coexistentes la económica y la ambiental; se encuentran altamente interrelacionadas y son multidisciplinarias en el proceso de implementación de una producción sostenible, objetivo de la industria



La Figura 2. Ciclo de vida de un producto
Fuente: Hermida Balboa & Domínguez, 2014

2.2 Desarrollo Sostenible

Vivimos en un mundo con rápidos cambios ambientales antropogénicos, el problema comienza con la definición de "entorno". En realidad, "medio ambiente" puede definirse como elementos abióticos que rodean un organismo individual o una especie, incluyendo muchos de los cuales contribuyen a su bienestar "Medio ambiente" también puede definirse como todos los componentes naturales de la Tierra (aire, agua, suelos, vegetación, animales, etc.)(Sauvé et al., 2016). Sin embargo, no damos cuenta de que el desafío de las disciplinas diferentes crece con el grado en que difieren de los enfoques científicos, la formación de expertos y los objetivos deseados. Por ejemplo, químico de la síntesis de la química orgánica del trabajo químico, Sin embargo, no damos cuenta de que el desafío de las disciplinas diferentes crece con el grado en que difieren de los enfoques científicos, la formación de expertos y los objetivos deseados. Por ejemplo, una químico de la síntesis de la química orgánica del trabajo químico, con relativeease, en un multi / inter / pluri / disciplinario con un analítico con propósitos positivos .Sin embargo la distancia en el enfoque y el pensamiento en los pliegues si nos tenemos que combinar a nuestro ingeniero químico para mejorar el rendimiento de la planta de tratamiento de aguas residuales diferentes disciplinas científicas fundamentales que se encuentran en la misma familia ciencias, por ejemplo, si combinamos la química, la física).

En la investigación de Bravo (2016), indica que durante el año 1987 cuando, por primera vez, la llamada Comisión Brundtland, conducida por la señora Gro Harlem Brundtland, dirigió la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo en el Informe: Nuestro Futuro Común; utiliza el concepto desarrollo duradero, también reconocido como desarrollo sostenible o viable (Bravo y García, 2016), En su informe se indica la crisis que vive el sector ambiental, con una relación directa al parecer con la pobreza, estos serían desafíos que están presentes para l humanidad desde sus inicios y para el futuro. Como señala (Lvovsky, 2001) existe una relación entre condición social y pobreza entre el desempleo y desigualdad social todos estos efectos negativos impactarían sobre

el incremento de la contaminación. Dourojeanni, (1994), habla sobre los factores que coexisten par una adecuada conformación y desarrollo de sistemas productivos

Sin duda el término sustentable en un primer análisis debería entenderse como un tema confuso y de difícil acceso, existen varias definiciones sobre el mismo que hablan varias varios autores, pero todos concluyen que se trata del mejoramiento sostenido y equitativo de los recursos En una época se definió al termina como una versión clásica por lo cual se ha clasificado ahora en una versión moderna al termina en donde existe mayor convergencia entre los autores, los cuales identifican como sostenido y equitativo el uso igualitario de los recursos naturales, en las actuales generaciones, sin afectar a las generaciones venideras (Bravo y García, 2016).

Con lo expuesto se pude conceptualizar al término “sustentabilidad” como un proceso que busca la constante mejora sostenida e igualitaria de la calidad que brinda a los seres humanos los sistemas de producción, mitigando el impacto social y económico. Balboa & Domínguez, (2014) informan sobre la “Cumbre de la Tierra” en donde se expuso la importancia del termino sustentable su mayor aporte fue el análisis del termino sostenible el cual se *“...convirtió a la crisis ambiental en uno de los puntos principales de la agenda internacional y estableció un vínculo entre los conceptos de ambiente y desarrollo, generando el nuevo paradigma del desarrollo sustentable”* (Hermida Balboa & Domínguez, 2014)

También es importante lo ocurrido en la Cumbre de Johannesburgo sobre el cambio climático (2002), en su análisis de desarrollo sostenible se entiende, “como el proceso mediante el cual se satisfacen las necesidades económicas, sociales de diversidad cultural y de un medio ambiente sano de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de las mismas a las generaciones futuras” (Organización de las Naciones Unidas, 2010) Dentro del concepto de desarrollo sustentable, varios autores muestran su interacción y semejanzas en ideas con algunas implicaciones económicas, sociales y ambientales que se derivan de un conjunto de diligencias conducentes de la gestión de la calidad ambiental. Explicando de forma distinta se podría decir que el desarrollo sustentable es la estrategia mediante la cual se organizan las actividades antrópicas que afectan al ambiente(Hermida Balboa & Domínguez, 2014), con el fin de lograr una adecuada calidad de vida, previniendo o minimizando los problemas ambientales; esta gestión es llevada a cabo por medio la interacción que se muestra en la figura.

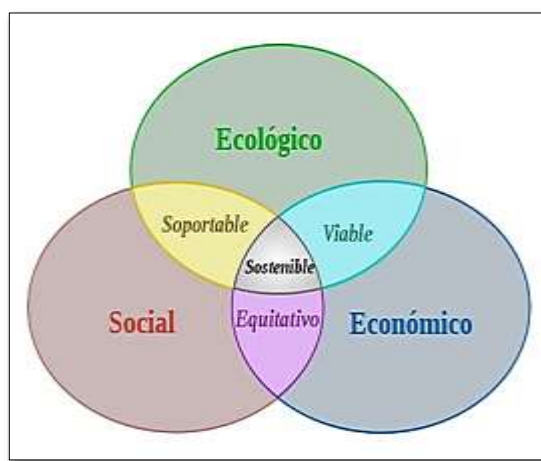


Figura 3. Desarrollo sustentable

2.3 Valorización energética de los aceites usados

En el contexto energético, se ha aceptado el término biomasa para denominar a una fuente de energía de tipo renovable que comprende la utilización de toda una gama de biocombustibles de diversa naturaleza (sólidos, líquidos o gaseosos) que pueden tener aplicación en todos los campos de utilización de los combustibles tradicionales (electricidad, transporte, usos térmicos y como materias primas para la industria química). Esta gran diversidad de posibilidades es una de las diferencias básicas de la biomasa respecto de las restantes energías renovables, en las que la producción de energía primaria consiste básicamente en electricidad o calor. (Fernandez, 2006)

La valorización energética del aceite lubricante usado tiende a estar susceptible de ser utilizado como materia prima o como una fuente energética. El concepto de “valorización energética” es la sustitución parcial de los combustibles fósiles tradicionales por combustibles derivados de residuos, mediante la generación de energía y/o la recuperación de calor; sin poner en riesgo la salud humana y de métodos que no puedan dañar al medio ambiente. (Lagarinhos & Tenório, 2008). Un combustible alternativo es el producto obtenido a partir de uno o varios residuos industriales con poder calorífico, que cumple con una especificación definida y reglamentada por la autoridad ecológica. También se conocen con el nombre de combustibles secundarios, derivados de desechos. (PNUMA, 2012). El término aceite lubricante usado, tiene dos connotaciones, puesto que se lo utiliza para los lubricantes que están siendo utilizados, como también a los conocidos como aceites de desperdicio o quemados. El aceite lubricante después de su uso, adquiere concentraciones elevadas de metales pesados producto principalmente del desgaste del motor o maquinaria que lubricó (Delgado & Parra 2007).

2.4 El Coprocesamiento desde la perspectiva del residuo al recurso

El coprocesamiento en la industria cementera es la forma óptima de recuperación de la energía y la materia de residuos. Ofrece una solución sólida y segura para la sociedad, el medio ambiente y la industria cementera, sustituyendo los recursos no renovables por residuos bajo

estrictas medidas de control. La industria cementera tiene el compromiso de asegurar que la sociedad disponga de suficiente cemento para cubrir necesidades y, al mismo tiempo, reducir el uso de combustibles y materias primas no renovables, disminuyendo así las emisiones. La recuperación de residuos en la industria cementera entre ellos los aceites usados, también llamada coprocesado, contribuye a facilitar la posibilidad de alcanzar un máximo de sustitución de materiales no renovables.

Los tipos de residuos que pueden usarse en una planta cementera varían en función de cada instalación. Como regla básica, los residuos aceptados como combustible y/o materia prima alternativa deben aportar un valor añadido al horno de cemento en términos de poder calorífico del valor material de la parte mineral. Algunos combustibles alternativos cumplirán a la vez ambos requisitos, haciendo difícil formular un criterio general en relación a los materiales que son coprocesados en la industria cementera. Según las características del proceso de producción, la industria cementera puede coprocesar, combustibles alternativos que tengan un importante poder calorífico para el caso de aceites usados. Es estrictamente necesario que exista un correcto sistema de control de calidad para todos los materiales utilizados, ya que, de esta forma, se asegura que el coprocesado se lleva a cabo de una manera medioambientalmente segura, manteniendo: la seguridad y salud de la población, el comportamiento medioambiental del proceso de producción, la alta calidad del producto final y un proceso de producción correcto e ininterrumpido.

La economía circular tiene por objeto desacoplar la prosperidad del consumo de recursos, es decir, cómo podemos consumir bienes y servicios y no depender de la extracción de recursos vírgenes y, por lo tanto, asegurar los lazos cerrados que evitan la disposición eventual de mercancías consumidas en rellenos sanitarios. La producción y el consumo también tienen asociadas "transferencias de contaminación" al entorno en cada paso. En ese sentido, la economía circular es un movimiento hacia la sostenibilidad débil descrita anteriormente. Propone un sistema en el que la reutilización y el reciclado proporcionan sustitutos al uso de materias primas vírgenes. Al reducir nuestra dependencia de esos recursos, mejora nuestra capacidad y la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades. La economía circular hace que la sostenibilidad sea más probable. (Sauvé, Bernard, & Sloan, 2016).

2.5 La recuperación de residuos a la reducción de las emisiones de CO₂

La recuperación de residuos ofrece un alto potencial a la industria cementera para reducir las emisiones globales de CO₂. Sin el coprocesado, los residuos y subproductos serían incinerados donde emitirían consecuentemente sus gases de efecto invernadero. La recuperación de energía y reducción de emisiones a la atmósfera, con el coprocesamiento de residuos industriales, según Genon (2008), indica que no existe un incremento en las emisiones de los hornos, sino un ahorro relevante en términos de emisiones de CO₂, SO₂ y NO_x liberadas a la atmósfera dado que los residuos reemplazan otros combustibles fósiles que generan mayores niveles de CO₂.

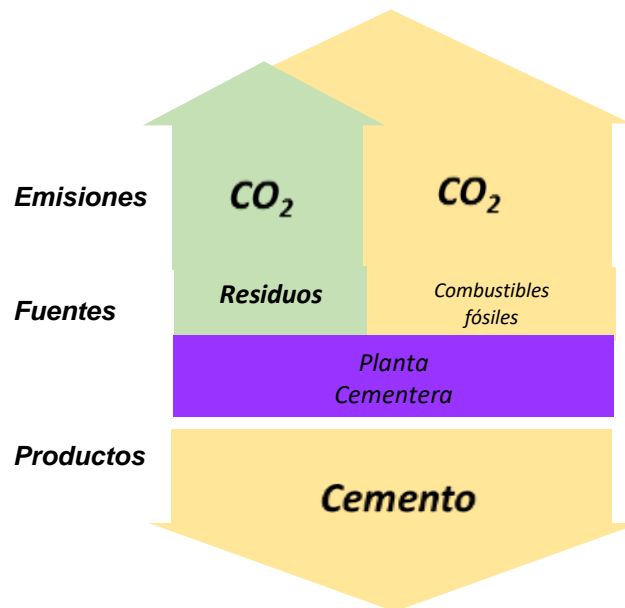


Figura No.4: Reducción de las emisiones, dado el coprocesamiento de residuos para la producción de cemento que recibe gran atención en el campo de la sostenibilidad debido a su alto consumo de energía, intensidad del uso de recursos y su gran demanda a nivel mundial. (Boesch, M., & Hellweg, S., 2010)

La destrucción de componentes inorgánicos durante la incineración de residuos peligrosos impone una temperatura superior a 850°C por al menos 2 segundos para la incineración de residuos peligrosos no clorados. El horno de cemento llega a una temperatura de los 1450°C en la harina cruda para lograr la fusión de las materias primas y obtener clínker, componente principal del cemento. (GTZ/Holcim, 2006).

2.6 Tecnología de coprocesamiento

El grado de sustitución de los combustibles convencionales por combustibles alternos en un horno de clínker depende de la composición y el poder calorífico. La combustión en los hornos de cemento se realiza con un exceso de oxígeno que debe limitarse para no sacrificar en exceso la eficiencia energética que se encuentra condicionada, además, a la uniformidad del combustible y a su adecuado manejo para facilitar una correcta y completa combustión. Por su capacidad calorífica el aceite usado se constituye en uno de los residuos con mayor potencial a ser empleado como combustible en los hornos cementeros.

Es factible estimar no solo por sus propiedades y características sino por la necesidad de contar con alternativas energéticas en la industria cementera.

3 CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS DEL ACEITE USADO COMO POTENCIAL COMBUSTIBLE

Las variables fisicoquímicas que se deben tener en cuenta en la identificación de los componentes de los aceites usados como un potencial combustible alternativo, mencionan ensayos de laboratorio que serán registrados bajo la normativa ASTM - D. (Gordon, 2005)

Rosales, L. (2008), menciona que para el azufre y el cloro es también un factor limitante en un desecho peligroso en especial del aceite usado y determina la calidad del residuo no sólo por razones ecológicas, sino también por razones técnicas. El grado de sustitución de los combustibles convencionales por combustibles alternos en un horno de clínker depende de la composición y el poder calorífico de algunos materiales utilizados en la combustión de un horno cementero.

La tabla 1 muestra la caracterización de los componentes presentes en el ensayo de bases lubricantes de aceites combustibles.

Tabla 1. Ensayos de bases lubricantes, aceites automotrices.

ENSAYO	NORMA ASTM	LÍMITE
Punto de Inflamación (°C)	D - 92	Min. 250
Densidad relativa a 60 ° C	D - 1298	Reportar
Densidad relativa 60/60 °F (°API)	D - 287	Reportar
Agua y sedimentos básicos (% V)	D - 96	Max 1,0
Azufre (% P)	D - 4294	Max 2,0
Viscosidad cinemática a 50°C, (cSt)	D - 445	>201
Cenizas (% P)	D - 482	Max. 0,1
Carbón Conradson (%P)	D - 189	Max.16
Poder calorífico bruto (kcal/kg)	D - 240	Reportar
Vanadio (mg/kg)	D - 5056	Reportar
Cromo (mg/kg)	D - 5057	Reportar
Níquel (mg/kg)	D - 5058	Reportar
Plomo (mg/kg)	D - 5059	Reportar

Fuente: ASTM (2015)

3.1 Aspectos legales

La nueva Constitución de la República del Ecuador, publicada en el Registro Oficial (R.O.) Nº 449 el 20 de octubre de 2008, sintetiza e integra los conceptos ya conocidos a continuación:

- Biósfera, ecología urbana y energías alternativas.
- Recursos naturales.
- Ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales.
- Sectores estratégicos.

Dentro de las prioridades del desarrollo sustentable y la filosofía del Buen Vivir Plan Nacional 2013 – 2017, está la conservación y el uso sostenible los recursos naturales, la inserción de tecnologías ambientalmente limpias, la aplicación de la eficiencia energética, así como la prevención, el control y la mitigación de la contaminación. (SENPLADES, 2014)

En base a este enfoque transversal surgen estrategias aplicadas en la formulación de esta investigación en función de los Objetivos 7 y 10: Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global e Impulsar la transformación de la matriz productiva.

3.2 Ley de gestión ambiental

La Ley de Gestión Ambiental establece normas básicas para la aplicación de políticas ambientales así como un esquema de administración ambiental por parte del país a través de un manejo horizontal presidido por el Ministerio de Medio Ambiente.

El manejar estrategias para la gestión de desechos peligrosos es un tema casi inexplorado en América Latina, en el Ecuador actualmente se maneja con la Ley de Gestión Ambiental (TULS, 2015), que persigue identificar las políticas y guías necesarias que permitan conocer los procedimientos ambientalmente seguros y enmarcados en los siguientes criterios, que se detallan en la figura.

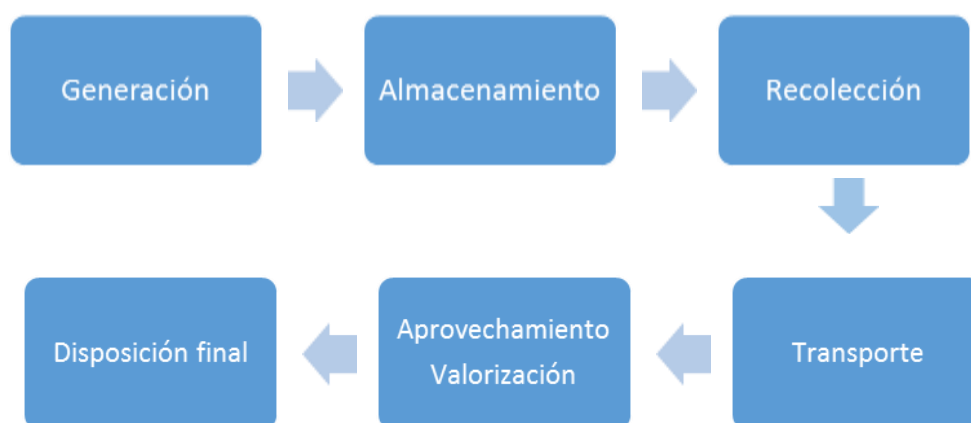


Figura 5. Proceso de gestión integral de desechos peligrosos.
Fuente: TULS, 2016

Conforme al Acuerdo Ministerial, destaca en el Art. 25 Licencia Ambiental.- Es el permiso ambiental otorgado por la Autoridad Ambiental Competente a través del SUIA, siendo de carácter obligatorio para aquellos proyectos, obras o actividades considerados de medio o alto impacto y riesgo ambiental.

En el Texto Unificado de Legislación Secundaria (TULS, 2015) del Ministerio de Ambiente, en su Artículo 57 Responsabilidades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales señala, que se garantizará el manejo integral de residuos y/o desechos sólidos generados en el área de su competencia, ya sea por administración o mediante contratos con empresas públicas o privadas; además dar seguimiento para que los residuos peligrosos y/o especiales sean dispuestos, luego de su tratamiento, bajo parámetros que garanticen la sanidad y preservación del ambiente.

3.3 La generación del aceite lubricante usado en la ciudad de Riobamba

Según fuente del GADM de Riobamba al año 2014 su parque automotor contaba con la cantidad de 32 000 vehículos y una generación aproximada de 34 203.91 galones de aceite usado mensual. (Cadena, 2014). La generación de este tipo de residuo lo relaciona al sector automotriz

ante el recambio del aceite por tareas de mantenimiento a vehículos en general, actividades efectuadas desde las mecánicas, lubricadoras, estaciones de servicios.

En la Tabla 2 se determina la tasa de crecimiento del parque automotor de la ciudad de Riobamba a continuación señalada:

Tabla 2. Tasa de crecimiento vehicular en la ciudad de Riobamba.

Año	Tasa de crecimiento		
	Autos	Buses	Camionetas
2007	2.43%	2.66%	2.26%
2011	2.43%	2.66%	2.26%
2017	2.17%	1.95%	2.03%
2027	1.78%	1.60%	1.69%

* La tasa de crecimiento vehicular entre el año 2012 al 2014 fue del 16.87%
Fuente: GADM de Cantón Riobamba,

La estimación frente a la generación de aceites usados al año 2018 del parque automotor de la ciudad de Riobamba, frente al análisis efectuado en la Tabla 2, presenta datos registrados in situ en centros técnicos de mantenimiento automotriz, en especial a talleres mecánico donde se obtuvo la siguiente información:

Tabla 3. Estimación de la generación de aceites usados automotrices.

Tipo automotor	Total 2018	Consumo mensual de aceite usado (galones)	Total mensual de aceites usados (galones)
Autos	38856	1	38856
Buses	3215	5	16075
Camionetas	7996	2,5	19990
Total	50067	8.5	74921

Elaborado por: Investigadores

Fuente: Centros técnicos de mantenimiento automotriz ciudad de Riobamba.

3.4 Impactos ambientales por uso de aceites usados en la industria cementera

La valorización energética tiene por objetivo la sustitución parcial de los combustibles fósiles tradicionales por combustibles derivados de residuos, mediante la generación de energía y/o la recuperación de calor; sin poner en riesgo la salud humana y sin la utilización de métodos que puedan dañar al ambiente. La normativa ambiental internacional para el uso y aprovechamiento de combustibles a base de residuos peligrosos en especial aceites usados generado por el parque automotor, sugiere el control de sustancias altamente contaminantes cuyos límites de emisión demandan mejoramiento tecnológico en las plantas de producción industrial. De acuerdo a Diosdado (2009), las industrias logran establecer sistemas de generación de combustibles alternativos y modificaciones tecnológicas para su uso, los costos podrían disminuir y los beneficios tanto empresariales como sociales podrían aumentar.

La cadena de procesos de producción y uso de residuos aceitosos está asociada con muchos de los impactos, comenzando por la recolección, transporte y disposición final. La

producción de residuos de aceites usados por sí misma causa al menos dos diferentes tipos de impactos ambientales: (1) las cargas debidas al consumo de los procesos energéticos; y (2) procesos de descarga o emisiones al aire. El uso de aceites usados de igual forma causa otros diferentes tipos de impactos ambientales cuando es coprocesado, por ejemplo en el proceso de producción del cemento. (p.p. 65- 78). En un horno cementero las altas temperaturas son causa de una alta producción de óxidos de nitrógeno (NOx), la Tabla 4, analiza las emisiones al aire máximas permisibles de un horno cementero tomándose en cuenta por oxidación del nitrógeno molecular del aire de combustión, como de los combustibles.

Tabla 4. Emisiones al aire de gases con carga normal del horno cementero

Parámetro	Límite máximo permisible
NOx	1800 PPM
SO ₂	800 PPM
Partículas	150 PPM

Fuente: UCEM Planta Chimborazo

4 METODOLOGÍA

La metodología utilizada fue cuantitativa con un nivel de conocimiento correlacional, en base al enfoque investigativo de campo y laboratorio, que se relacionan entre dos variables, la una de prueba estadística; y la otra bajo la comprobación de una hipótesis planteada. El presente estudio define la variable independiente en base a la caracterización de los aceites usados generados de fuentes automotrices y por otro lado una variable dependiente que relaciona la sustentabilidad ambiental mediante coprocesamiento en hornos cementeros.

La población de estudio analizó al grupo generador de aceite usado del parque automotor de la ciudad de Riobamba, tomando en cuenta al grupo de lubricadoras, lavadoras, autoservicios y mecánicas. La información en la Tabla 5 hace referencia al detalle de la población de estudio de aceites usados generados por la ciudad de Riobamba.

Tabla 5. Población de estudio aceites usados generados por la ciudad de Riobamba.

Categorías	Población
116 lubricadoras del cantón Riobamba	Cantidad de aceite generado de 280 tanques de aceite usado. (15 362 gal / mes)
61 lavadoras del cantón Riobamba	Cantidad de aceite generado de 147 tanques de aceite usado. (8 078 gal / mes)

Fuente: GADM Cantón Riobamba, 2015

El tamaño de la muestra se analizó a partir de la fórmula estadística para población finita, utilizando un nivel de confianza del 95%, que equivale al valor de 1.96, con un margen de error del 5%, y con una probabilidad de éxito y de fracaso de 0,5. A continuación la Tabla 6 se presenta los resultados de la muestra a partir de su respectiva población para el caso del grupo generador de los aceites usados de la ciudad de Riobamba.

Tabla 6. Resultados muestra cantidad de aceite usado a caracterizarse

Categorías	Muestra
3 lubricadoras del cantón Riobamba	Cantidad una muestra en 1.4 tanques de aceite usado
6 lavadoras del cantón Riobamba	Cantidad una muestra en 2.6 tanques de aceite usado

MUESTRA* la cantidad generada de la muestra es de 0.25 litros cantidad mínima requerida por los diferentes laboratorios para sus respectivas pruebas.

Fuente: GADM Cantón Riobamba, 2015

4.1 Instrumento de evaluación

Se aplicó un instrumento correspondiente a la guía de caracterización ante un diagnóstico inicial sobre la composición físico-química del aceite usado generado por el parque automotor de la ciudad de Riobamba; adicional al análisis del combustible utilizado en el horno cementero de la UCEM Planta Chimborazo. Para ello se estableció una estrategia metodológica en función al análisis de la inferencia estadística o llamada Análisis de Varianza (ANOVA), como una alternativa adecuada para el desarrollado de variables de la composición físico – química del aceite usado ante el coprocesamiento y criterio de sustentabilidad ambiental.

Para validar el instrumento se utilizó tanto una metodología cualitativa, identificando actores entre ellos el GADM de cantón Riobamba y una planta industrial cementera siendo UCEM CEM Planta Chimborazo.

4.2 Modelación y Procesamiento de la Información (Procedimiento)

La frontera del estudio se limita al análisis físico químico de la composición entre el aceite lubricante usado y el combustible del horno cementero, en base a la caracterización y el posible uso como un combustible alternativo. La sustitución del combustible fósil por aceite usado se realiza al sistema de combustión del horno cementero, en donde los impactos ambientales están directamente relacionados a la sustentabilidad del entorno urbano, que para ambos el proceso tradicional y el coprocesamiento, se mantiene constante. En base al análisis de caracterización y bajo una sustitución porcentual, se define una codificación de las distintas muestras recolectadas bajo una población y muestra determinada.

La Tabla 7 ilustra la modelación ante el análisis de un procesamiento estadístico de distintas mezclas entre el residuo industrial del horno cementero de UCEM CEM Planta Chimborazo y el aceite usado recolectado en el acopio provisional del GADM de la ciudad de Riobamba. Señalándose una codificación receptiva.

Tabla 7. Porcentaje de la mezcla

Residuo Petrolero Industrial	Aceite Usado	Muestra
80%	20%	A
76%	24%	B
72%	28%	C
70%	30%	D

El detalle analiza las cantidades recolectadas presentadas a continuación:

Muestra A. Cantidad de 80cm³ de Residuo Petrolero Industrial + 20cm³ de Aceite Usado en una proporción de 1 litro de Combustible Mezclado.

Muestra B. Cantidad de 76cm³ de Residuo Industrial + 24cm³ de Aceite Usado en una proporción de 1 litro de Combustible Mezclado.

Muestra C. Cantidad de 72cm³ de Residuo Industrial + 28cm³ de Aceite Usado en una proporción de 1 litro de Combustible Mezclado.

Muestra D. Cantidad de 70cm³ de Residuo Industrial + 30cm³ de Aceite Usado en una proporción de 1 litro de Combustible Mezclado.

4.3 Validación del instrumento

La validación del instrumento se precisa a la *investigación experimental* misma que toma las muestras de una orimulsión permitiendo generar un grupo donde hay un *factor*, que se denomina *tratamiento*, que tabula una caracterización físico – química. El tratamiento estadístico utiliza un grupo de control a cada una de las mezclas seleccionadas que determinan si existe evidencia estadística de que alguno de los tratamientos aplicados y el grupo de control presentan alguna diferencia en cuanto a los niveles de cada una de las variables de caracterización.

Mediante el procedimiento del análisis de varianza ANOVA se verificará el rechazo de la hipótesis nula del control, bajo una comparación de múltiples variables de los tratamientos verificando si existe una respuesta diferente en algunas de sus medias y confirmándose con la prueba de DUNNET.

5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de laboratorio de las muestras analizadas, en función a porcentaje establecidos denominadas A, B, C y D fueron ensayadas de acuerdo a la norma ASTM, los mismos que fueron entregados por el laboratorio de la Universidad Central del Ecuador de la Escuela de Ingeniería Química.

A partir de los datos obtenidos del análisis físico químico de las distintas mezclas de combustible; los resultados son resumidos en la Tabla 8 para su respectivo análisis y discusión.

Tabla 8. Resultados estadísticos en la mezcla Residuo Petrolero y Aceite usado

Resultados de los análisis	Hipótesis nula H_0
Poder Calorífico Bruto (kcal/kg)	Aceptada
Punto de Inflamación °C	Aceptada
Densidad Relativa (--)	Aceptada
Densidad API (° API)	Aceptada
Densidad 15 °C (kg/l)	Aceptada
Viscosidad Cinemática a 50°C (cSt)	Rechazada
Viscosidad Redwood N° 1a 100° F(s)	Rechazada
Azufre (%P)	Aceptada
Cloro (Cl)	Aceptada
Agua y Sedimentos	Aceptada
Básico, BSW (%V)	Aceptada
Cenizas (%P)	Aceptada
Carbón Coradson (%P)	Aceptada
Vanadio (mg/ kg)	Aceptada
Cromo (mg/kg)	Aceptada
Níquel (mg/kg)	Aceptada
Plomo (mg/kg)	Aceptada

El resultado indica el Análisis de la Varianza (ANOVA) de cada una de las distintas mezclas de los combustibles y la comprobación con la prueba de DUNNET. El análisis de los resultados ante la caracterización de la propiedades físico - químicas de la mezcla entre el residuo petrolero y el aceite usado analizó tratamientos frente a la existencia de diferencias significativas que pudieran afectar al proceso de combustión. En la mezcla de combustible de residuo petrolero industrial y aceite usado, ante una valorización energética en el horno cementero de UCEM CEM Planta Chimborazo, todas las variables analizadas en su caracterización físico – química son aceptadas a la hipótesis H_0 , a excepción de las viscosidades. En los tratamientos analizados no hay diferencias significativas entre el uso de una y otra mezcla, la Tabla 9, corresponde a un ejemplo ejecutado del

análisis de la varianza de la mezcla entre residuo petrolero y aceite usado ante la variable del poder calorífico, demostración que utilizó la herramienta informática EXCEL y MINITAB.

Tabla 9. ANOVA del poder calorífico de la mezcla de Residuo Petrolero y Aceite usado

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
A	3	27457	9152,333333	236744,3333
B	3	27952	9317,333333	29276,33333
C	3	28309	9436,333333	47756,33333
D	3	28026	9342	49296

A cada una de las variables presentes en las distintas mezclas se generó el estadístico de análisis de varianza (ANOVA) de acuerdo a propiedades físico - químicas obtenidas de los tratamientos no hay diferencias significativas en cada una de las variables. A partir del resultado de igual forma se comprobó mediante el análisis de comparaciones múltiples de DUNNET cada una de las variables presentes en la mezcla. La Figura 6 corresponde a un ejemplo ejecutado en la comparación de la variable del poder calorífico mediante el análisis de comparaciones múltiples, demostración que utilizó la herramienta informática MINITAB. En el caso particular del análisis efectuado al tratamiento de la variable viscosidad, los resultados confirmaron la hipótesis rechazada, observándose que esta variable conlleva una relación directa entre el punto de inflamación variable que fue aceptada, por lo tanto se observó, que mientras menos viscoso es el combustible, se necesitará calentarlo menos para que se inflame y como consecuencia su punto de inflamación será menor.

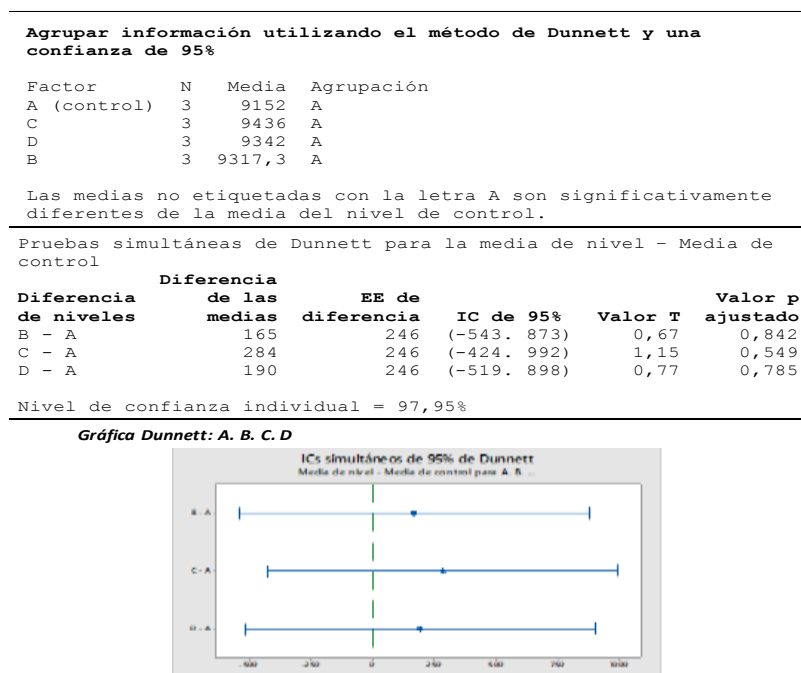


Figura 6. Comprobación del Análisis estadístico del poder calorífico comparación múltiple de DUNNET

5.1 Análisis de la rentabilidad del proyecto

Para este análisis se consideró los siguientes indicadores de evaluación de rentabilidad del proyecto como son el Valor actual Neto "VAN" y la Tasa Interna de Retorno "TIR" a continuación presentados en la Tabla 10

Tabla 10. Proyección del flujo de caja

Año	Flujos efectivos	Valor presente
0	\$ -(170.000,00)	(\$ 170.000,00)
2018	\$ 84.454,96	\$ 75.406,21
2019	\$ 107.852,32	\$ 85.979,21
2020	\$ 139.937,68	\$ 99.604,88
2021	\$ 186.471,12	\$ 118.505,77
2022	\$ 242.477,68	\$ 137.588,35
Valor Presente Neto "VAN"		\$ 347.084,42
Tasa Interna De Retorno "TIR"		64%

El proyecto presenta un VAN positivo de USD\$ 347.084,42 considerando un costo de capital promedio ponderado de 12% anual, y una tasa interna de retorno de 64%. Este resultado muestra un escenario positivo por la ejecución del proyecto pues indica que, de invertir el dinero en el proyecto se va obtener un rendimiento 6 veces superior al rendimiento esperado si el dinero se deja en un banco

5.2 Valorización energética análisis del costo & beneficio

Los servicios ecosistémicos están expresados en Comparaciones con mediciones económicas tradicionales. Sin embargo, Representan beneficios "basados en tierra", más que beneficios "basados en dinero". El valor de mercado de todos los bienes y servicios finales País (dentro de un año), es una medida complementaria de la situación de la economía. (Costanza et al. 1997). Una relación entre sus recursos (energía y flujos de (Expresado en términos de tiempo), son beneficios económicos (ecosistema valor del servicio o, alternatively, PIB, expresado en términos monetarios) del sistema y definidas como la capacidad del sistema para incrementar la producción. (Coscieme et al., 2014). El coprocesamiento de aceites usados genera un valor tanto desde el punto de vista ambiental y energético; y, su valor económico lo determina el mercado informal. El análisis productivo del horno cementero de UCEM CEM Planta Chimborazo, entre el año 2016 y 2017 tendrá un promedio de 600 toneladas de clínker al día. Para producir una tonelada se utiliza en un promedio 26 galones de residuo industrial petrolero a un valor de de 0.64 US\$/galón. El análisis costo beneficio se observa dentro de la Tabla 11, que muestra una demanda y una valorización energética del aceite lubricante usado.

Tabla 11. Análisis de costo & beneficio por coprocesamiento de aceite usados.
Proyección de ahorro por costos de energía térmica

AÑO	Generación anual Aceites usados (gls)	Costo anual (0.64 USD) Residuo Petrolero	Costos anual (0.34 USD) Aceite usados
2018	316044,00	\$ 202.268,16	\$ 107.454,96
Ahorro energético anual		\$ 94.813,20 USD	

En general el aceite usado posee ventajas energéticas como su elevado poder calorífico, y no necesita un tratamiento de calentamiento para su inyección en el horno, por ende existe un ahorro de energía.

5.3 Gestión integral de sustentabilidad ambiental de los aceites usados

El programa de recolección y disposición final de los aceites usados frente a una gestión integral con adecuadas prácticas ambientales, conllevó a realizar encuestas a 30 empresas que generan aceites lubricantes usados en la ciudad de Riobamba, dichas empresas fueron 19 mecánicas, 5 lavadoras, 6 lubricadoras, obteniéndose los siguientes resultados.

En cuanto al manejo de los aceites usados de las 30 empresas, la Tabla 12, muestra que el 100% admitió tener pérdidas en la extracción de los mismos, así no cuentan con respaldos físicos que validen la cantidad exacta del volumen que se maneja en dichas instalaciones.

Tabla 12. Condiciones de manejo de aceites usados

	Pérdidas en extracción	Zona delimitada de almacenamiento	Respaldos de cantidad almacenada
SI	30	1	0
NO	0	29	30

Además se evidenció que el 96,67% no posee una zona delimitada para el almacenamiento seguro de los aceites extraídos de los vehículos. Las condiciones de operación mostradas en la Tabla 13, determinaron que el 96.67% de estas 30 empresas cumplen con los requisitos legales de funcionamiento, sin embargo en la guía de buenas prácticas ambientales del manejo de los aceites el 100% no disponen del buen uso.

Tabla 13. Condiciones de operación del aceite usado

	Pérdidas en extracción	Zona delimitada de almacenamiento	Respaldos de cantidad almacenada
SI	30	1	0
NO	0	29	30

En cuanto a la entrega de aceites por parte de estas 30 empresas, la Tabla 14 demuestra que el 33.33 % dispone de un espacio seguro donde pueden realizar el procedimiento de carga de los residuos acumulados en las instalaciones, y el 100% no cuenta con un plan de contingencias ante cualquier eventualidad de goteo, fuga o derrame.

Tabla 14. Condiciones de entrega del aceite usado

	Ubicación del vehículo sin interferencia	Posee la empresa un plan de contingencia
SI	1	0
NO	29	30

5.4 Propuesta de coprocesamiento ante la sustentabilidad ambiental

La gestión integral ante la disposición final de los aceites usados generados por el parque automotor de la ciudad de Riobamba considera, la utilización como combustible, en la industria cementera, existiendo beneficios ambientales, donde la quema de combustibles convencionales comparado con la quema del aceite lubricante usado, genera la misma cantidad de emisiones a más de la conservación del recurso no renovable como son los combustibles fósiles. El sistema de coprocesamiento integral es la propuesta final que incluye el manejo del aceite usado desde la generación hasta su procesamiento y/o disposición final, cumpliéndose criterios de legislación, las buenas prácticas ambientales y el aprovechamiento energético de los residuos cuya finalidad es:

- Definir metodologías de comunicación entre los distintos participantes del sistema de coprocesamiento, en los aspectos referidos a las actividades de almacenamiento, recolección, movilización y disposición final de los aceites lubricantes usados.
- Identificar, mantener y disponer la documentación y los registros del manejo integral de los aceites lubricantes producidos por el parque automotor de la ciudad de Riobamba.
- Identificar y tener acceso a los requisitos legales, ambientales y otros relacionados con el manejo de los aceites lubricantes usados.

La Figura 7 muestra el procedimiento propuesto en el sistema de coprocesamiento ante la sustentabilidad ambiental y disposición final del aceite usado del parque automotor de la ciudad de Riobamba.

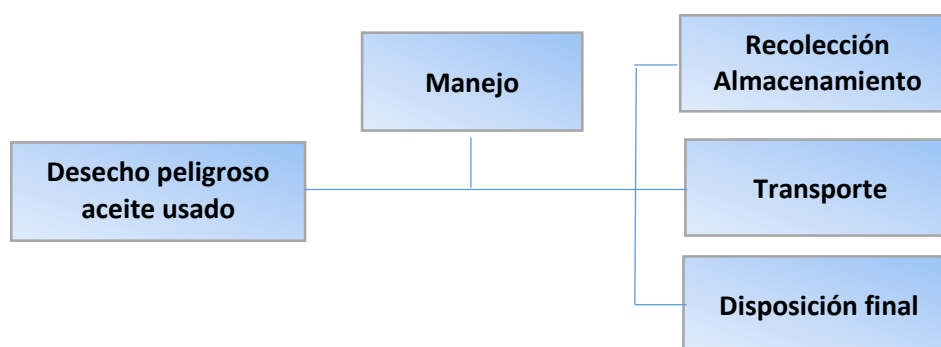


Figura No.7: Procedimiento al sistema de coprocesamiento de aceite usado

Fuente: Adaptación (TULS, 2015) Procedimiento de coprocesamiento de los aceites usados para el manejo de aceites lubricantes usados en dispositivos finales

El proceso de combustión en el horno cementero se efectúa en 5 etapas: calentamiento, ignición, mezcla, reacción y desplazamiento de los gases de combustión:

- Calentamiento: El residuo petrolero que generalmente es usado en las cementeras, se lo recalienta hasta una temperatura de 105°C para disminuir su viscosidad; por otro lado el aceite no necesita de un calentamiento, para su alimentación.
- Mezcla: Se la realiza por atomización en el quemador del horno, donde se dividen en finas partículas tanto el bunker como el aceite lubricante usado de modo que permitan un contacto íntimo y constante para la generación de la llama.

El control de los compuestos o elementos presentes en los aceites lubricantes usados tratados que se utilizan en la mezcla con combustibles industriales y otros subproductos no deberán exceder las siguientes concentraciones estipuladas desde el punto de vista ambiental. La Figura 7, muestra un horno cementero y el grado de atomización de la llama ya que provee ese contacto con el aire y la mezcla entre el aceite usado y el residuo petrolero como combustible.

6 DESARROLLO

Jordi Morató, Nicola Tollin, & Luis Jiménez, (2017), hablan sobre la economía Circular, a la cual supone un cambio radical de los sistemas de producción y consumo actuales. Aquí los autores exponen que el cambio se debe dar hacia sistemas que sean regenerativos a partir de su diseño, para mantener el valor de los recursos (materiales, agua, suelo y energía) y de los productos y reduciendo el límite de consumo de materias primas y energía. Aspectos que sin duda al ser tomados en cuenta en la producción de los bienes reducirá consecuentemente el nivel de contaminación ambiental. La economía circular no se propone solamente para responder a los desafíos globales como el cambio climático la sostenibilidad y la preservación de la biodiversidad, sino que representa una oportunidad para fortalecer el bienestar y la prosperidad, manteniendo la creación de valor y de puestos de trabajo, fortaleciendo el potencial innovador eco sistémico, desacoplando desarrollo y bienestar del consumo creciente de recursos naturales y de la producción de impactos negativos para el medioambiente.

Aquí los autores de la obra evolución de la economía y ambiente siguen tratando sobre el cambio climático como un tema de actualidad una realidad que está en frente de nosotros. Y que a veces tomamos que la responsabilidad por la generación de este problema global es propio de los países desarrollados; sin embargo, todos tenemos participación en la solución a largo plazo del problema. Jordi et.al (2017), habla de que actualmente los problemas económicos están estrechamente relacionados al modo productivo, político y ambiental que ha existido y se ha

modificado a lo largo de los años. El ambiente, en donde el hombre habita, produce y consume, se debe integrar a través de la noción de sustentabilidad. Luego del desarrollo sostenible el ser humano debe llegar al “Vivir Bien” que es el equilibrio material y espiritual del individuo (saber vivir) y la relación armoniosa del mismo con todas las formas de existencia (convivir) (Huanacuni, F, “Vivir Bien/Buen Vivir” La paz, Bolivia) En la consecución del beneficio para las generaciones se olvidó de la restauración y la reparación del ambiente ya devastado, el cual ya no podía sustentar la vida, se debía buscar otras formas para que las generaciones se beneficien de los recursos. Como conclusión a lo expuesto, los autores de la investigación evidencia que, el concepto de desarrollo sustentable no se ha mantenido estático, el mismo se ha modificado en relación a la evolución de los diferentes estudios del ambiente, considerando las dimensiones tecnológicas, socioculturales, políticas y económicas.

Por lo general a conservación del ambiente y la protección de los recursos naturales se realizan sobre bases científicas, todo esto siempre y cuando existan la voluntad política, los recursos económicos y las condiciones óptimas en recursos económicos principalmente, para salvaguardar el ambiente en beneficio de las actuales y futuras generaciones(Jordi Morató, Nicola Tollin, & Luis Jiménez, 2017); aunque los problemas ambientales y sociales también existen por el propio avance de la tecnología con la ciencia en el mundo industrializado llamado en la actualidad desarrollo, esto puede verse como una contradicción, pero no lo es tanto así, con un poco de racionalidad económica se tendría equilibrio ambiental y las tecnologías estarían en función de adaptarse al ambiente, y no el ambiente a las tecnologías, dando respuesta a la recuperación y no destrucción del planeta (Jordi Morató et al., 2017). Atendiendo a lo anterior el desarrollo sustentable coadyuvará y soportará el sistema integrado de gestión de calidad ambiental; este constituye un proyecto que pretende la satisfacción de las necesidades actuales permanentemente, sin comprometer la satisfacción de las necesidades futuras, sin lesionar al ambiente ni a los seres humanos, a través de la convergencia armónica de los sistemas integrados de gestión de calidad ambiental

El concepto de economía circular se apoya en los fundamentos de la escuela ecologista, y propone un cambio paradigma “reducir, reutilizar y reciclar” por una transformación más profunda y duradera, que permita disminuir el impacto causado por las actividades humanas sobre el medio ambiente. Este modelo otorga al residuo un papel dominante y se sustenta en la reutilización inteligente del desperdicio, sea este de naturaleza orgánica o de origen tecnológico, en un modelo cíclico que imita a la naturaleza y se conecta con ella. Bajo este enfoque, el residuo pierde su condición de tal y se convierte en la materia prima “alimentaria” de los ciclos naturales o se transforma para formar parte de nuevos productos tecnológicos, con un mínimo gasto energético (Jordi Morató et al., 2017).

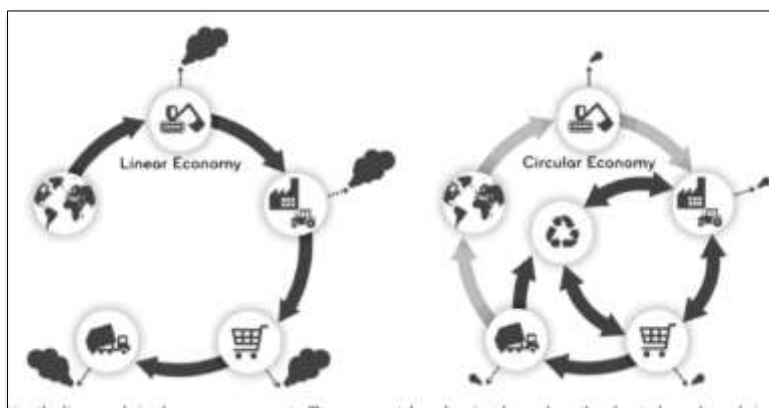


Figura 8. Contrastando los conceptos de economía lineal y circular. La economía tiene lugar en un circuito en el que el planeta desempeña un papel clave en la provisión de recursos naturales y en la absorción de residuos y contaminación.

En la actualidad, el enfoque del modelo de economía circular es implementado por numerosos países y empresas. Las ventajas de su aplicación son evidentes y demuestra la calidad de producción, además formulan el crecimiento de la economía con sustentabilidad ambiental. Nuestro país para transformar en acciones los postulados del sistema y alcanzar la conciencia en el reciclaje, la reutilización y la valoración de los residuos, requiere de motivación, conocimiento y capacidad de innovación todo esto guiado a través un ente gubernamental. Los proyectos exitosos se apoyan en la investigación e involucran profesionales experimentados en diversas temáticas, ingenieros, tecnólogos, microbiólogos, arquitectos, ecólogos, sociólogos y educadores, entre otros. Sumado a lo expuesto, el Estado debe adquirir un papel significativo mediante la implementación y la auditoría de normativas y legislación, tendientes a motivar a la población a sumarse a los procedimientos de reciclaje, así como a generar incentivos para involucrar a las empresas en políticas ambientales. En conclusión, solo una sociedad responsable y comprometida en el cuidado del ambiente evitará el caos y hará el futuro posible.

7 CONCLUSIONES

Analizando las teorías y experiencias sobre sistemas de producción sustentables se puede tener idea y concluir sobre cómo está la situación en nuestro país y el modo de producción en el que se basa nuestro sistema económico, el cual no estaría privilegiando al ser humano sobre el capital sino más bien a la inversa, ya que el capitalismo aún mantiene sus prácticas y que demuestra en el nivel de contaminación que genera y más aún la despreocupación de las autoridades para el control de los mismos, ya que solo se habla de recaudación y no de protección ambiental.

Desde un punto de vista de fiscalización ambiental en el ámbito del cambio climático, las conductas humanas pueden estar referidas a la vulnerabilidad ante las consecuencias del cambio climático o a las actividades generadoras de la emisión de gases que generan cambio climático. En nuestro territorio nacional, la generación de gases de efecto invernadero (GEI), son los gases

causantes del cambio climático, como resultado principal de la deforestación que ocurre en nuestra Amazonía. Sin embargo, en un contexto de compromiso climático, la regulación de otras actividades, como las actividades minero energéticas debería brindar las herramientas para asegurar que estos gases sean debidamente monitoreados, los resultados de esos monitoreos sean reportados ante la autoridad y no se excedan los límites máximos permisibles aplicables a los mismos. Eso no se está dando a la fecha, salvo la regulación puntual de un parámetro, en el ámbito de las actividades de hidrocarburos.

La proyección costo - beneficio, evidencia la existencia de una oferta no aprovechada en la totalidad de galones de aceite usado generado en la ciudad de Riobamba, condición que favorece al proyecto y que apoya su factibilidad desde la preventiva ambiental. Los resultados obtenidos confirman una demanda total por aceite usado generado por la ciudad de Riobamba, al 100% de su requerimiento ante un coprocesamiento.

En la tesis doctoral sobre, Zona, Andina, de Bravo (2016), (Para, Zona, Andina, & De, n.d.) las regulaciones vigentes en la materia tienen como eje la Convención de Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Este tratado internacional tiene como objetivo último la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. También se debe entender que los sistemas de producción son la base principal para la aplicación de estrategias de desarrollo socioeconómico, dado que un sistema, es una estructura organizada y unitaria, y que compuesta de dos o más elementos, aplicable para zonas naturales. La gestión de calidad y gestión ambiental bajo las normas ISO 9001 y 14001, respectivamente, son aplicables para zonas naturales, siempre y cuando los usuarios (pobladores) de las zonas naturales sean los ejecutores del cumplimiento de los requisitos de estas normas (Bravo, 2016). Es importante recalcar que la calidad ambiental prioriza para tratar de mantener y mejorar el tratamiento de la conservación y calidad de la naturaleza y sus zonas protegidas para de esta manera poder definir el tema de la sustentabilidad y sostenibilidad mejorando la calidad de vida y buscar el buen vivir en todas las zonas de nuestro país. Bajo esta premisa se debe cambiar por nuevos modelo como el que se presenta a a continuación en función modelos a un nuevo modelo económico de producción al modelo circula de la economía.

8 REFERENCIAS

- ANT. (2014). Agencia Nacional de Tránsito. Estadística 2014, 42-208. <http://www.astm.org>.
- Azevedo, P. (2008). Revisión y análisis de las experiencias de Argentina, Brasil, Colombia. Argentina: s.n.
- Avalos, M. B., & Avalos, S. P. B. (2016). La Economía Ambiental y Ecológica relacionada con el Desarrollo Económico y la Gestión de Calidad Ambiental. Desarrollo local sostenible, (25).
- Abarca Ruíz, A.M. (2014), Sistema integrado de gestión de ambiente, salud y seguridad laboral para la Cooperativa de electrificación rural de Guanacaste R.L.
- Censos, I. N. (2017). INEC. Obtenido de Proporciones de residuos peligrosos no tratados por gestor municipal:

- http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas_Ambientales/Empleadas_Privadas/Presentacion_Empresas.pdf
- Cisneros Moreno, M. G. (10 de 2013). Repositorio Digital-UPS . Recuperado el 26 de 08 de 2017, de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6369>
- Comunidad Andina. (19 de 12 de 2013). Parque Vehicular en la Comunidad Andina. Obtenido de http://estadisticas.comunidadandina.org/eportal/contenidos/2454_8.pdf
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Registro Oficial No. 449. Montecristi.
- Coscieme, L., Pulselli, F. M., Marchettini, N., Sutton, P. C., Anderson, S., & Sweeney, S. (2014). Emergecy and ecosystem services: A national biogeographical assessment. *Ecosystem Services*, 7, 1552–159. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.11.003>
- Costanza, R., d'Arge, R., deGroot, R., Farber, S., Grasso, M., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R.G., Sutton, P., vandenBelt, M., 1997. Thevalue of theworld's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253–260.
- Dourojeanni, A. (1994), "La gestión del agua y las cuencas de América Latina". Revista de la CEPAL, Vol. 52, pp. 111-128, disponible en: http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/11953/053111127_es.pdf, consulta: 14/09/2017.
- Ecuador, G. N. (2013-2017). Plan Nacional del Buen Vivir. En G. N. Ecuador, Plan Nacional del Buen Vivir (pág. 600). Quito: Gobierno de la Revolución Ciudadana.
- Ellen Macarthur Foundation. (2013). Towards the Circular Economy. Recuperado de <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/circular-economy/the-circular-model-an-overview>
- Ellen Macarthur Foundation: (2013). Work towards using energy from renewable sources. Recuperado de <http://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/circular-economy/the-circular-model-an-overview>
- Fernández Benlloch, L. (2014), Diseño de un sistema integral de gestión de la calidad, medioambiente y riesgos laborales, Trabajo de Diploma, Universidad Politécnica de Valencia, España.
- FICEM. (1 de 04 de 2014). Federación Internacional de Cemento. Obtenido de Co - procesamiento:<http://www.ficem.org/ficem/temas-clave/recuperacion-deresiduos.html>
- GADM de Cantón Riobamba. (2013). La renovación de Riobamba. En Ordenanzas Municipales. Riobamba.
- Genon, G. (2008). Perspectives and limits for cement kilns as a destination for RDF. *Science Direct Waste Management.*, 24-52.
- GTZ/Holcim. (2006). Guía para el Co-procesamiento de residuos en la producción de cemento. Cooperación Público-Privada GTZ-Holcim.
- Hermida Balboa, C., & Domínguez, M. (2014). Economía circular como marco para el ecodiseño:el modelo ECO-3. *Revista Informador Técnico*, 78(1), 82–90. <https://doi.org/10.23850/22565035.71>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (02 de 2017). Obtenido de Instituto Ecuatoriano <http://www.normalizacion.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2017/05/1334-1-4.pdf>
- INEC. Ecuador (2012). Encuesta de Información Ambiental Económica. Obtenido de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Encuestas_Ambientales/Empleadas_Privadas/Presentacion_Empresas.pdf
- INEC. Ecuador (11 de 2013). Ecuador en cifras. Recuperado el 05 de 08 de 2017, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Infoeconomia/info8.pdf>

- Jordi Morató, C. U. de S. de la U., Nicola Tollin, R. C. I. N. R., & Luis Jiménez, A. para la S. y el P. de las S. (ASYPS). (2017). Situación Y Evolución De La Economía Circular En España. Retrieved from <http://cotec.es/media/informe-CotecISBN-1.pdf>
- Khor, M. (2004), "Países en desarrollo pierden terreno en "paquete de julio". Revista del Sur, N° 157-158, Washington D.C, USA.
- Manzini, E., Bigues, J. (2000). Ecología y democracia, Editorial Icaria, Barcelona. ISBN: 978-84-7426-497-5
- Bravo Avalos, M.B y García Rondón, (2016), "Aplicación del sistema de gestión de calidad y el sistema de gestión ambiental basado en las normas ISO en una zona natural andina". Revista Caribeña de las Ciencias Sociales, agosto, disponible en <http://www.eumed.net/rev/caribe/2016/08/gestion.html>, consulta: 15/9/2017.
- Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (2007). Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008 La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido.
- Pérez Campdesuñer, R. (2006b), Modelo y procedimiento para la gestión de la calidad en un destino turístico holguinero, Tesis de Doctorado, Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya, Holguín.
- López Gutiérrez, J. C. (2011). Modelo de gestión del proceso de formación de directivos en el contexto de sus organizaciones. RAITES antes PANORAMA ADMINISTRATIVO, 4(8), 89-110.
- Pauli, G. (2010). La economía azul. Barcelona, Tusquet Editores ISBN: 978-84-8383-304-1. 9.
- Ramírez, E., Galán, L. (2012). El eco-diseño como herramienta básica de gestión industrial. Universidad de Sevilla, España.
Recuperado de <http://www.ingegraf.es/XVIII/PDF/Comunicacion17007.pdf>.
- Rodríguez, D. y Arnold, M. (1991), Sociedad y Teoría de Sistemas, Editorial Universitaria, Santiago de Chile, Chile.
- Rodríguez, P. y Ochoa, M. (2008). "La cultura organizacional en el enfoque transdisciplinar de la gestión tecnológica ambiental", Documento en línea, Revista Acimed, Vol. 18 (2), La Habana, Cuba, disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352008000800003, consulta: 6/3/2017.
- Rojas Orozco, C. (2003), El desarrollo sustentable: un nuevo paradigma para la administración pública, Instituto Nacional de Administración Pública, México DF, México.
- Rosales, L. (2008). Bioremedación de los Suelos Contaminados con Aceite Usado de Automóvil. Victoria de Durango: Instituto Politécnico Nacional.
- Romay, M. (2004). Valorización de residuos en al industria Española del cemento. España: Departamento Técnico y Medio Ambiente.
- Rozas, G. (2003). Aproximación psico comunitario ambiental al problema de calentamiento global. *Revista de Psicología*, 12(2), Pág-19.
- Organización de las Naciones Unidas. (2010). Informe Nuestro futuro en común o el informe Brundtland. ONU, Recuperado de <<http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/42/427>>
- PNUMA. (2012). Directrices técnicas sobre el coprocesamiento ambientalmente racional de los desechos peligrosos en hornos de cemento. Convenio de Basilea, (pág. 62). Basilea.
- Quesada, V. (2003). Elaboración de un Protocolo de Pruebas para la Caracterización de Combustibles Alternos para el Horno de Cementos INCSA. San Pedro.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (2013). Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017. Quito. Recuperado el Mayo de 2014, de <http://www.buenvivir.gob.ec/>

- Sauvé, S., Bernard, S., & Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*, 17, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.09.002>
- TULS. (2015). Texto Unificado de Legislación Secundaria. En D. P. Hugo, Reforma del libro VI de Texto Unificado de Legislación Secundaria (págs. 3-53). Quito.
- Torres, H. A., & Minaya, L. (1980). Escalificadora de quinua diseño y construcción. Lima: Publicaciones Miselaneas N° 243.
- Texto unificado de legislación secundaria. (2015). Texto Unificado de Legislación Secundaria. En D. P. Hugo, Reforma del libro VI de Texto Unificado de Legislación Secundaria (págs. 3-53). Quito.
- UCEM CEM, Planta Chimborazo. (2015). Proceso productivo de clinkerización.
- Unión Cementera Nacional Compañía de Economía Mixta, Planta Chimborazo. (2015). Proceso productivo de clinkerización.
- Sauvé, S., Bernard, S., & Sloan, P. (2016). Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. *Environmental Development*, 17, 48–56. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.09.002>
- Vezzoli C., Manzini E. (2010). Design for Environmental Sustainability. Londres, Editorial Springer, 2010. ISBN 1849967415
- Walpole , R. E., Myers, R. H., & Myers, S. L. (1999). Probabilidad y estadística para ingenieros. México: Hall Hispanoamérica.
- Yuguang, G., & Golosinski, S. (1996). Mining Science and Technology. CRC- PRESS