



Premio Odebrecht
para el Desarrollo Sostenible
Ecuador | 2014

PARA

Sustentable
#innovar
mejorar

Los 10 mejores proyectos





Premio Odebrecht
para el Desarrollo Sostenible
Ecuador | 2014

PARA

#innovar

Los 10 mejores
proyectos

Realización

ODEBRECHT

Premio Odebrecht 2014
LOS 10 MEJORES PROYECTOS
Odebrecht

Odebrecht
Construtora Norberto Odebrecht S.A.
Av. 12 de Octubre y Cordero
Ed. World Trade Center Torre A | Piso 8
Quito
Ecuador

ARICHABALA, Hellen et al. Premio Odebrecht 2014: Los 10 Mejores Proyectos. 1ra. ed. Quito: ODEBRECHT, 2014. 124 p.
ISBN 978-9942-20-959-7

1. Ingeniería. 2. Arquitectura. 3. Agronomía. 4. Medio Ambiente.

Coordinación editorial

Blanca Gallegos

Revisión de textos

Blanca Gallegos
Ana Belén Bruzual

Proyecto gráfico y Producción gráfica

Iván López
Paola Yépez
Diana Argudo
Esteban Viteri

Impresión

Creacional

Equipo Premio Odebrecht para el Desarrollo Sostenible Ecuador 2014

Honório Brito
Blanca Gallegos
Felipe Pinzón
Carolina Palacios
Ana Belén Bruzual
Gabriela Guerrero
Karen Cárdenas

Jurado

María Soledad Barrera
Presidenta ALIDE
Presidenta del Directorio CFN

Diego Zorrilla
Coordinador Residente ONU
Representante Residente UNDP – Ecuador

Gustavo Manrique Miranda
Presidente
Soluciones Ambientales Totales – Sambito

Juan Carlos Blum
Gerente General
Efficacitas

Carlos Guimaraes
Director de Equipos
Odebrecht Ecuador

Honório Brito
Director de Sostenibilidad y Calidad
Odebrecht Ecuador

Blanca Gallegos
Gerente de Sostenibilidad
Odebrecht Ecuador

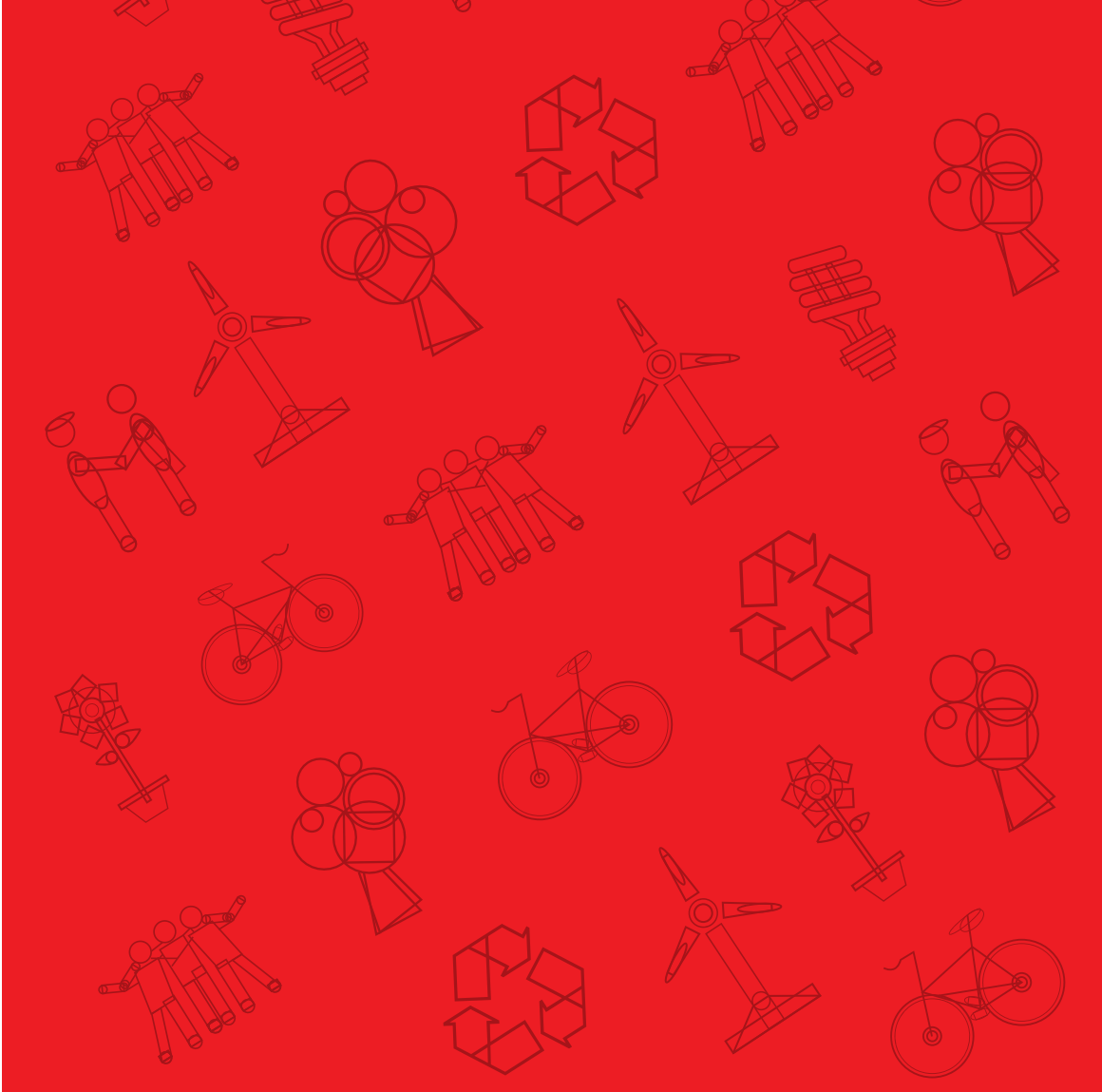
El Premio Odebrecht para el Desarrollo Sostenible fue lanzado en Ecuador en el año 2013 con el objetivo de incentivar y reconocer a los jóvenes universitarios que se proponen a pensar en la ingeniería desde una perspectiva sostenible y a la vez generar conocimiento para difundirlo entre la comunidad académica y la sociedad.

Es con gran satisfacción que presentamos la segunda edición del Libro Conmemorativo que recopila los 10 mejores proyectos del año 2014, seleccionados entre decenas de trabajos recibidos de todo el Ecuador. Las propuestas presentadas fueron evaluadas por un prestigioso jurado compuesto por personalidades de la sociedad ecuatoriana, expertos e integrantes de Odebrecht.

A través de nuestro lema "Sobrevivir, Crecer y Perpetuar", nuestro compromiso con el desarrollo sostenible está presente desde los orígenes de nuestra cultura empresarial y ha sido siempre una referencia para la actuación de los integrantes de Odebrecht en todo el mundo. En cada lugar en el que emprendemos nuestras obras, generamos oportunidades de desarrollo económico, humano y social para nuestros clientes, accionistas, integrantes y comunidades, a través de la construcción de proyectos de infraestructura necesarios para alcanzar el bienestar de la sociedad; manteniendo siempre el compromiso de contribuir con la inclusión social y la preservación del medio ambiente.

Agradecemos a las Universidades representadas por sus Rectores, quienes nos abrieron las puertas para concretar exitosamente esta iniciativa que reconoce a los Maestros, con su acumulado de experiencia y sabiduría; y a sus Alumnos, con su juventud, su ímpetu y argumentos para la innovación y desarrollo de nuevas propuestas.

Estamos seguros que con el Premio Odebrecht para el Desarrollo Sostenible hemos movilizado la inteligencia y creatividad de los estudiantes y profesores universitarios unidos por un solo objetivo superior: generar conocimiento y ponerlo al servicio del bien común, enfocado en una ingeniería comprometida con el hombre, la vida y su entorno.



Sumario

- 10** Propuesta de gestión sostenible de los residuos plásticos producidos por la industria gráfica y publicitaria en la ciudad de Guayaquil.
- 26** Reciclaje de poliestireno expandido (espuma flex) por el método de disolución–precipitación.
- 42** Panel prefabricado de hormigón alivianado a base de papel periódico y cartón reciclado, destinado a vivienda de interés social.
- 64** Desarrollo sustentable de un material adsorbente y biodegradable, a partir de cáscaras de plátano y banano, para la decoloración de aguas residuales provenientes de industrias textiles de la ciudad de Pelileo, provincia de Tungurahua, y su posterior uso en la producción de biol y abono orgánico.
- 82** Sistema de Recolección de Agua por medio de la Técnica de Atrapanieblas en las comunidades campesinas de Galte, Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo, Ecuador.
- 94** Reciclaje de residuos de cuero para la descontaminación de aguas industriales.
- 110** Diseño del proceso para elaborar papel a partir del residuo fibroso generado en la extracción de aceite de palma africana, utilizando fundamentalmente a la producción más limpia.
- 126** Re-manufactura sustentable de utensilios para cocinas de inducción con recubrimientos ferromagnéticos.
- 140** Uso sostenible de recursos biológicos para la construcción de viviendas y desarrollo de las comunidades rurales del litoral ecuatoriano.
- 156** Potabilizador solar de agua de mar, para aportar a la seguridad alimentaria de sectores sociales de bajos recursos que habitan en las zonas costeras e insulares del Ecuador.

PROPUESTA DE GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS PRODUCIDOS POR LA INDUSTRIA GRÁFICA Y PUBLICITARIA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

AUTORAS


Hellen Daniela Arichábala Martínez
Ivanna Daniela Terán Narváz

ORIENTADOR

Ing. Juan Carlos Erazo Delgado

Universidad Particular de Especialidades Espiritu Santo





La industria gráfica es uno de los sectores que mayor movimiento financiero integra anualmente. No obstante, Ecuador, por problemas de importación y no producción de materia prima, no surge dentro de los grandes adalides publicitarios. La generación de residuos al medio ambiente en su fase de producción y deposición final, la han convertido en una amenaza para la naturaleza y los recursos manejados por la sociedad. Por ello, el proyecto propone un modelo de gestión de residuos plásticos generados por la industria gráfica y publicitaria, promoviendo la sostenibilidad durante todo el ciclo de manejo de la lona. Se iniciará por la ciudad de Guayaquil, pero pudiere ser aplicado a nivel nacional. Está dirigido al sector gráfico y a los encargados de la gestión ambiental municipal de la ciudad. Esta propuesta tiene cabida en la implementación de una cláusula condicional dentro del contrato de autorización del uso de la vía pública, donde indique que la lona una vez cumplida su vida útil sea devuelta a la empresa contratista o trasladada a un centro de acopio, el mismo que forma parte de la solvencia del proyecto y tendrá una implicación legal tanto para el que regula ambientalmente el territorio, como para el que incumpla la disposición final del residuo. Con ello, la materia prima no tendrá que ser importada, se promovería la reducción del desempleo en Guayaquil, se incentivaría el uso de productos nacionales y se asistiría a la reducción del 25% de los desechos generados por la industria gráfica y publicitaria. Se plantea además la elaboración artesanal de productos con lona, a través de la formación de pequeñas microempresas que generen ingresos, demanda y valor agregado del material residual al procesarlo para diferentes usos.

➤ Objetivo General

Proponer un modelo sostenible de gestión de residuos por medio del reciclaje de los desechos de lona de la industria gráfica y publicitaria, a fin de reducir la contaminación y obstrucción de los rellenos sanitarios y al mismo tiempo crear fuentes de trabajo.

➤ Objetivos Específicos

- Identificar los impactos ambientales que generan las lonas publicitarias en el relleno sanitario Las Iguanas.
- Plantear herramientas de control de la contaminación re-direccionando la disposición final de desechos de lona de la industria gráfica y publicitaria.
- Proporcionar una alternativa sostenible de aprovechamiento de la lona publicitaria mediante la creación de productos reciclados en un taller piloto fomentando la sostenibilidad de la matriz productiva.
- Contribuir a la reducción de contaminantes especiales en el relleno sanitario Las Iguanas de la ciudad de Guayaquil.

➤ Alcance

El siguiente proyecto tiene como área de aplicación la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas. El principal objeto de estudio es la industria gráfica y publicitaria abarcando

los siguientes sectores: proveedores/importadores de lona, las imprentas de gigantografías y las empresas que rentan el uso de las vallas, las compañías de publicidad facilitadoras del diseño y producto final, los arrendatarios de las vallas publicitarias terminadas, y finalmente, los agentes reguladores municipales encargados del manejo de los espacios públicos de las vallas.

Es importante señalar que el estudio se dirige hacia la comunidad guayaquileña, porque el problema a abordar repercute de forma negativa en la generación de agentes contaminantes en su fase de producción y disposición final que, como consecuencia, perjudica el bienestar de la sociedad.



Figura 1. Ubicación del relleno sanitario Las Iguanas, instaurado por la M.I. Municipalidad de Guayaquil

En la figura 1 se muestra la principal zona de afectación por la generación de contaminantes, el relleno sanitario Las Iguanas, ubicado en el km 14½ vía Daule. En el mismo se depositan 942.419 toneladas de basura al año, de las cuales el 25,4% corresponde a las lonas desechadas (Altamirano, Freire, & Gallegos, 2010). Se manifiesta que es el principal depósito final de residuos que se registra en la ciudad de Guayaquil.

► **Fundamento Teórico**

La industria gráfica y publicitaria en América Latina ha manifestado un incremento del 2% desde el 2009. Los principales líderes son Brasil con 2,5% y México con 1,8%. (Grafix, 2012).

Ecuador no figura dentro de los grandes adalides publicitarios puesto que uno de los mayores inconvenientes que presenta el país es el costo elevado de la materia prima (no es producida a nivel nacional), la cual tiene que ser importada de China y Korea (IMMEVI, 2014). En Guayaquil se registran 77 imprentas de lona operativas de media y gran escala, las cuales en su mayoría se dedican a la fabricación de productos varios con este material.

La cantidad de lonas utilizadas dependerá de la empresa y la intensidad de las impresiones que realicen. No obstante,

en promedio anualmente se consignan 20.000 lonas (asumiendo que todas son fabricadas bajo la misma medida estándar de una valla de la vía pública) y la estadía de éstas en la ciudad es de seis meses a un año aproximadamente; inclusive, menos tiempo.

Existen diferentes tipos de lona. Las lonas se fabrican a base de un tejido plastificado no biodegradable (poliéster recubierto con PVC), el cual tiene un peso de 370 g/m². Las fibras que utilizan para el recubrimiento presentan características tales como resistencia a la abrasión, resistencia a cualquier tipo de esfuerzo, resistencia a la degradación por luz solar y capilaridad, la cual actúa como una barrera aislante al agua, es decir, es 100% impermeable (Grafix, 2012).

El contenido de la lona es diseñado e impreso con tintas de base solvente, por brindar colores vivos y con una velocidad de secado simple. Existen varios sistemas de impresión, dentro de estos, para productos plásticos se atañe principalmente la impresión con tinta flexográfica y el offset.

Una vez que la empresa considera que la publicidad se ha posicionado en la mente del consumidor, estas son retiradas y llevadas al relleno sanitario "Las Iguanas" como sitio de disposición final. Este tipo de desecho no tiene un tratamiento especial,

únicamente se lo deposita con el resto de la basura.

A nivel nacional existe un total de 31 rellenos sanitarios, siendo 11 manuales y 20 mecanizados, de los cuales 7 disponen de Licencia Ambiental otorgada por el Ministerio del Ambiente (Navas, 2012).

Entre tanto, en la ciudad de Guayaquil, se generan 0,848 kg/hab./día aproximadamente, lo que representan 2.500 toneladas diarias de basura y 912.500 toneladas anuales (Ecuador inmediato, 2010). Es una de las ciudades con mayor generación de desechos. Estos se distribuyen de la siguiente manera: 30% residuos alimenticios, 15% papel y cartón, 10% desechos de jardinería, 6,6% vidrio, 5,8% plásticos y 32,6% no especificados. Pese a tener un porcentaje relativamente bajo, el plástico es considerado como el agente contaminante más perspicaz de los demás clasificados, por su permanencia prolongada sobre la superficie terrestre.

Ante todo esto, se resalta que en el país ya existen empresas cuyo objetivo es el reciclaje de materiales varios, entre ellos la lona. Un ejemplo de esto es la microempresa quiteña Fui Reciclado, la cual se dedica a la elaboración de accesorios (de moda principalmente) a base de la lona de las vallas publicitarias. "Algunas lonas son aprovechadas en la empresa, otras son regaladas para hacer

techos de viviendas, pero otras son trituradas, incineradas, desechadas en botaderos comunes, donde se mezclan con materiales orgánicos o simplemente embodegadas" (Fui Reciclado, s.f.).

Del mismo modo, un objetivo del proyecto es proporcionar plazas de trabajo, ya sea con la inclusión de un taller piloto o con la creación de una empresa dedicada al reciclaje de este tipo de desechos. Ahora bien, según el INEC (2014), la tasa de desempleo a nivel nacional circunda el 4,65% de la población. Con mayor particularidad, en Guayaquil se registra (hasta junio de 2014) una tasa de desempleo del 6,97%; siendo la ciudad con mayor índice de desempleados entre Quito, Cuenca, Ambato y Machala (INEC, 2014). Esta cifra equivaldría a 163.858 habitantes guayaquileños de los 2.350.915 que hasta el 2010 ocupaban la ciudad.

➤ Problemática a abordar

Como en cualquier industria, se generan residuos; en este caso, principalmente desechos de lona o derivados de los mismos. Las lonas que se utilizan en las vallas publicitarias, una vez terminado su plazo de uso, son descolgadas y no reciben ningún tratamiento, sino que van directamente a un relleno sanitario o botadero de basura. Sin embargo, éstas representan una contaminación importante, al punto de obstruir los procesos biológicos

PROPUESTA DE GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS PRODUCIDOS POR LA INDUSTRIA GRÁFICA Y PUBLICITARIA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

normales de descomposición y reducir la disponibilidad fértil del suelo (pobreza de nutrientes). Por ello, el proceso de degradación, actualmente, se está tardando un 30% adicional.

La industria gráfica y publicitaria, en su fase productiva, emana solventes volátiles como esteroides y alcoholes, los cuales liberan altas cantidades de cloro durante el secado. Asimismo, la durabilidad de esta tinta, originada de la anilina, es igual o mayor a la permanencia de la lona, es decir, puede llegar a más de 12 años de persistencia.

Es importante destacar que, el material del cual se compone la lona (PVC) no es biodegradable, lo que ocasiona que, en el relleno sanitario Las Iguanas, el tiempo de degradación microbiana tarde por inactivación lumínica, y se produzca un proceso de putrefacción paulatino que acumula gases nocivos como CO₂ y metano, aludiendo a que éstos se concentran en cantidades considerables en el suelo, a posteriori. Inclusive, por el efecto de reflexión tenderá a acumular mayor energía en la superficie, aumentando consigo la temperatura promedio de la Tierra.

Por otra parte, el PVC es conocido por ser un compuesto altamente tóxico y persistente, que puede llegar a permanecer décadas e incluso siglos, antes de descomponerse. Adicionalmente, impide la filtración de los lixiviados que se generan, y por ende, altera

el tratamiento adecuado de los mismos, acumulándolos mediante un "efecto piscina" en la lona.

Asombrosamente, según las investigaciones realizadas se obtuvo un dato curioso. Existe un tipo de lona ecológica, la cual no está compuesta por PVC y es biodegradable. Por esta condición, ha sido importada por los proveedores de lona del país, pero ellos establecen que no tiene una demanda de compra significativa. La empresa IMMEVI (Importadora de Medios Visuales) asegura que a mediados de febrero del presente año importaron un contenedor (300 rollos del material) y que hasta la fecha (agosto de 2014) no se ha logrado vender en su totalidad. Consecuentemente, no tienen más remedio que disminuir o eliminar la importación de la misma y continuar con la venta de la lona común de PVC. Asimismo, se considera que la calidad, duración y rentabilidad de la lona de plástico es mucho mejor que la lona ecológica. Se le atribuye estas características al PVC y a la resina colocada como etapa final de verificación del producto.

La totalidad de lonas que circundan la ciudad es exacerbada, 5000 en tres meses y 20.000 en un año del tamaño estándar de una valla publicitaria; esto sin contar las lonas impresas al minoreo. No obstante, es un problema que debe ser absuelto o mitigado a favor de la ciudadanía y del ambiente.

Por todo ello, el proyecto busca dar solución a las siguientes problemáticas:

- La elevada generación de desechos del tipo lona textil o lona plástica que llegan al relleno sanitario.
- La contaminación ambiental a causa de desechos tóxicos persistentes derivados del plástico y las tintas.
- La escasez de puestos de trabajo y tasa de desempleo a nivel nacional y local.
- La falta de cultura de educación ambiental de la sociedad.
- El poco incentivo de preferir la producción local.
- La insostenibilidad de los residuos generados por la industria de la publicidad en las ciudades.

➤ Metodología y Herramientas

Se propone una forma sostenible de gestionar la lona publicitaria. A continuación se muestra un diseño del manejo de un recurso plástico de la industria gráfica y publicitaria como lo es la lona, que permite explicar e ilustrar el fundamento y particularidad del proyecto.

La propuesta supone un ciclo de manejo de la lona publicitaria por el tiempo que éstas permanezcan en la vía pública. Se conoce que en la ciudad existen 400 espacios autorizados para colocar publicidad. Los permisos los entrega la M.I. Municipalidad de Guayaquil a las empresas interesadas y el plazo de vigencia es variable y se puede extender hasta un año.

El manejo comienza por el **diseño** que tendrá la lona, el cual corresponde al contenido que desee manifestar la empresa de acuerdo a

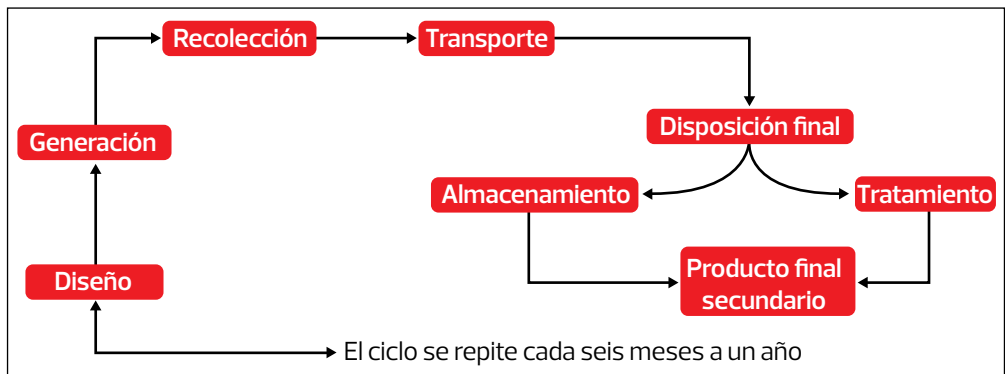


Figura 2. Ciclo de gestión sostenible de la lona publicitaria en la industria gráfica

sus políticas y necesidades del cliente. Sin embargo, se atañe la idea que al imprimirla se utilice, de preferencia, tinta ecológica o de menor índice de contaminación. Entre las más comunes está la tinta base de agua, la cual no contiene solventes orgánicos y por ende no promueve la emisión de gases nocivos a la atmósfera al momento del secado. También se hallan las tintas UV que combinan el beneficio de no contaminación durante el secado, más la velocidad de impresión nítida y de colores vivos. En términos generales, estas tintas muestran un bajo costo de adquisición, tiempo rápido de secado, óptima calidad de impresión, bajo consumo de energía y ahorro de tinta.

Luego de ello, continúa la **generación** de lonas publicitarias. Así pues, en este paso se procede a incluir una normativa de disposición final dentro de una ordenanza municipal (valor agregado del proyecto), donde se dispongan legalmente normas para la disposición de lonas usadas, y que mediante el contrato de autorización del uso y colocación de la valla en la vía pública, dirigida a las autoridades y compañía interesada, se tenga por obligación el gestionar las lonas de desecho.

Dentro de ésta debe constar como cláusula condicional el proceder final de la lona una vez culminado su uso. La empresa contratista está obligada a cumplir las disposiciones que se plantean a continuación:

- La cantidad de lonas que la empresa contratista desee colocar durante el lapso de vigencia del permiso, una vez culminado su tiempo de vida útil como publicidad, deberán ser retornadas o bien a la compañía remitente o a un centro de acopio destinado a la recuperación de la lona para una posterior fabricación de productos secundarios.
- La entidad pública encargada deberá realizar un monitoreo anual a las empresas contratistas para verificar el cumplimiento de esta normativa y multará, de ser el caso, a quienes hayan incumplido la disposición, ya sea por envío de los desechos de lona a un sitio no autorizado o destinadas a un uso no oficial.
- Las empresas contratistas deben proporcionar un registro de devolución del producto o entrega del mismo al centro de acopio. Dentro de esta hoja debe constar la fecha de remisión, empresa recolectora, la cantidad de lonas a retornar (segregadas por tamaño), sector de retorno (empresa o taller), observaciones (estado del material), firma y acotación o nota final. En esta última yacen las referencias del transporte o los transportes utilizados para desplazar el producto, el tratamiento que se le dará al material, recepción del proveedor y recurso humano para el traslado. Este proceso igualmente deberá estar normado. Será menester, además, adjuntar fiel copia del original al centro de acopio para el

respectivo control de materia prima recibida de forma mensual, trimestral, semestral o anual (Ver modelo de planilla en Anexo 1).

Del mismo modo, una vez estipulada la cláusula condicional y transcurrido el tiempo del contrato, se procede a la **recolección** de la lona del sitio público. Para ello se necesitan camiones recolectores y personas encargadas de la desinstalación del producto.

Seguido de ello, se **transporta** el material hacia el centro de acopio o a la empresa contratista. El centro costará aproximadamente \$30.000, que serán distribuidos, principalmente, para montar las estructuras y comprar un terreno para su ubicación. Cabe mencionar que el traslado de las lonas corre a cargo de la compañía publicitaria. Finalmente, el material es receptado en el centro de acopio, al cual se denominará **almacenamiento temporal**. El tratamiento seleccionado es de recuperación, puesto que se atañe un material para su transformación en productos secundarios.

Una vez que se cuente con el centro de acopio cantonal para este tipo de desecho y se cuente con un volumen considerable del mismo, se iniciará la fase de financiamiento a emprendedores y artesanos que deseen el costeo de las máquinas de coser industriales para el establecimiento de una microempresa que elabore múltiples productos cosidos provenientes de la lona.

Se categorizará al personal por habilidades y se los capacitará por lo menos tres veces al año. Asimismo se clasificará a la lona por tamaño y diseño, por ejemplo, las que posean colores y dibujos más llamativos podrán ser útiles para la elaboración de bolsos y maletas.

El **producto final** será manufacturado por los costureros artesanales, a los cuales se les brindará un diseño a seguir (Ver anexo 2). Los productos a elaborar son bolsos, billeteras, bandas para caminadoras, recubrimientos para máquinas de gimnasio, forros, arquitectura textil, marquesinas, paraguas, productos impermeables y carpas (varios tipos).

Herramientas

Para ejecutar la metodología se requerirá:

- Personal encargado de la recolección del material en el sitio de acopio. Así también, artesanos que manufacturen los artículos bajo el diseño que les será proporcionado.
- La materia prima. Se considera de esta forma a la lona recolectada y transportada al taller artesanal. El volumen de material dependerá de la época, es decir, en periodos de campañas políticas el número duplicará su proporción media de otros meses. Los tamaños varían, sin embargo los más comunes son de 8x4m y 10x4m, en las vías públicas.

PROPUESTA DE GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS PRODUCIDOS POR LA INDUSTRIA GRÁFICA Y PUBLICITARIA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

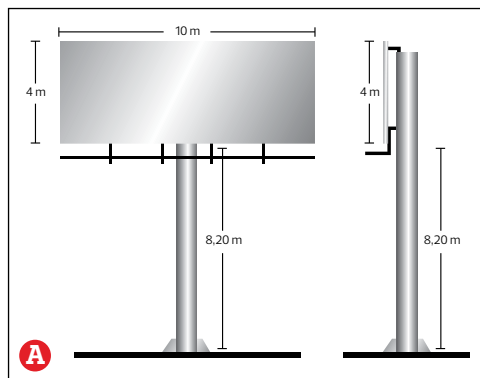


Figura 3. Tamaño estándar (10x4) de las lonas colocadas en la vía pública

- El transporte de las lonas estará bajo la exclusiva responsabilidad del que arrienda las vallas publicitarias, los cuales trasladarán directamente el residuo hasta el centro de acopio. En este centro se procederá a realizar un registro de entrega y recepción, precisando el peso y las características de la pieza de lona entregada.
- Máquinas de coser industriales que contribuyan a la confección de bolsos, billeteras, estuches, paraguas, lonas, y demás utensilios. Las máquinas



Figura 4. Transporte adecuado para el traslado de la materia prima al centro de acopio

serán adquiridas a través de incentivos municipales para las personas que se comprometan a usar el residuo, y serán pagadas a través de abonos mensuales fijos durante el tiempo que se requiera por parte del interesado.



Figura 5. Máquina de coser industrial triple habilitada para lonas, toldos, piel

➤ Soluciones Propuestas

El proyecto alude a dar solución a la contaminación de los rellenos sanitarios, principalmente al de Las Iguanas, a causa de la lona publicitaria desechada en grandes cantidades periódicamente, a través de la implementación de un sistema de gestión sostenible de los residuos plásticos de la industria gráfica y publicitaria. También propone una alternativa de subsistencia para la sociedad en general, mejorando los ingresos mensuales y por ende la calidad de vida familiar. A continuación se exponen las principales problemáticas a suplir.

Se pretende reducir el porcentaje de desechos, como la lona (25,4%), en el relleno sanitario Las Iguanas, puesto que se contribuiría a la optimización del terreno, a la función principal de los rellenos: descomposición progresiva de los residuos depositados a fin de proveer, a posteriori, nutrientes a la fertilidad del suelo, y a la merma del 30% de obstrucción lumínica.

Del mismo modo, se promueve la disminución de la temperatura media de la superficie, puesto que se evitaría la retención y reflexión de calor en la lona, por lo que la cantidad de energía (dentro y fuera de la Tierra) se equilibraría. Finalmente, se busca reducir el índice de contaminantes atmosféricos como gases nocivos de efecto invernadero desde la fase de producción y generación de la lona hasta la disposición

final de la misma, a través del uso de tintas ecológicas UV o de base agua.

En el ámbito social se promueve la disminución de la tasa de desempleo del país, comenzando por Guayaquil, a través de la inclusión de puestos de trabajo con la producción emprendedora de los artesanos. Asimismo se incentiva con ello el uso de productos nacionales al gestionar la materia prima y producto final bajo el mismo margen de calidad de los artículos importados. Considerando que los ciudadanos están dispuestos, en su mayoría, a utilizar artículos reciclados, se estima que la acogida será satisfactoria y afable.

Del mismo modo, se estimula el conocimiento sobre reciclaje y conciencia ambiental, por medio de las capacitaciones que se propone ejecutar tres veces al año. Parte del instructivo incluiría temas como tipos de tratamiento de desechos de lona, formas de recolección, cumplimiento de la normativa de gestión sostenible, optimización de recursos y sanciones.

➤ Viabilidad

El fundamento del proyecto se centra en la implementación de una cláusula condicional dentro de una ordenanza municipal que regule el despacho final de los plásticos generados por la industria gráfica y publicitaria, principalmente, las lonas. Ésta, al final de su tiempo de utilidad

PROPUESTA DE GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS PRODUCIDOS POR LA INDUSTRIA GRÁFICA Y PUBLICITARIA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

como publicidad, deberá ser devuelta o bien a la empresa o distribuida a un taller, el cual estaría dedicado a la fabricación artesanal de artículos varios con lona.

Por ello, el proyecto es viable ya que se rige dentro de los tres pilares de la sostenibilidad. La materia prima no tendrá que ser importada, sino que el volumen de recepción será vasto, de acuerdo al estimado mensual (1667 lonas), y se mantendría en equilibrio durante todo el año. Asimismo, se considera que aumentará la demanda en época de procesos electorales, por lo que la cantidad de lonas duplicará su proporción a la media mensual. Es importante resaltar que este periodo de campañas dura aproximadamente 45 días. Los transportes requeridos para el traslado del material al sitio de disposición pudieren o bien ser obligación de la empresa o como parte de los servicios municipales de colecta.

La inversión inicial para la construcción del taller oscilaría entre \$700 y \$1.000. Incluso, parte del financiamiento de éste puede ser subsidiado por empresas gubernamentales o particulares interesadas en el proyecto, por lo que el valor per cápita reduciría dependiendo del porcentaje de interesados por gestionar artesanalmente. Se extenderá la oportunidad laboral a personas con algún tipo de discapacidad física para que puedan trabajar desde sus viviendas. Del mismo modo, la reutilización de las lonas ahorraría un coste fijo promedio de \$9500 por contenedor.

Asimismo, en el taller se requerirá mano de obra artesanal, aportando a la creación de plazas de trabajo para personas de distintos estratos sociales. Los productos que se manufacturen no constituirían un reemplazo de los ya existentes, sino que incursionarían como una alternativa más económica, de buena calidad y producida a nivel nacional.

En cuanto al ámbito ambiental, se asistirá a la reducción del 25% de los desechos generados por la industria gráfica y publicitaria. En cifras, el total de vallas publicitarias bordea las 20.000 lonas en un año. Al transferir la materia prima al taller de confección o microempresas, se estarían ahorrando de 25 a 50 años (tiempo que tardan los residuos en descomponerse por falta de material activo) de no degradación biológica y perpetuidad de sustancias tóxicas por obstrucción de luz por parte de las lonas (plásticos persistentes), en el relleno sanitario "Las Iguanas". Adicionalmente, se incursionaría en los principios de las 3Rs: reducir, reusar y reciclar.

También la aprobación de esta cláusula condicional dentro del contrato y como parte de una ordenanza municipal ayudará a la entidad pública a llevar un control de los desechos depositados en el relleno sanitario del cual se encargan. La misma normativa puede ser implementada a nivel nacional, comprobada su efectividad en

unas de las principales ciudades del país, incluyendo el manejo de los demás residuos sólidos urbanos generados en grandes cantidades diariamente.

Al mismo tiempo, las empresas pudieran incrementar sus utilidades con la creación de un taller artesanal, puesto que se reduciría el porcentaje que se paga de aranceles por producto y se lo registraría como parte del flujo financiero de la empresa. De igual forma, se promueve la reducción del desempleo en Guayaquil, ya que se contaría con una nueva forma de producir ingresos, sobre todo, para personas de estrato social bajo y medio-bajo. También se fomentaría la sostenibilidad de la matriz productiva al añadirle un valor agregado que genera desarrollo, bienestar y progreso en la sociedad. Conociendo que el nivel de aceptación de productos reciclados bordea el 83%.

➤ Conclusiones

La lona, además de ser un material de mucha acogida publicitaria, resulta un contaminante persistente en el relleno sanitario Las Iguanas. Ésta, al no ser biodegradable retrasa un 30% la descomposición de los desechos, obstruye el paso de los rayos solares e impide la activación bacteriana, emana gases concentrados a la atmósfera en su etapa de secado y disposición final. Pese a ello, su demanda anual es de aproximadamente 20.000 piezas.

La industria gráfica y publicitaria podrá aportar con su compromiso ambiental y responsabilidad social a través del cumplimiento de la cláusula condicional estipulada en el contrato de autorización de la vía pública por parte del Municipio a las empresas interesadas. Ésta consiste en retornar la lona publicitaria o bien a la empresa o a un centro de acopio que se propone como parte de la gestión sostenible. Asimismo, se incentiva el uso de tintas ecológicas UV o base agua, las cuales no contienen solventes orgánicos, y por ende, reducen la emisión de contaminantes al aire.

El manejo adecuado de la lona permitirá la creación de productos secundarios como bolsos, billeteras, maletas, carpas, marquesinas, entre otros, bajo la misma normativa de calidad de los productos importados. De esta forma, se garantiza el uso de artículos nacionales. También, se implementarán nuevos puestos de trabajo aludiendo a la reducción del desempleo a nivel nacional y local; se podrá fomentar la sostenibilidad de la matriz productiva al proporcionarle un valor agregado a los productos resultantes, y; finalmente, se contribuiría a la reducción del 25% de las lonas en el relleno.

➤ Consideraciones finales

La eficiencia del proyecto depende de la aprobación de la cláusula condicional dentro del contrato de autorización del uso

PROPUESTA DE GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RESIDUOS PLÁSTICOS PRODUCIDOS POR LA INDUSTRIA GRÁFICA Y PUBLICITARIA EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

de la vía pública. De esta forma se agrega un plus al manejo particular de este desecho, a fin de mitigar y contribuir a la sostenibilidad de los residuos, comenzando por la lona. Será necesario también realizar un estudio de factibilidad y costos de la creación de un centro de acopio a mayor escala, considerando las ganancias a corto plazo

(1 año) y mediano plazo (5 años mínimo), además de hallar asequible el lugar de implementación del taller y distribución del producto. Asimismo, debe promoverse la producción local de tintas ecológicas (UV y base agua) para evitar la importación y reducir el costo de compraventa.

➤ Anexos

Anexo 1:

Modelo de planilla de control de recepción de lonas publicitarias en el centro de acopio

PLANILLA DE CONTROL DE DEVOLUCIÓN O ENTREGA DE LAS LONAS AL CENTRO DE ACOPIO O EMPRESA CONTRATISTA						
Fecha de remisión	Empresa encargada de la recolección	Cantidad de lonas a retornar	Sector de retorno	Observaciones	Firmas	Notas finales

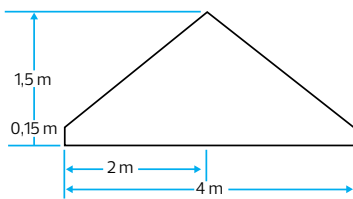
Anexo 2:

Diseño y plano de un producto final a base de lona publicitaria

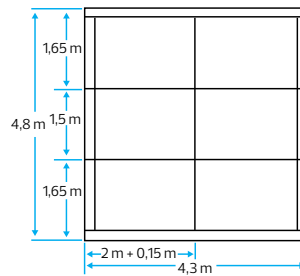
Plan de costura con lona (carpa estructural tipo vivero)



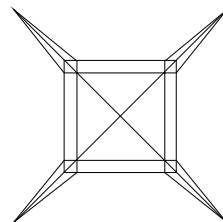
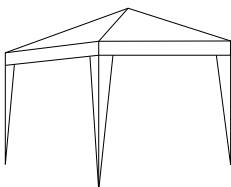
Cubierta frontal trasera



Cubierta superior lateral



Otro modelo: carpa tipo convencional



➤ Referencias Bibliográficas

Altamirano, G., Freire, A., & Gallegos, D. (2010). Producción de electricidad mediante la captura y aprovechamiento del biogás de un relleno sanitario. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/14639>

Ecuador inmediato. (19 de abril de 2010). Guayaquil. La basura crece por causas que no se corrigen. Obtenido de http://ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=125022&umt=expreso_guayaquil_basura_crece_por_causas_que_no_se_corrigen


Fui Reciclado. (s.f.). Historia de la empresa Fui Reciclado. Obtenido de <http://www.fuireciclado.com/historia>

Grafix. (21 de diciembre de 2012). La industria gráfica de América Latina. Obtenido de Perspectivas de crecimiento en un entorno complejo: <http://notigrafix.com/?p=3658>

IMMEVI. (agosto de 2014). Importación de lonas en Guayaquil

INEC. (junio de 2014). Encuesta Nacional de Empleo, Desempleo y Subempleo – ENEMDU. Obtenido de Indicadores de Mercado Laboral: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/Empleo_junio_2014/15Anios/201406_EnemduPresentacion_15anios.pdf

Navas, M. (18 de febrero de 2012). Marco Legal Institucional Rellenos Sanitarios Ecuador. Obtenido de Análisis del Marco Legal Nacional para Rellenos Sanitarios: <http://monicnavasmas.blogspot.com/2012/02/marco-legal-institucional-rellenos.html>



RECICLAJE DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (ESPUMA FLEX) POR EL MÉTODO DE DISOLUCIÓN – PRECIPITACIÓN

AUTORA

Paola Vanessa Saltos Barreiro

ORIENTADOR

Ing. Miguel Fernando Aldás Carrasco M.Sc
Escuela Politécnica Nacional

Los desechos de poliestireno expandido (EPS), comúnmente conocidos como "espuma flex", se visualizan principalmente en los sectores que comercializan electrodomésticos, proporcionando una mala imagen a las calles y en general del sector donde se encuentran ubicados tales negocios. Además del impacto visual en la ciudad, estos constituyen un problema ambiental, debido que al generarse tales desechos y no ser tratados correctamente, disminuyen la vida útil de los rellenos por el gran volumen que ocupan y por la baja degradación del material.

Por esta razón, surge la necesidad y la iniciativa para desarrollar un proceso efectivo de reciclaje de EPS como una alternativa de tratamiento post consumo de estos desechos.

El poliestireno expandido (EPS) que generalmente se desecha a los tachos de basura y rellenos sanitarios, será recolectado para su proceso de reciclaje, el cual consta de varios pasos para recuperar el polímero (poliestireno): reducción de tamaño, disolución y precipitación. Adicionalmente, se recuperará el solvente (Tetrahidrofurano - THF), el reactivo de lavado (alcohol isopropílico) y el agente precipitante (etilenglicol -EG), para su reutilización en el mismo proceso, generando así un reciclaje "limpio" y amigable con el medio ambiente. Finalmente, el poliestireno recuperado se lavará y se secará para eliminar impurezas, hasta llegar a obtener un producto con propiedades similares al material virgen, para que sea atractivo al mercado nacional.

De esta manera, el proyecto propone una solución a un problema a nivel nacional, mediante un proceso amigable con el ambiente, social y económicamente viable, que a la vez proporcione un producto de valor agregado, apto para el reprocesamiento del material, a partir de "basura plástica".

➤ Objetivo General

Reciclar poliestireno expandido (espuma flex), proveniente de empaques de electrodomésticos, por el método de disolución – precipitación.

➤ Objetivos Específicos

- Recolectar los empaques de poliestireno expandido (EPS) desechados por locales de electrodomésticos.
- Caracterizar los residuos de EPS recolectados y el producto obtenido después del reciclaje.
- Definir las condiciones adecuadas para el proceso de reciclaje de EPS por el método de disolución – precipitación, mediante pruebas de laboratorio.
- Producir poliestireno reciclado apto para reprocesamiento como materia prima de extrusión.
- Reducir la cantidad de desechos de EPS en los rellenos sanitarios del DMQ.
- Establecer las bases para el diseño de una planta de reciclaje del EPS económica, social y ambientalmente viable.

➤ Alcance

El Poliestireno expandido, conocido como espuma flex, generalmente usado como

empaque de artefactos tiene un ciclo de vida relativamente corto, a lo que se suma que es considerado un material no biodegradable con gran volumen, por lo que si no se descompone permanecerá por años en los botaderos ocupando extensos espacios. Solamente en Quito se desechan 16,6 toneladas de residuos sólidos al día de poliestireno, según estimaciones del año 2012 [5], por lo que es de suma urgencia brindar un tratamiento adecuado a este desecho.

Es por esto que se propone el presente proyecto para el reciclaje de EPS por el método de disolución – precipitación como una solución amigable con el ambiente, que permita disminuir la cantidad de desechos de EPS en el Distrito Metropolitano de Quito procedentes de locales de electrodomésticos que actualmente son destinados a los botaderos. De esta manera se podrá recuperar poliestireno para ser comercializado como material de extrusión mediante un procedimiento ambientalmente viable y amigable, gracias a la recuperación de los solventes que se ocupan en el proceso.

El proyecto empezará con el desarrollo y evaluación del proceso de disolución – precipitación, de tal manera que, establecidas las condiciones del mismo, se proceda con el diseño de la planta de reciclaje de EPS. Con este propósito se fomenta la interacción del sector

industrial con los recolectores de los desechos y gestores ambientales en diferentes sectores de la ciudad. Si bien el proyecto se enfoca solamente en el DMQ, se puede hacer extensivo a nivel nacional. Si se ejecutara este proyecto, se beneficiaría tanto a la sociedad mediante la generación de plazas de empleo, como al ambiente por la utilización de materiales desechados y disminución de basura en el botadero. Cabe recordar que el proyecto será aplicable en cualquier lugar y para cualquier actividad donde se generen desechos reciclables de EPS.

► **Fundamento Teórico**

El tratamiento de los residuos de EPS se realiza principalmente de dos maneras: reciclaje energético y reciclaje mecánico. En el primero, se realiza la incineración del EPS, lo que produce emisiones tóxicas debido a la presencia de anillos aromáticos en su estructura [10]. El segundo proceso, reciclaje mecánico, debe garantizar que el producto reciclado tenga una calidad semejante a la del material original, lo cual depende de muchos factores a la hora de procesar el desecho, que conlleva a complicaciones el momento del reciclaje. En virtud de estas limitaciones se considera a la disolución como un método alternativo de reciclaje [8], [9]. Este proceso tiene varias ventajas respecto al reciclaje mecánico y energético. Una de las principales es que mediante la disolución, es factible la reducción del

volumen del polímero en más de 100 veces, lo que ayuda a la optimización de espacio en los rellenos sanitarios [9]. Adicionalmente, la calidad del material reciclado que se obtiene mediante este proceso es similar a la calidad del material virgen [2].

Para el reciclaje por el método disolución – precipitación es necesario definir el solvente y el agente precipitante a utilizar según las siguientes consideraciones. Para seleccionar el solvente a ser utilizado en el proyecto, se debía considerar la relación de solubilidad del poliestireno. Este término permite conocer la interacción entre un polímero con cada uno de los solventes orgánicos. Según lo establecido por Yau et al. [19], el poliestireno es soluble en solventes que cumplan la siguiente relación:

$$\sqrt{((\delta_v-18)^2+(\delta_h-5)^2)} < 5$$

donde 5 es el radio de la región de solubilidad, de modo que, se puede inferir que el benceno (relación=2,97), el tetrahidrofurano (relación=2,99) y el tolueno (relación=2,95) son buenos disolventes del poliestireno al contrario del metanol (relación=17,37) considerando la relación de solubilidad del poliestireno. Esta relación de solubilidad es una función de la contribución de las fuerzas intermoleculares entre el soluto y solvente [19]. Además de la relación de solubilidad, un buen solvente preferentemente debe tener un bajo punto de ebullición y una alta velocidad de evaporación, de esta manera

se producirá su evaporación de la masa del polímero recuperado en el proceso de procesamiento [6].

Con estas consideraciones, se compararon las propiedades físicas entre el tolueno y el tetrahidrofurano, dada su buena relación de solubilidad, para definir el solvente de poliestireno a utilizar: $T_{b_{\text{tolueno}}} = 110\text{--}111^\circ\text{C}$ y $T_{b_{\text{THF}}} = 65\text{--}67^\circ\text{C}$, punto de inflamación $4,4^\circ\text{C}$ y $-17,2^\circ\text{C}$, presión de vapor a 20°C es de 22 mmHg y 143 mmHg, respectivamente [16], [17].

Después de analizar esta información se puede deducir que el THF, por tener una presión de vapor mayor, se evapora más fácilmente que el tolueno. Además, su temperatura de ebullición es menor, por lo que la recuperación de THF por destilación después del reciclaje del EPS será más factible y más seguro que usar tolueno en el proceso de disolución, disminuyendo así costos por consumo de reactivo y permite tener un proceso más amigable con el ambiente. Sin duda los dos compuestos son altamente inflamables, pero el tolueno lo es más. Por tanto, el THF fue seleccionado como el solvente para la disolución del EPS de desecho, al presentar tales ventajas.

Las operaciones del proceso de reciclaje son basadas en la metodología descrita en la Patente inventada por Notari et al. [11]; sin embargo, las variables y condiciones de este proyecto son diferentes a la de la

patente mencionada y serán establecidas por medio de experimentación. Para el proceso propuesto no es necesario realizar la disolución y la precipitación a altas temperaturas, por lo que el procedimiento se realiza a temperatura ambiente y presión atmosférica, de esta manera se hace viable implementar el proyecto con un bajo costo de operación. Por otro lado, como cita la patente [11], los glicoles son disolventes utilizados para la precipitación selectiva del poliestireno, por lo que se escoge al etilenglicol como agente precipitante.

Una ventaja de utilizar tetrahidrofurano y etilenglicol, es la diferencia significativa entre sus puntos de ebullición, lo cual permite su sencilla recuperación después del proceso de disolución – precipitación, de modo que el proceso propuesto no origina contaminación con solventes y más bien permite su reutilización. La selección del procedimiento de recuperación del solvente y agente precipitante se estableció en pruebas preliminares desarrolladas en el laboratorio.

Para eliminar la contaminación del polímero recuperado con agente precipitante, se realizará un lavado con alcohol isopropílico, basándose en el criterio de "lo semejante disuelve a lo semejante". De modo que el alcohol forma una solución monofásica con el glicol, permitiendo la extracción efectiva del etilenglicol de la estructura del precipitado. Gracias a su alta volatilidad se

podrá recuperar fácilmente por destilación el isopropanol para su reutilización, lo que conlleva a la recuperación y posterior reuso del etilenglicol (agente precipitante), generando un proceso limpio y ambientalmente amigable. La elección del reactivo de lavado se fundamentó en pruebas preliminares desarrolladas en el laboratorio.

Por lo tanto, el presente proyecto se plantea como una alternativa de tratamiento de desechos de EPS para solucionar la problemática ambiental que lo rodea. Se espera como resultado la obtención de poliestireno apto para su comercialización como material de extrusión, por medio del reciclaje por la técnica de disolución – precipitación. Además, incorpora la recuperación y reutilización de los solventes y reactivos usados en el procedimiento, favoreciendo a la reducción de gastos económicos a causa del consumo de los reactivos y previniendo la contaminación por desechos orgánicos.

➤ Problemática a abordar

Los plásticos se han convertido en el material preferido para satisfacer las necesidades del consumidor, por lo que su producción mundial tiende a aumentar un 5% por año; estimándose 265 millones de toneladas de plásticos para el 2010 [10]. Como resultado de este consumo, se generan grandes cantidades de residuos,

de los que más de 3 millones de toneladas corresponden al consumo de poliestireno expandido (EPS), con un incremento del 6% al año, provocando la disminución de la vida útil de los rellenos sanitarios [18].

A nivel nacional, el manejo incorrecto de los residuos sólidos constituye un problema debido a que los servicios básicos de aseo urbano no logran manejar los desechos de forma satisfactoria y no existe una cultura de disminución ni clasificación de los residuos, por lo que para facilitar la manipulación de los desechos comunes, peligrosos e infecciosos, se han acreditado gestores ambientales. Sin embargo, con respecto al reciclaje, la situación no es alentadora ya que, según la estimación del EMASEO, solo se reciclan 9,73% del total de desechos generados. [5]

En la ciudad de Quito, para el año 2013 existían 47 gestores tecnificados, 95 a mediana escala y 31 gestores artesanales vigentes; de estos gestores, solo 3 manejan poliestireno cristal y poliestireno expandido. En el sector artesanal ninguno trabaja con dicho material. En consecuencia, la reutilización y tratamiento de este desecho es insuficiente, considerando las 16,6 toneladas de residuos sólidos por día correspondientes al poliestireno que se producen solamente en el Distrito Metropolitano de Quito, según estimaciones del año 2012 [7].

El consumo significativo de EPS se debe a que es el material predilecto para empaque de electrodomésticos, embalaje de alimentos, aislante térmico o acústico y actualmente usado para realizar hormigones ligeros [1], [13]. Esta preferencia se explica por sus características, entre las cuales se encuentran: peso ligero, estabilidad dimensional, resistencia química, propiedades eléctricas, flotabilidad y bajo costo [1], [12]. Sin embargo, los productos de EPS tienen un ciclo de vida relativamente corto [13], causando serios problemas ambientales, por lo que varios países optan por reciclar los desechos industriales y urbanos como una solución para mitigar este desafiante problema [12].

La problemática del EPS radica en su volumen debido a la baja densidad del material. Como indica Samper et al. [13], un camión de residuos con una capacidad de 70 m³ sólo podría transportar entre 700–1.700 kg de EPS, lo que implica un elevado costo de transporte hacia los lugares de recuperación. A esta situación se suma que es considerado un material no biodegradable [14], por lo que si no se descompone permanecerá por años en los botaderos ocupando extensos espacios [10].

Con este preámbulo se puede concluir que estos residuos son un problema ambiental a tratar, tomando en cuenta que el EPS es un material no biodegradable, con un ciclo de vida corto y volumen característico.

Además, dado que los desechos de EPS se visualizan en los sectores que comercializan con electrodomésticos y similares, surgió la idea de reciclar el EPS, para implementar una alternativa de solución a la generación de estos desechos, y de esta manera obtener un producto con valor agregado a partir de lo que hasta ahora se consideraba como “basura plástica”.

➤ Metodología y Herramientas

El proyecto propuesto tiene como fin el diseño de una planta de reciclaje de EPS a partir del desarrollo del método de disolución – precipitación, siendo necesario el estudio de las variables que interfieren en el proceso para garantizar la obtención de un producto apto para su reprocesamiento.

El estudio inicia con la recolección de los desechos de EPS durante 2 meses, procedentes de un local comercial de electrodomésticos ubicado en el sector de Carcelén. El tratamiento de este material, previo a su caracterización, consistirá en:

- Fragmentación hasta un tamaño de partícula menor o igual a 4 mm en un molino de cuchillas.
- Homogeneización por el método de cuarteo para la obtención de una muestra representativa.

La caracterización de los residuos de EPS recolectados se realizará mediante las siguientes técnicas:

- **Espectroscopia infrarroja por Transformadas de Fourier FTIR.**– se conocerán los grupos funcionales que conforman la estructura del material recolectado observando las bandas de absorción y será posible su comparación con espectros de compuestos puros.
- **Viscosimetría.**– por este método se determinará el peso molecular del material recolectado [15].
- **Caracterización térmica.**– se realizará un estudio calorimétrico mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) (ASTM D3418 – 12 (e1)) y termogravimetría (TGA) (ASTM E1131 – 08) [3], [4].

Método disolución – precipitación:

Para el desarrollo del proceso se evaluará el contenido de EPS en la disolución y la proporción de agente precipitante en función de la calidad de producto obtenido. El EPS homogeneizado será disuelto en tetrahidrofurano (THF), variando el contenido de polímero en la solución de THF en las proporciones de 10, 20, 30 y 40% [11]; estos porcentajes fueron establecidos después de realizar pruebas de laboratorio. El proceso se desarrollará bajo agitación mecánica constante.

En cada porcentaje de mezcla se recuperará el poliestireno disuelto por precipitación, empleando como agente precipitante al etilenglicol (EG), el mismo que se adicionará lentamente y bajo agitación. De acuerdo a Achillas et al. [2] se prueba una relación volumétrica de 1/3 solvente/precipitante; por lo tanto se ensayarán relaciones menores 1/1, 1/2 y 1/3 (THF/EG) para conocer su influencia en el proceso.

Al término de la adición de agente precipitante se deja el sistema en reposo, de manera que el polímero precipitado ascienda por diferencia de densidades en la solución THF – EG. Se filtrará esta solución para separar el precipitado [11]. Dada la consistencia del polímero precipitado es necesario secar durante 1 hora a 100°C para que endurezca y sea fácil su reducción de tamaño en un molino de cuchillas, lo cual ayudará a la remoción del remanente de la solución THF – EG.

Una vez molido, el precipitado será lavado con alcohol isopropílico durante 1 hora y con agitación. Posteriormente, se someterá a un secado a 100°C durante 11 horas en una estufa; de modo que se pueda evaporar restos de EG contenidos dentro de la estructura del precipitado. La temperatura de secado fue seleccionada experimentalmente después de probar el rango de temperatura establecido por Notari et al. [11] en la patente. El tiempo de secado fue determinado en pruebas preliminares.

Finalmente, se evaluará comparativamente los resultados de la caracterización del material de partida (EPS) con la del poliestireno recuperado, de manera que se pueda comparar sus características estructurales, nivel de contaminación y propiedades térmicas; y de esta manera avalar la calidad del material reciclado. Para la caracterización del poliestireno reciclado se utilizarán las mismas técnicas descritas para el material de partida (EPS). Se determinará el índice de fluidez para validar sus propiedades como materia prima para reprocesamiento, además de ser un referente del peso molecular del polímero.

Con la información obtenida en la experimentación descrita, se determinarán las condiciones adecuadas de concentración de EPS en THF y de la proporción de EG, que permitan recuperar un polímero precipitado con propiedades aptas para el reprocesamiento.

Recuperación del solvente y agente precipitante:

Se recuperará el solvente y el agente precipitante usados en el proceso de reciclaje por medio de la destilación de la solución THF – EG obtenida de la filtración. El proceso que se llevará a cabo en una columna de fraccionamiento. El rendimiento de la destilación estará definido por la cantidad de solvente y agente precipitante recuperado.

La eficiencia de la recuperación se evaluará a través de la pureza química de los productos de la destilación, para lo cual, el destilado y residuo se analizarán por espectroscopia infrarroja comparando sus estructuras con los estándares bibliográficos de THF y EG, respectivamente. Además, se medirá el índice de refracción de los productos de destilación. Este valor se ubicará en curvas de calibración que permitan determinar la concentración en la que se encuentran tanto el destilado como el residuo. Las curvas serán previamente realizadas con estándares de THF – EG, representadas como índice de refracción versus concentración.

Recuperación del alcohol isopropílico:

Se recuperará el alcohol isopropílico usado en el lavado del precipitado por medio de destilación fraccionada de la solución filtrada. El rendimiento de este proceso estará definido por la cantidad recuperada, y al igual que la recuperación anterior, la pureza química del destilado y residuo se analizarán por la medición del índice de refracción.

Diseño de la planta de reciclaje del EPS:

Una vez que se fijen las principales condiciones para el método de disolución – precipitación y recuperación del solvente, es posible diseñar el proceso de reciclaje de EPS, y en base al balance de masa

respectivo se podrá dimensionar los equipos que intervienen en él.

Se establecerán las etapas del proceso de reciclaje de EPS mediante un diagrama de bloques (BFD) y un diagrama de flujo (PFD). La distribución de los equipos en planta se podrá visualizar por medio de un Lay Out de la planta, donde se puede apreciar el área necesaria para la instalación de la misma.

➤ Soluciones propuestas

La solución propuesta para aplacar la problemática ambiental que envuelve la generación de desechos de espuma flex (EPS), es el diseño de una planta de reciclaje a partir del desarrollo del proceso de disolución – precipitación con el cual se podrá obtener poliestireno apto para su reprocesamiento que servirá para la posterior producción de perfiles, películas protectoras, materiales de papelería, cubiertas de construcción, entre otros. El proceso propuesto garantizará una recuperación aproximadamente del 90% del polímero.

El poliestireno expandido (EPS) que generalmente es desechado a la basura será recolectado para su reciclaje. El procedimiento propuesto incluye la disolución de los residuos recolectados y la precipitación del poliestireno recuperado. Adicionalmente, se recuperará el solvente (THF), el reactivo de lavado (alcohol isopropílico) y el agente precipitante (EG);

para su reutilización en el mismo proceso. Finalmente, el poliestireno recuperado se lavará y se secará para eliminar impurezas, de manera que se obtenga un material con propiedades cercanas o iguales a las de un material virgen.

El proyecto se puede implementar como una forma de tratamiento de los residuos plásticos debido a que hay disponibles toneladas de desecho de EPS procedentes de los residuos del empaque de electrodomésticos, los cuales no cuentan con un tratamiento post consumo. La planta basada en el proceso de reciclaje propuesto presenta un diseño ambientalmente amigable debido al reciclaje de poliestireno (basura plástica) y a la reutilización de los reactivos que intervienen en el procedimiento.

De llevarse a cabo el proyecto se contribuirá con nuevas fuentes de empleo, no solo para quienes forman parte de la industria sino también para los recolectores de basura, operarios, comercializadores, entre otros. Se tendrá una solución ambiental positiva en la ciudad de Quito, con proyecciones a nivel nacional, y se podrá contribuir económicamente a la sociedad en general.

➤ Viabilidad

La ejecución de una planta de reciclaje de desechos de poliestireno expandido, comúnmente conocidos como espuma flex,

se desarrolla dentro de los tres ámbitos de la sustentabilidad:

Ambiental:

En este ámbito se favorecerá a la vida útil de los botaderos, ya que este tipo de desechos ya no ocuparán extensos espacios, y se eliminará la contaminación visual que existe en la ciudad en lo que a poliestireno expandido respecta. Este método de reciclaje no solo reduce el volumen del EPS y proporciona poliestireno para reprocesamiento, sino que también permite la reutilización de los reactivos que intervienen en el proceso; de modo que no se generan desechos orgánicos al ambiente. Limita el uso de recursos no renovables para la obtención de artículos de poliestireno mediante el uso del material reciclado en lugar de poliestireno virgen.

Social:

Se aportará en la creación de plazas de trabajo tanto para los recolectores de basura, gestores ambientales y personas que intervienen directamente en el proceso (sector industrial) y la comercialización del producto. A la vez, la creación de una planta de reciclaje incentiva una cultura de cuidado ambiental para el sector social que la rodea.

Económico:

Esta planta constituirá un aporte económico

en el sector industrial y apunta a ser un negocio rentable al tomar en cuenta varios aspectos: se produce poliestireno a partir de desechos; se recupera y reusa el solvente, agente precipitante y reactivo de lavado y, el proceso de reciclaje no involucra equipos de alta tecnología, por lo que la inversión no es alta.

➤ Conclusiones

- El proyecto es innovador ya que en el país no se ha implementado la técnica de disolución – precipitación para reciclaje de EPS.
- Se puede recuperar aproximadamente el 90% del poliestireno que se recicle.
- El proyecto es ambientalmente sostenible porque recupera poliestireno para reprocesamiento a partir de desechos de EPS, aumenta el tiempo de vida útil de los rellenos sanitarios, y evita contaminación por desechos orgánicos.
- El proyecto es socialmente sostenible porque involucra a diferentes sectores sociales para la ejecución del mismo: recolectores de basura, gestores ambientales, sector industrial y comercializadores.
- El proceso propuesto para desarrollarse en la planta de reciclaje no presenta complejidad ni equipos difíciles de encontrar en el mercado. En consecuencia, el proyecto puede llevarse a cabo sin

mayor problema y es técnicamente viable.

- El proyecto se hace económicamente viable respecto al consumo de reactivos gracias a su recuperación y reuso. Además, la materia prima es un desecho que no cuenta con ningún tratamiento post consumo.
- Este proyecto puede aplicarse a nivel nacional.

➤ **Consideraciones finales**

- El proyecto propuesto tiene gran potencial en el área de reciclaje, porque puede recuperar aproximadamente el 90% de poliestireno a partir de basura plástica. Este poliestireno podrá ser utilizado para crear perfiles, películas protectoras, materiales de papelería, cubiertas de construcción, reflectores de luz, etc.
- La recolección de EPS desechado no es una limitante para el desarrollo del proyecto, dado a que estos residuos se encuentran en los basureros de los sectores comerciales, a espera de que el carro recolector se los lleve. Para los locales de electrodomésticos, quienes disponen grandes cantidades de este material, es una ayuda el retirar este desecho.
- El desarrollo de la metodología a utilizar presentó ciertas dificultades en las pruebas

preliminares respecto a la incertidumbre de la pureza del polímero recuperado debido al uso del solvente o agente precipitante. Por esta razón además del proceso de secado, fue necesario incluir un proceso de lavado.

- Inicialmente se propuso un lavado con agua, lo cual originaría contaminación a los efluentes líquidos en la planta, por lo que se buscó una sustancia más afín con el agente precipitante para que lo libere de la estructura del precipitado fácilmente y pueda recuperarse con una destilación simple.
- Se concluyó que se obtendrá un producto más puro si se reduce de tamaño el precipitado, por lo que se implementó un proceso de molienda antes del lavado del producto reciclado.
- La implementación del proyecto ha sido estudiada en la ciudad de Quito; sin embargo, puede extenderse a nivel nacional.

➤ Referencias Bibliográficas

1. Acierno S., Carotenuto C. y Pecce M. (2009). Compressive and Thermal Properties of Recycled EPS Foams. *Polymer – Plastics Technology and Engineering*. 49(2010), 13–19. DOI: 10.1080/03602550903282994 (Agosto, 2013)
2. Achillas D., Giannoulis A. y Papageorgiou G. (2009). Recycling of polymers from plastic packaging materials using the dissolution – reprecipitation technique *Polym. Bull.* 63(2009), 449 – 465. DOI: 10.1007/s00289-009-0104-5 (Enero, 2013)
3. ASTM D 3418-12e1. Standard Test Method for Transition Temperatures and Enthalpies of Fusion and Crystallization of Polymers by Differential Scanning Calorimetry. *ASTM Book of Standards*. 08.02. DOI: 10.1520/D3418-12E01 (Febrero, 2014)
4. ASTM E 1131-08 Standard Test Method for Compositional Analysis by Thermogravimetry. *ASTM Book of Standards*. 14.02. DOI: 10.1520/E1131-08 (Febrero, 2014)
5. Castillo M. (2012). Informe Ejecutivo – Consultoría para la realización de un Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos Domésticos y Asimilables a Domésticos para el Distrito Metropolitano de Quito. Recuperado de http://www.emaseo.gob.ec/documentos/pdf/Caracterizacion_residuos.pdf (Enero, 2014)


6. Cistone D., Moore L. y Carreras E. (2003). Polystyrene reclamation process. Patente EP1325066 (B1). Recuperado de http://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/originalDocument?CC=EP&NR=1325066B1&KC=B1&FT=D&ND=3&date=20050119&DB=EPODOC&locale=es_LP
7. Dirección Gestión de la Calidad Ambiental. (2013). Listado de Gestores – Actualizado 05-03-2013. Recuperado de <http://www.cip.org.ec/en/topicos-de-interes/2012-11-07-17-16-48/ambiente-y-seguridad-industrial/255circulares-marzo-2013/741-gestores-autorizados-de-residuos,-consultoresambientales-y-laboratorios-ambientales-registrados-dentro-del-distrito-metropolitano-de-quito.html>. (Enero, 2014)
8. García M., Gracia I., Duque G., De Lucas A. y Rodríguez F. (2009). Study of the solubility and stability of polystyrene wastes in a dissolution recycling process. *Journal Waste Management*. 29(2009), 1814 – 1818. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X09000038>. (Julio, 2013)
9. García M., Gracia I., Duque G., De Lucas A. y Rodríguez F. (2009). Recycling extruded polystyrene by dissolution with suitable solvents. *Journal Mater Cycles Waste Manag* 11:2–5 (2009), 2. DOI: 10.1007/s10163-008-0210-8. (Julio, 2013)
10. López D., Rhenals P., Tangarife M., Vega K., Rendón L., Vélez Y. y Ramírez M. (2013). Tratamiento de residuos de Poliestireno expandido utilizando

solventes verdes. Recuperado de [http://kosmos.upb.edu.co/web/uploads/articulo/\(A\)Ingeniar_2013_Tratamiento_de_Residuos_Comerciales_e_Industriales_de_Poliestireno_Expandido_Utilizando_Solventes_Verdes_1278.pdf](http://kosmos.upb.edu.co/web/uploads/articulo/(A)Ingeniar_2013_Tratamiento_de_Residuos_Comerciales_e_Industriales_de_Poliestireno_Expandido_Utilizando_Solventes_Verdes_1278.pdf). (Enero, 2014)

11. Notari M. y Rivetti F. (2005). Use of dialkyl carbonates as solvents for expanded polystyrene. Patente WO 2005023922 A1. Recuperado de <http://www.google.st/patents/WO2005023922A1?d=en> (Diciembre, 2013)
12. Poletto M., Dettenborn J, Zeni M. y Zattera J. (2010). Characterization of composites based on expanded polystyrene wastes and wood flour. *Journal Waste Management*. 31(2011), 779 – 784. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X10005817>. (Noviembre, 2013)
13. Samper M., Rico M., Ferrandiz S. y López J. (2008). Reducción y Caracterización del Residuo de Poliestireno Expandido. En I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos, Alcoy, España. Recuperado de <http://www.redisa.uji.es/artSim2008/tratamiento/A27.pdf>. (Julio, 2013)
14. Schmidt P., Cioffi M., Voorwald H. y Silveira J. (2011). Flexural Test on Recycled Polystyrene. *Procedia Engineering*. 10, 930 – 935. Recuperado de <https://libdigital.epn.edu.ec/+CSCO+ch756767633A2F2F6E702E7279662D7071612E70627A+3511632570@2940928@1371782074@893C7674B0F3653E37C424B725AE4AAC86522>

EC4+/S1877705811003419/1-s2.0-18777058_11003419-main.pdf?_tid=61407aee-da1d-11e2-9f460000aacb360&acdnat=1371783229_cd34e1ab9ada076a0802d5ea47687098 (Julio, 2013)

15. Schmitt T. (2012). MNL17-2ND: Methods for Polymer Molecular Weight Measurement. ASTM Book of Standards. Capítulo 74. DOI: 10.1520/MNL12254M (Febrero, 2014)
16. Sigma-Aldrich Co. LLC. (2014). Toluene Physical Properties. Recuperado de <http://www.sigmaaldrich.com/chemistry/solvents/toluene-center.html>
17. Sigma-Aldrich Co. LLC. (2014). Tetrahydrofuran Physical Properties. Recuperado de <http://www.sigmaaldrich.com/chemistry/solvents/tetrahydrofuran-center.html>
18. Vaikathusseril R., Thattekatt B. y Thomas E. (2012). Utilization of waste expanded polystyrene: Blends with silican – filled natural rubber. Journal Materials and Design. 40(2012), 221 – 228. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0261306912002166> (Diciembre, 2013)
19. Yau W., Kirkland J. y Bly D. (1979). Modern Size – Exclusion Liquid Chromatography. Practice of gel permeation and gel filtration chromatography. Delaware, Estados Unidos.




**PANEL PREFABRICADO DE
HORMIGÓN ALIVIANADO A BASE
DE PAPEL PERIÓDICO Y CARTÓN
RECICLADO, DESTINADO A
VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL**

AUTORES

**Sonia Marlene Prieto Jiménez
Deysi Johanna Velepucha Mora**

ORIENTADOR

Arq. Wilson Marcelo Vázquez Solorzano
Universidad de Cuenca



La pobreza es un hecho latente en el mundo y sobre todo en los países en vías de desarrollo como el nuestro. El nivel de pobreza en un país trae consigo el adelanto o retroceso del mismo, así como el impedimento que sus ciudadanos puedan poseer una vivienda propia, alimentación e inclusive vestimenta, por lo que todos los gobiernos implantan proyectos habitacionales con el fin de suplir sus déficits.

Se tiene conocimiento que una de las formas para dotar de viviendas de una manera más óptima es mediante la prefabricación de los elementos que conforman la vivienda, con lo que se logra reducir costos de materiales, tiempo de ejecución de construcción y mano de obra.

Para el caso de la presente investigación se ha buscado nuevos materiales para ser combinados con los tradicionales, buscando a la vez, prácticas más amigables con el ambiente y la posibilidad de crear un espacio de aprendizaje para profesionales comprometidos con la situación de pobreza de muchas familias de nuestro país, convirtiendo a los conocimientos académicos en instrumentos de desarrollo, y a los profesionales en el nexo entre quienes no logran satisfacer sus necesidades (pobladores) y quienes tienen los recursos y la responsabilidad de apoyarlos (Estado).

➤ Objetivo General

IncurSIONAR en una nueva técnica constructiva, que sea amigable con el medio ambiente y que aporte de forma sostenible a los sistemas habituales y además se logre reducir costos en la construcción.

➤ Objetivos Específicos

- Usar materiales reciclados para la elaboración del panel prefabricado.
- Dar un destino útil a una parte de los residuos desechados por el hombre, los que contaminan el medio ambiente.
- Reemplazar técnicas constructivas tradicionales que producen deterioro del medio ambiente.
- Lograr economía de medios, con paneles de calidad que reduzcan sus costos en el mercado de la construcción y logren espacios confortables.

➤ Alcance

Debido a la utilización de material reciclado se prevé se beneficie al medio ambiente, evitando la acumulación de material desechado, así como la reducción de contaminación, por lo que en relación directa se encontrará beneficiado cada uno de los habitantes del planeta. Además, permitirá el acceso a una vivienda digna y confortable a los colectivos que lo requieren.

➤ Fundamento Teórico

En la actualidad debemos ser conscientes que la pobreza es un hecho latente en el Ecuador, por lo que se debe buscar alternativas para desarrollar soluciones habitacionales. El censo del año 2009 (INEC) arrojó que existe un déficit en Ecuador de 700 mil unidades, situándose directamente en la clase baja en un 65%. Dentro de este déficit se puede dividir a dos grupos, el uno llamado formal, en él se encuentran las personas que por medio de sus ahorros o ingresos mensuales podrán acceder a su propia vivienda; mientras que existe el segundo grupo que se lo llama auto gestionado, en el que se encuentran las personas cuyos ingresos son mínimos y necesitarán de un préstamo o bono para poder adquirir una vivienda. Por lo antes señalado se ve la necesidad de desarrollar nuevos sistemas constructivos, además de buscar alternativas de incluir e incurSIONAR en la reutilización de elementos y materiales ya existentes, con la innovación de otros, con los cuales se tiene como fin ayudar al ecosistema; así como, abaratar precios a través de procedimientos sostenibles, cubriendo de esta forma necesidades del presente sin comprometer a la generaciones futuras.

Dentro del campo de los prefabricados, se tiene claro conocimiento que en el Ecuador no se ha desarrollado significativamente. Existen pocas empresas destinadas a la

PANEL PREFABRICADO DE HORMIGÓN ALIVIANADO A BASE DE PAPEL PERIÓDICO Y CARTÓN RECICLADO, DESTINADO A VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL

elaboración de materiales de construcción que hoy en día han decidido realizar productos por medio de esta vía, las cuales fabrican paneles prefabricados de hormigón, que se los puede encontrar en el mercado. La finalidad de llevar un producto a que sea prefabricado y posteriormente industrializado es múltiple, con los consiguientes beneficios que traerían, por ejemplo: reducción de tiempo de construcción, reducción en el costo de mano de obra, y al ser industrializado este producto, se obtendrá la disminución del costo final del elemento, por lo que se ve la necesidad de incursionar en este ámbito.

Si bien en Ecuador el sistema de reciclaje no es una acción que se encuentre insertada en su totalidad, se ha buscado por medio de instituciones como municipios y organismos privados o independientes, mecanismos, campañas y programas, con la finalidad que este proceso sea más responsable y eficaz dentro de la población. Para realizar un óptimo reciclaje de cartón y papel periódico, se debe tener conocimiento que existe una variedad de estos materiales que no podrán servir para ser reciclados, tales como: los papeles o cartones que tengan manchas de aceite o tinta, así como etiquetas adhesivas, puesto que al ser mezclados con materia prima apta para reciclar y reutilizar, lo único que se obtendrá será la contaminación del producto. En cifras, se estima que un adecuado reciclaje, trae consigo una ayuda

significativa al medioambiente, al reciclar una tonelada de papel se ahorran 2 metros cúbicos de vertedero, 26.500 litros de agua y una emisión de 900 kilos de CO₂, gas causante del cambio climático.

De acuerdo a información brindada por la Asociación Española de Recuperadores de Papel y Cartón (RECAPAR), alrededor del 19% del papel elaborado a nivel mundial para el uso de la población es irre recuperable debido a que un porcentaje se encuentra dentro de los mismos hogares, como fichas de estantería, libros, folletos almacenados, y otro porcentaje, el cual simplemente por su proceso fueron mal manipulados y su reciclaje se vuelve imposible; sin embargo, se prevé que al realizar un adecuado reciclaje de cartón y papel, se podría tener un ahorro del 33% de energía necesaria para producirlos.

➤ Problemática a abordar

Se pretende disminuir los problemas ambientales por medio de la reutilización de materiales reciclados y generar un panel que se destinará a viviendas de interés social.

➤ Metodología y Herramientas

Al tener conocimiento que en la actualidad las cantidades de desechos en el planeta se han ido incrementado, hemos analizado la posibilidad de la reutilización de algunos de estos materiales, para la realización de

uno nuevo, el cual pueda ser amigable con el medio ambiente. En nuestro estudio pudimos investigar materiales desechados como; caucho, plástico, vidrio, papel, cartón y elementos orgánicos (arroz, paja, etc.). Luego del análisis de cada uno de los antes mencionados, optamos por seleccionar el cartón y papel para nuestro proyecto por ser considerados unos de los materiales con un alto porcentaje dentro de los reciclados. Posterior a elegir el material y al tratarse de un panel destinado a la vivienda, se tenía conocimiento que debería cumplir con las normativas INEN NTE que rigen en el país, por lo que, nos introducimos a la búsqueda de las normativas que tengan relación con la elaboración tanto de paneles como de elaboración de hormigones, por lo que se hizo uso de varias de ellas. Entre las más importantes están:

- *Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 155:2009*
Cemento hidráulico. Mezclado mecánico de pastas y morteros de consistencia plástica. 2009.
- *Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 2 502:2009*
Cemento hidráulico. Determinación del Flujo en morteros. 2009.
- *Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 488:2009*
Cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50mm de arista. 2009.

- *Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 1576: 2011*

Hormigón de cemento hidráulico, elaboración y curado en obra de especímenes. 2011.

- *Instituto Ecuatoriano de Normalización. Nte Inen 0198:87*

Cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la flexión y a la compresión de morteros. 1987.

- *Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 2 167*

Varillas con resaltes de acero de baja aleación, soldables, láminas en caliente y/o termotratadas para hormigón armado. 2003

Dentro de las herramientas que se han utilizado en la realización de este proyecto tenemos:



Figura 1. Balanza digital

**PANEL PREFABRICADO DE
HORMIGÓN ALIVIANADO A BASE
DE PAPEL PERIÓDICO Y CARTÓN
RECICLADO, DESTINADO A VIVIENDA
DE INTERÉS SOCIAL**



Figura 2. Mezcladora



Figura 4. Mesa de flujo



Figura 3. Molde para especímenes



Figura 5. Máquina para compresión

► Soluciones propuestas

Para la realización del panel prefabricado con material reciclado, se deberá elaborar la mezcla del hormigón alivianado, triturando tanto el cartón como el papel previo a ser usados en la mezcla final, de esta forma proporcionará mayor adherencia. Además, se usará un aditivo plastificante acelerante para hormigón, que tiene como característica brindar resistencia inicial y final al concreto, aumento de trabajabilidad

de la mezcla, un pronto uso de las obras, un rápido desencofrado, además mejora sustancialmente el acabado de los prefabricados. En la elaboración del panel se ha trabajado con un 2% de aditivo en relación al cemento. Una vez seleccionados los materiales, se procede a realizar algunas mezclas con diferentes dosificaciones basadas en los procedimientos de la norma INEN 488 2009, que arrojaron como resultado los siguientes datos:

PROYECTO PARA CONCURSO ODEBRECHT - ECUADOR									
RESUMEN DE RESISTENCIA 7 DÍAS - 14 DÍAS - 28 DÍAS									
No. Prueba	Dosificación				Relación a/c	Aditivo	f'c 7 días (kg/cm ²)	f'c 14 días (kg/cm ²)	f'c 28 días (kg/cm ²)
	Cemento	Arena	Cartón	Papel					
1	1	2	0,05	0,05	0,7	2	84,21	86,00	125,35
2	1	3	0,05	0,05	0,7	2	84,24	99,70	119,96
3	1	4	0,05	0,05	0,7	2	42,58	46,43	57,49
4	1	2	0,05	0,05	0,7	1	80,56	85,30	97,07
5	1	3	0,025	0,025	0,88	0	16,66	59,00	76,08
6	1	2	0,05	0,05	0,9	2	71,96	113,19	121,90
7	1	2,75	0,05	0,05	0,9	2	67,91	79,80	107,60
8	1	2,90	0,05	0,05	0,9	1	63,58	90,15	97,02
9	1	3	0,05	0,05	0,9	2	59,11	90,81	120,24
10	1	4	0,05	0,05	0,9	2	61,59	73,67	84,24
11	1	3	0,075	0,075	0,9	2	62,33	116,34	119,01
12	1	2	0,1	0,1	0,9	2	35,33	90,96	114,70

Debido al análisis en la fluidez de la mezcla, se ha tomado como dosificación idónea para la fabricación del panel la que pertenece al número 6, teniendo una resistencia a los 28 días de 121,90 kg/cm². Se debe mencionar que existen dosificaciones superiores,

como la número 1; sin embargo, por lo espeso de su mezcla se podría usar para la realización de bloques. Para la elaboración del panel se debe realizar los siguientes pasos, descritos en la norma NTE INEN 488 2009:

PANEL PREFABRICADO DE HORMIGÓN ALIVIANADO A BASE DE PAPEL PERIÓDICO Y CARTÓN RECICLADO, DESTINADO A VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL

1.- Pesar cada uno de los materiales seleccionados de acuerdo a las cantidades requeridas para la dosificación:

- Cemento (Imagen 6)
- Arena fina (Imagen 7)
- Aditivo (Imagen 8)
- Agua (Imagen 9)
- Cartón (Imagen 10)
- Papel periódico (Imagen 11)



Figura 6. Peso de materiales: Cemento



Figura 8. Peso de materiales: Aditivo



Figura 7. Peso de materiales: Arena



Figura 9. Peso de materiales: Agua



Figura 10. *Peso de materiales: Cartón*



Figura 12. *Agregar el cemento*



Figura 11. *Peso de materiales: Papel*



Figura 13. *Agregar la arena*

2.- Se procede a colocar el agua en la mezcladora, luego se debe adicionar el cemento (Imagen 12). Posteriormente colocar la arena (Imagen 13). Seguido del aditivo plastificante - acelerante (Imagen 14), finalmente agregar el cartón (Imagen 15) y papel periódico (Imagen 16), y se deja mezclar durante 11/2 minutos (Imagen 17).



Figura 14. *Agregar el aditivo*

PANEL PREFABRICADO DE HORMIGÓN ALIVIANADO A BASE DE PAPEL PERIÓDICO Y CARTÓN RECICLADO, DESTINADO A VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL



Figura 15. Agregar el cartón



Figura 16. Agregar el papel



Figura 17. Mezclar

Una vez obtenida la mezcla se procede a la elaboración del panel, para lo que se debe verter la primera capa de 2,50 cm de espesor, la cual debe ser distribuida y compactada con la ayuda de herramientas manuales y colocamos la malla exagonal de 1" (Imagen 18). Posteriormente se llena el molde con el resto de mezcla de igual manera que en la primera capa, se compacta y distribuye en la totalidad del molde para culminar con el alisado del panel (Imagen 19).



Figura 18. Colocación de la malla



Figura 19. Alisado de superficie

El panel debe ser desmoldado a las 48 horas desde su fabricación (Imagen 20 y 21). El sistema de ensamblaje que se seleccionó para esta investigación ha sido el machihembrado, que consta de dos partes, el uno es el macho y la otra es la hembra. Al ser juntados conforman un sistema de ensamblaje adecuado para este tipo de panel, las dimensiones de las ranuras son de 2,5 cm x 2,5 cm, al igual que el elemento que pertenece al macho. En lo que respecta al espesor del panel está estudiado a que sea de 5 cm por los requerimientos estructurales y para que sea manipulado manualmente. Su longitud y altura variarán entre 0,30 m hasta 1,20 m según sea la exigencia del diseño de la edificación a partir de la modulación, pudiendo inclusive variar la orientación del elemento.



Figura 20. Panel macizo



Figura 21. Panel macizo

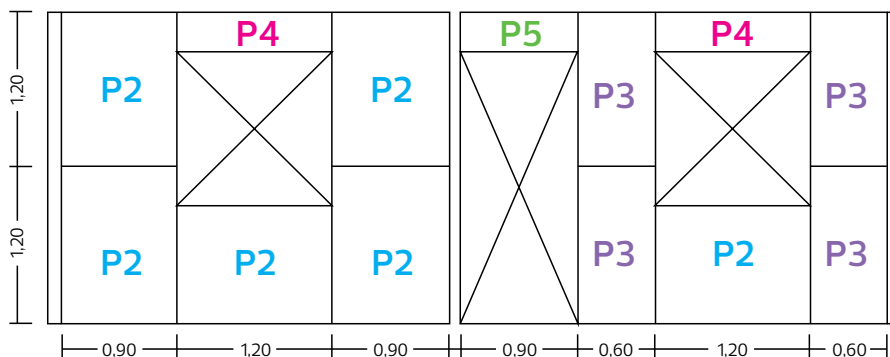
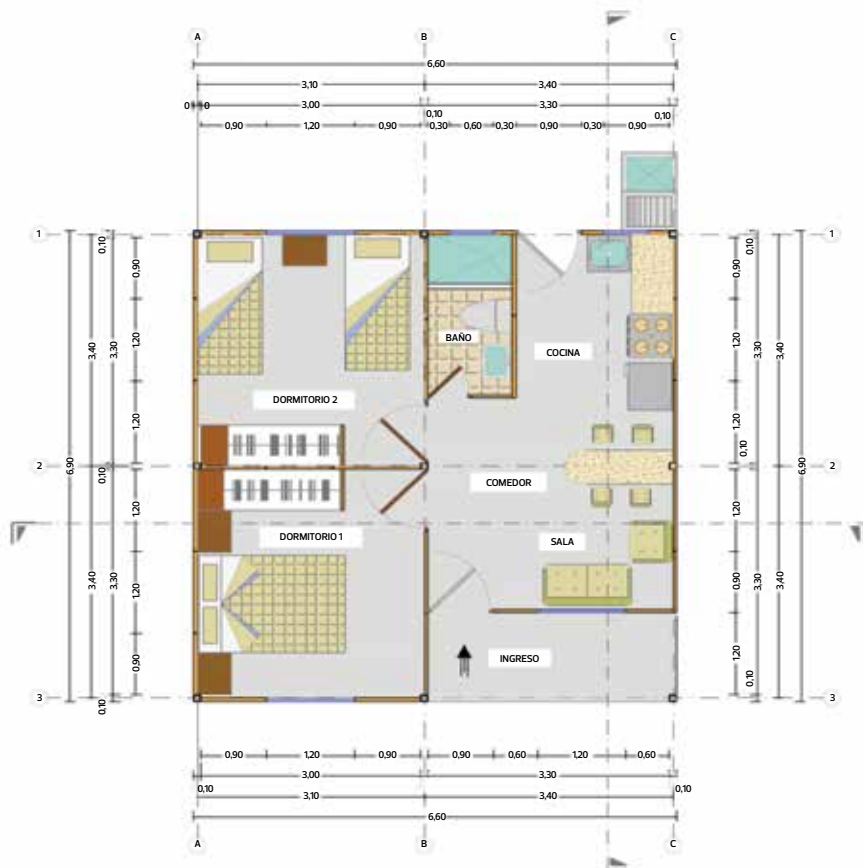
Implementación del panel dentro del diseño de una vivienda de interés social

Con el fin de suplir el déficit habitacional, se ha propuesto la investigación de un material que pueda abaratar sus costos, para que de esta forma pueda ser accesible a más personas, siendo una gran ayuda tanto al ecosistema, puesto que se reutiliza material que ha sido reciclado, así como al sector de la población que carece de una vivienda propia.

Una vez realizados los paneles se analizó el precio que tendrían en el mercado, el cálculo se realizó incluyendo precios directos, indirectos y comparando el panel investigado con otros que se encuentran en el mercado de la construcción. Se ha evidenciado una reducción de precios, empresas como Hormypol venden paneles macizos de 1,20 m x 0,90 m a \$25,80 dólares, y el panel de 1,20 m x 0,90 m con placa de poliestireno más malla exagonal a \$30,50 dólares. El panel macizo aquí investigado de 1,20 m x 0,90 m tendría un valor comercial de \$14,06, y el panel con placa de poliestireno de 1,20 m x 0,90 m a \$16,02, evidenciando la reducción de costos, por lo cual se alcanza el objetivo principal de bajar costos de mercado. También, se puede lograr diferentes acabados debido a la versatilidad del material.

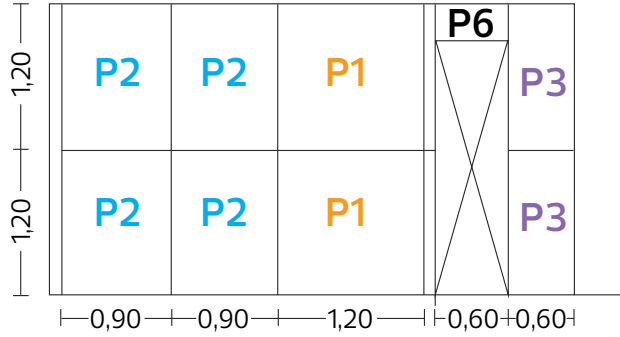
Con el fin de evitar obtener diversidad de paneles, se ha programado que las culatas sean de OSB hidrosistente, de esta forma se tendrá 7 diferentes paneles; P1 1,20 x 1,2 m, P2 0,9 x 1,20 m, P3 0,60 x 1,20 m, P4 1,20 x 0,3 m, P5 0,9 x 0,3 m, P6 0,60 x 0,30 m, P7 (1,2 x 1,2 m)-(0,6 x 0,90 m), llegando a un total de 73 paneles.

A continuación se mostrará la distribución de los paneles tanto en planta, como en elevación de la vivienda social propuesta en esta investigación.

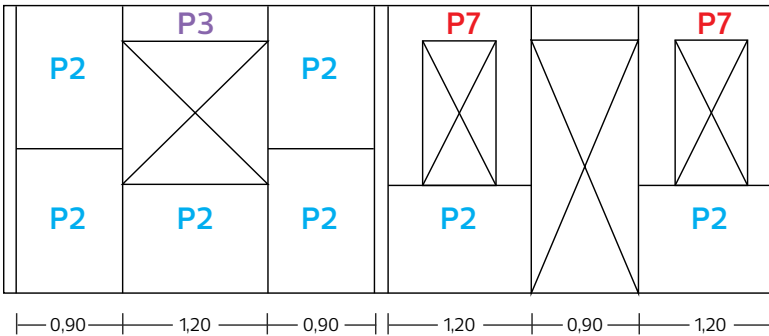


Pared 1

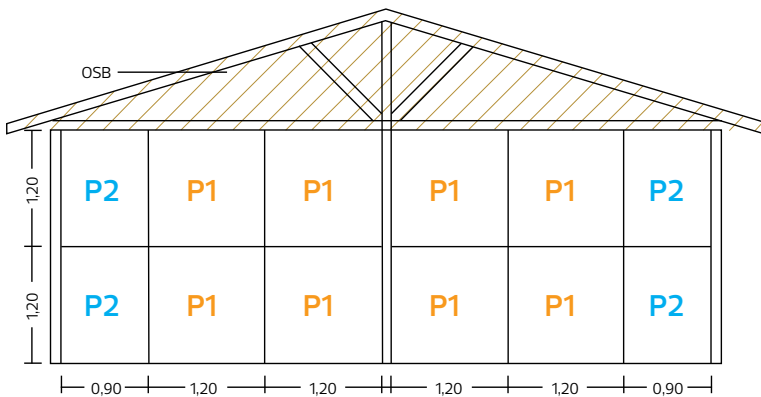
PANEL PREFABRICADO DE HORMIGÓN ALIVIANADO A BASE DE PAPEL PERIÓDICO Y CARTÓN RECICLADO, DESTINADO A VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL



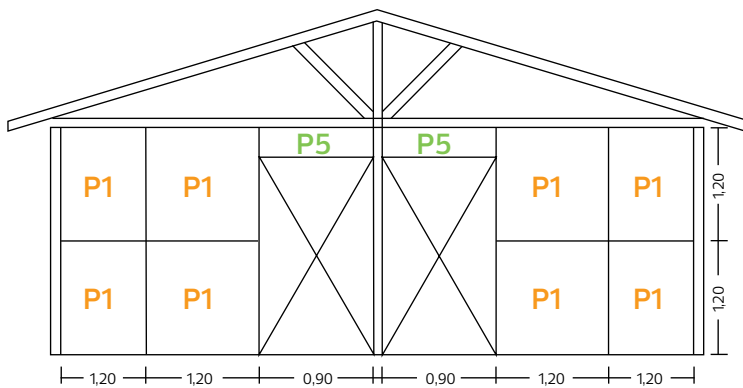
Pared 2



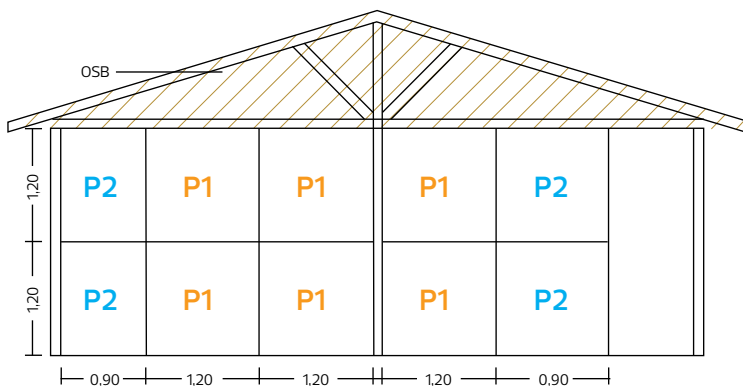
Pared 3



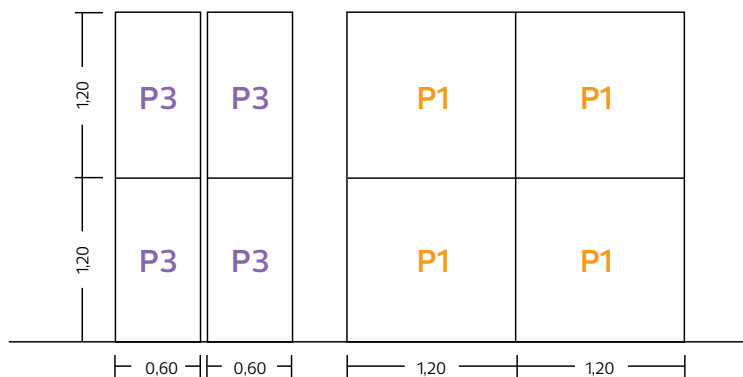
Pared A



Pared B



Pared C



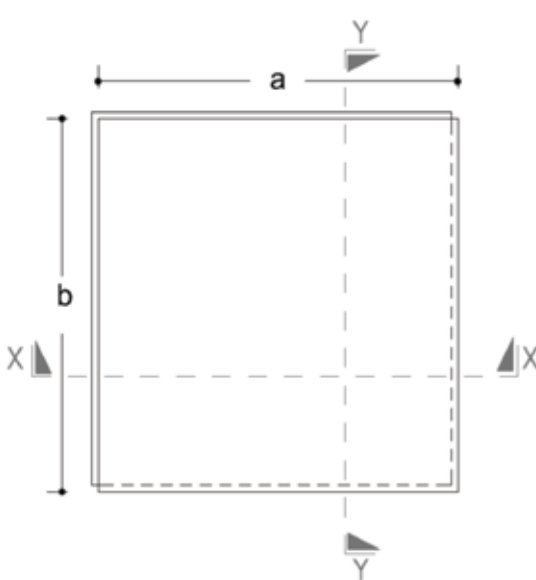
Pared entre B y C

PANEL PREFABRICADO DE HORMIGÓN ALIVIANADO A BASE DE PAPEL PERIÓDICO Y CARTÓN RECICLADO, DESTINADO A VIVIENDA DE INTERÉS SOCIAL

A continuación se presentarán una serie de detalles del panel y su ensamblaje:

DETALLE 1: Tipo de paneles

DETALLE 1.2: Panel macizo



Elevación frontal de panel
Escala - 1:20



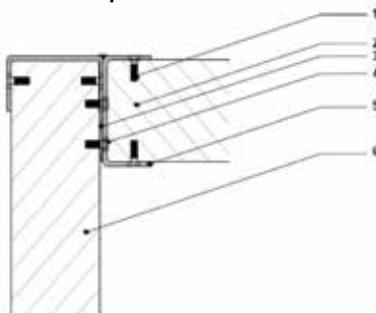
Corte Y-Y
Escala - 1:20

LEYENDA:

1. Sistema de ensamblaje (machiembrado)
2. Hormigón alivianado $f'c=121,90 \text{ kg / cm}^2$
3. Malla exagonal de 1"



DETALLE 2: Unión entre paneles



Corte detalle 2
Escala - 1:2



Perspectiva de detalle 2
Escala - gráfica

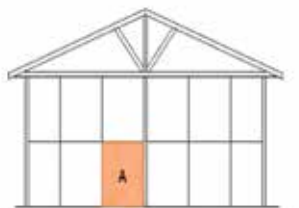
LEYENDA. DETALLE 2:

1. Tornillo de ensamblaje 1"
2. Panel A de hormigón alivianado
 $f'c = 121,90 \text{ kg / cm}^2$
3. Material de relleno (cartón)
4. Tornillo punta de taladro
5. Perfil acero galvanizado 50 x 25 x 0,5mm
6. Panel B de hormigón alivianado
 $f'c = 121,90 \text{ kg / cm}^2$
7. Perfil acero galvanizado 51 x 25,5 x 0,5mm (solera inferior)

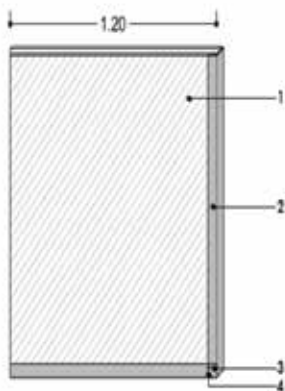
LEYENDA. DETALLE 3:

1. Panel A
2. Perfil U de acero galvanizado 50 x 25 x 0,5 mm
3. Perfil U de acero galvanizado 51 x 25,5 x 0,5 mm
4. Tornillo de ensamble 1"

DETALLE 3: Tipos de anclaje según ubicación del panel

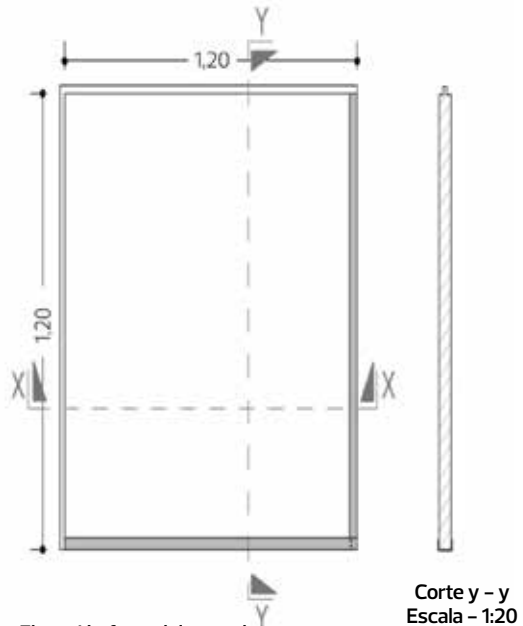


Referencia de ubicación de panel
Escala - 1,50



Perspectiva de panel
Escala - gráfica

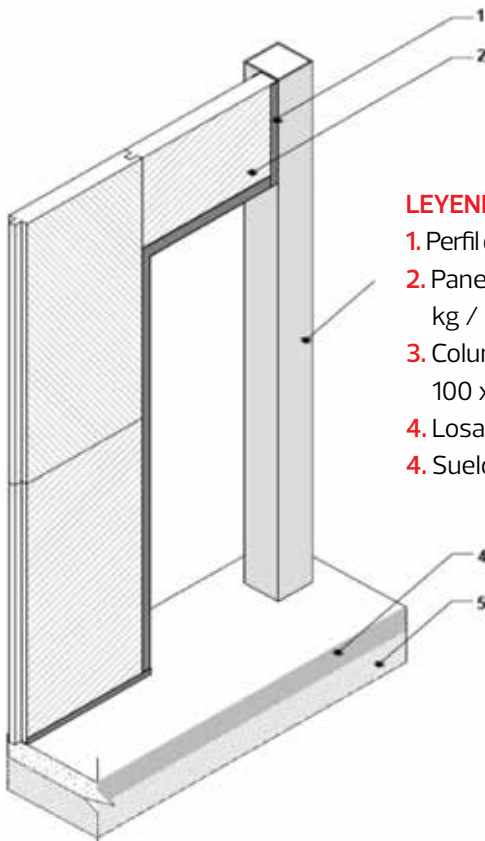
DETALLE 3.1: Panel A



Elevación frontal de panel
Escala - 1:20

Corte x - x
Escala - 1:20

**PANEL PREFABRICADO DE
HORMIGÓN ALIVIANADO A BASE
DE PAPEL PERIÓDICO Y CARTÓN
RECICLADO, DESTINADO A VIVIENDA
DE INTERÉS SOCIAL**



LEYENDA. DETALLE 4:

1. Perfil de acero galvanizado 50 x 25 x 0,5 mm
2. Panel de hormigón alivianado $f'c' = 121,90$ kg / cm²
3. Columna - tubo estructural cuadrado 100 x 100 x 2mm
4. Losa de cimiento $f'c' = 180$ kg / cm²
4. Suelo natural compactado

Perspectiva de detalla 4:
Escala - gráfica

➤ Viabilidad

En la actualidad debido a la incidencia, mucha veces negativa del hombre sobre el planeta, se ha tratado de buscar nuevas alternativas de carácter reciclable, y por lo cual en la actual investigación se ha propuesto introducir un elemento a base de materiales reciclados.

Para desarrollar un nuevo sistema constructivo que sea amigable con el medio ambiente se deberá tener en cuenta que su fabricación cuente con la incursión del sistema 3R (reducir, reutilizar y reciclar), y por lo cual se ha analizado varias opciones de materiales, llegando a seleccionar el uso del papel periódico y cartón reciclado debido a que las cantidades de reciclaje de estos materiales en Ecuador son superiores a la de otros materiales. Por ejemplo, en la ciudad de Cuenca de acuerdo a datos brindados por la Empresa Pública Municipal de Aseo de Cuenca, las cantidades que se reciclaron en el año 2013 fueron las siguientes:

-CARTÓN: 580 toneladas/mes, PAPEL: 150 toneladas/mes, CHATARRA: 780 toneladas/mes, PLÁSTICO: 80-100 toneladas/mes, VIDRIO: 30 toneladas/mes.

De esta forma se puede constatar que existe factibilidad y facilidad para conseguirlos en el medio. A estos elementos seleccionados se los usa como parte de la materia prima, los

cuales mezclados con cemento, agregado fino y aditivo, se proyectará la elaboración de un hormigón alivianado. Obtenida la mezcla uniforme, se la utilizará para realizar un panel prefabricado, que estará destinado a vivienda de interés social.

➤ Conclusiones

- El déficit habitacional en el país podrá ser aplacado, siempre y cuando se mantengan las políticas de estado, planes y programas habitacionales, los cuales tengan como objetivo el bienestar colectivo y la protección de las clases menos favorecidas.
- El proceso de prefabricación de productos es un medio por el cual se puede agilizar los procesos de construcción en un país, pudiendo de esta forma reducir el déficit habitacional.
- Para realizar un nuevo producto se tomará en cuenta que se deberá acatar todas las normativas establecidas en cada país, para poder ser tomado como un producto que califique dentro de las exigencias del mercado local como internacional.
- Como conclusión de la elaboración del panel de hormigón alivianado con material reciclado (cartón y papel periódico), se ha llegado a determinar que podrá brindar excelentes características físicas, tanto en lo térmico como en lo acústico, además que al seguir las normas INEN establecidas en

Ecuador se logró un producto final adecuado para ser comercializado y empleado en la construcción de viviendas.

➤ **Consideraciones finales**


- Tras haber concluido este proyecto de investigación y como conclusión final, debemos mencionar que creemos necesario impulsar la realización de investigaciones dentro de las universidades, para desarrollar nuevas técnicas constructivas amigables con el medio ambiente, además de proporcionar metodologías para la reutilización de materiales reciclados, los cuales contribuyan al desarrollo de una sociedad y a su economía.
- Además, creemos indispensable que por parte de los profesionales arquitectos o ingenieros civiles que se encuentren en ejercicio de su profesión, debería haber mayor apertura para la incursión de estos nuevos materiales que son sostenibles en su realización, para que puedan ser usados dentro de las diferentes construcciones.
- Finalmente, pensamos que se debería seguir con los diferentes planes y programas de reciclaje, con la finalidad de hacer concientizar a las personas en los beneficios y desventajas que traen nuestras acciones para el ecosistema.

➤ Referencias Bibliográficas


SÁNCHEZ, Diego. TECNOLOGÍA DEL CONCRETO Y DEL MORTERO. Santafé de Bogota: Bhandar editores Ltda, 2001. Quinta edición.

AGILA PINZÓN, Galo. Vivienda prefabricada con paneles alivianados con desechos textiles. Cuenca-Ecuador. 2002.

PICAZO, Alvaro. MEDIOS DE UNIÓN DE ESTRUCTURAS METÁLICAS. Mayo 2007. pag.3.



**PANEL PREFABRICADO DE
HORMIGÓN ALIVIANADO A BASE
DE PAPEL PERIÓDICO Y CARTÓN
RECICLADO, DESTINADO A VIVIENDA
DE INTERÉS SOCIAL**



http://www.mmrree.gob.ec/ecuador_actual/bol004.asp

<http://www.miduvi.gob.ec/>

<http://www.hormi2.com/tipos-de-panel/>

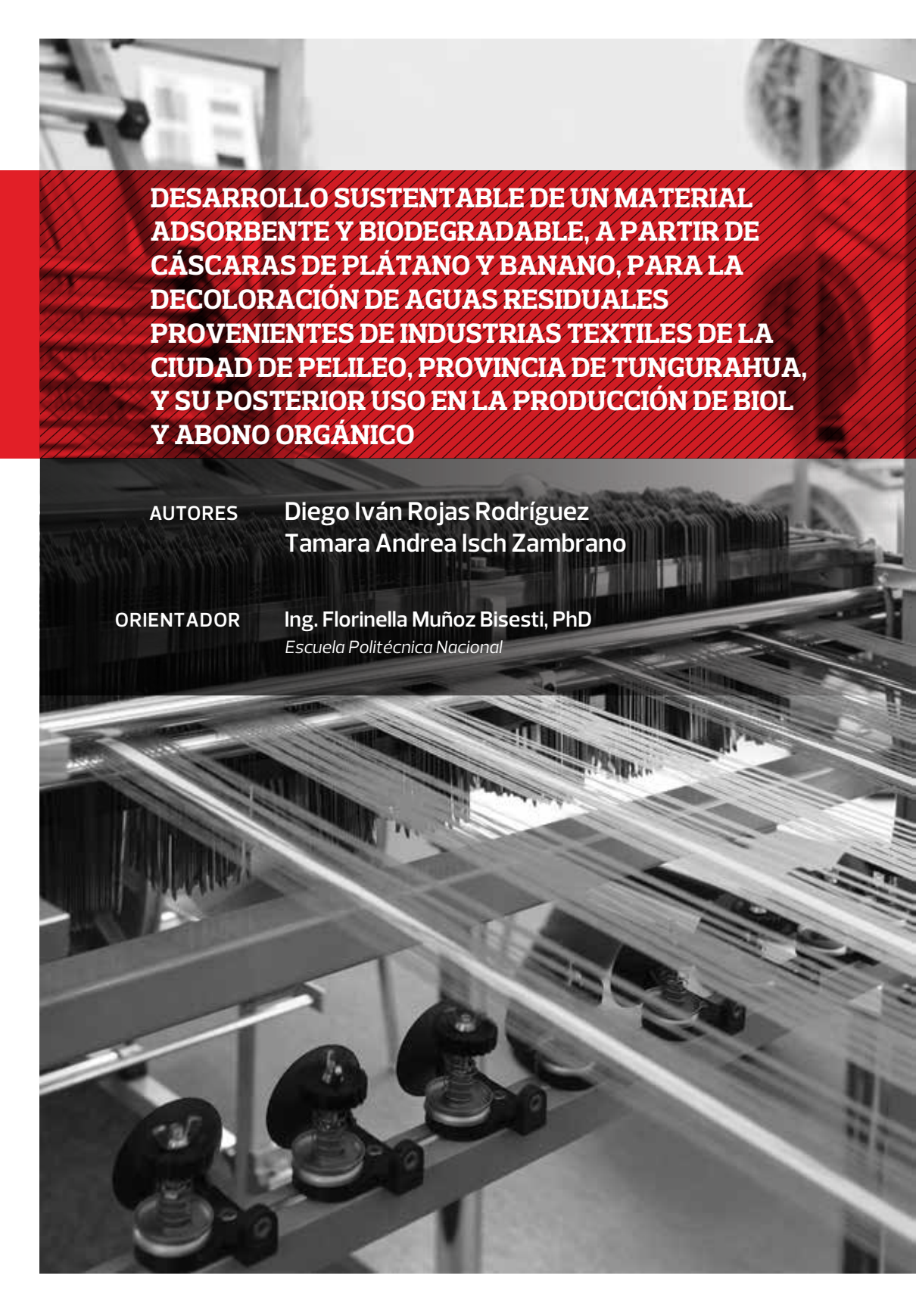
<http://www.hormi2.com/tipos-de-panel/>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Hormigón>

<https://www.inecyc.ec>

<http://www.emac.gob.ec/>

<http://www.inen.gob.ec/images/pdf/catalogos/alfabetico2013.pdf>



**DESARROLLO SUSTENTABLE DE UN MATERIAL
ADSORBENTE Y BIODEGRADABLE, A PARTIR DE
CÁSCARAS DE PLÁTANO Y BANANO, PARA LA
DECOLORACIÓN DE AGUAS RESIDUALES
PROVENIENTES DE INDUSTRIAS TEXTILES DE LA
CIUDAD DE PELILEO, PROVINCIA DE TUNGURAHUA,
Y SU POSTERIOR USO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOL
Y ABONO ORGÁNICO**

AUTORES Diego Iván Rojas Rodríguez
Tamara Andrea Isch Zambrano

ORIENTADOR Ing. Florinella Muñoz Bisesti, PhD
Escuela Politécnica Nacional

Pelileo es uno de los centros de mayor producción textil del país. Sin embargo, esta industria tiene procesos artesanales sin una adecuada gestión de los efluentes generados. Estos efluentes contienen una alta carga de colorantes que se vierte en los cuerpos de agua locales, afectando al ambiente y la salud de la comunidad expuesta, haciendo imperativo el tratamiento de los mismos.

Por otro lado, Ecuador es uno de los principales productores y exportadores de plátano y banano del mundo, con un alto excedente de producción y grandes volúmenes de desechos de cáscaras de ambas frutas. Además, es privilegiado por su ubicación geográfica, con altas dosis de radiación solar casi todo el año.

El presente proyecto propone la producción sustentable de un material adsorbente y biodegradable, a partir de residuos de cáscaras de banano y plátano con el uso de energía solar, para la decoloración de aguas residuales de las textileras de Pelileo, y su posterior uso en la producción de biol y abono orgánico.

El proceso para producir material adsorbente consistió en secado al sol de las cáscaras de banano y plátano, seguido de molienda manual y tamizado. Las pruebas realizadas con muestras de efluente recolectadas en Pelileo demostraron la factibilidad del uso del material generado, con remoción del colorante del 70%.

El proyecto se enmarca en las dimensiones de sostenibilidad porque desde lo ambiental se trata de la producción de un material nuevo a partir de residuos con el uso de energía limpia y renovable; y, el material puede reutilizarse en la producción de biol o abono orgánico. En los ámbitos económico y social, son procesos sencillos, fácilmente socializables, que cualquiera puede implementar, sea para producir el material adsorbente o para generar biol o abono orgánico.

➤ **Objetivo General**

Desarrollar un método de producción sustentable, de un material adsorbente y biodegradable a partir de residuos de cáscaras de plátano y banano, para la decoloración de aguas residuales provenientes de textileras de la ciudad de Pelileo, provincia de Tungurahua, y su posterior uso en la producción de biol y abono orgánico

➤ **Objetivos Específicos**

- Obtener un material adsorbente a partir de residuos de cáscaras de plátano o banano, empleando energía limpia y renovable.
- Evaluar la factibilidad del uso del material adsorbente obtenido para decolorar aguas residuales provenientes de textileras de la ciudad de Pelileo.
- Reutilizar el material adsorbente empleado en la decoloración de aguas residuales, para elaborar biol y abono orgánico.

➤ **Alcance**

El proyecto busca proporcionar una alternativa sustentable y de bajo costo para el tratamiento de las aguas residuales de las industrias textileras de la ciudad de Pelileo, provincia de Tungurahua. Adicionalmente, al tratarse de un material elaborado a partir de un residuo de fácil adquisición, producción

y utilización; que presenta características adecuadas para el tratamiento de efluentes de textileras, la aplicación del proyecto sería también viable para otras industrias textileras del país.

Además, existen estudios sobre el uso de cáscaras de plátano para la remoción de compuestos fenólicos y metales como cobre, plomo y arsénico, lo cual demuestra las posibilidades de uso para el tratamiento de otros efluentes industriales.

➤ **Fundamento Teórico**

Contaminación de agua por colorantes

Pelileo es uno de los sectores industriales más importantes de la provincia de Tungurahua caracterizado por la producción textil y en especial por la confección de jeans que se realiza desde varias décadas. Esta actividad representa alrededor del 37% de la producción nacional de jeans y crece entre el 2 y 3% anualmente. A pesar de esto, no toda la industria textil de Pelileo se encuentra tecnificada; en su mayor parte corresponde a manufactura realizada por pequeños productores que emplean métodos artesanales, por lo cual no cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales adecuados y, en el peor de los casos, vierten los efluentes sin tratamiento a los sistemas acuíferos naturales (Municipio de Pelileo, 2008, p. 10).

Los tratamientos de las aguas residuales de las industrias textiles, generalmente emplean los métodos fisicoquímicos de coagulación, precipitación, adsorción por carbón activado, oxidación por ozono, radiaciones ionizantes y ultra filtración. Estos métodos son costosos, no siempre eficientes, tienen una aplicación limitada, y además generan residuos que presentan dificultad para su disposición como desechos (Pishgar, Yazdanshenas, Ghorbani y Farizadeh, 2013, p. 51-62).

Los colorantes comerciales más empleados en la industria textil del sector de Pelileo son el Azul BRL, Pardo LEGL y Negro 22. Estos compuestos comúnmente presentan anillos aromáticos y grupos sulfonados. Además, se puede mencionar la presencia de dos grupos azoicos, en el caso de los colorantes Azul BRL y Pardo LEGL, y cuatro grupos azoicos en el colorante Negro 22. Estos grupos son potencialmente cancerígenos.

Plátanos y bananas

Aunque parezcan ser una misma fruta, plátanos y bananas tienen características distintas. Por ejemplo, los plátanos tienen un tamaño más pequeño y su cáscara posee un característico color verde, al momento de su comercialización y concentran mayor humedad que la banana, lo que los hace más jugosos. Por el contrario, las bananas son más grandes y su cáscara suele ser de un color

uniforme, sin manchas. Están compuestas por una mayor proporción de carbohidratos y sacarosa, por lo que dejan cierta sensación pastosa en el paladar, a diferencia del plátano (Colamarino, 2010, p.5).



Figura 1. Bananas y plátanos de producción nacional

Las bananas son la fruta más popular del mundo, pertenecen a la familia de las musáceas y son originarias de la región de Malasia e Indonesia, en el continente Asiático. El banano no es un árbol, sino una especie herbaria que crece hasta 15 metros. La planta de banano se encuentra en variadas condiciones de suelo y clima,

siendo ideal que los suelos sean aptos en textura y el clima sea tropical húmedo, con temperaturas superiores a 18,5 °C para que no se retarde su crecimiento (Colamarino, 2010, p.2).

El sector bananero ecuatoriano, en el año 2012, exportó 2.078.239,38 millones de dólares por concepto de divisas y 5.196.065,09 de toneladas, ubicando al banano como el primer producto de exportación del sector privado del país y uno de los principales contribuyentes al fisco.

La exportación bananera representa el 2% del PIB general, 26% del PIB agrícola, 8%

de las exportaciones generales, 27% de las exportaciones agropecuarias y 20% de las exportaciones no petroleras.

El 95% de la producción ecuatoriana se exporta y llega a 43 mercados a nivel mundial. Las inversiones en el área de producción alcanzan un estimado de 4.000 millones de dólares entre plantaciones cultivadas de banano, infraestructura, empacadoras y puertos, constituyéndose en una de las más importantes por el monto y el alcance que tiene en la economía nacional (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2013, p.2).

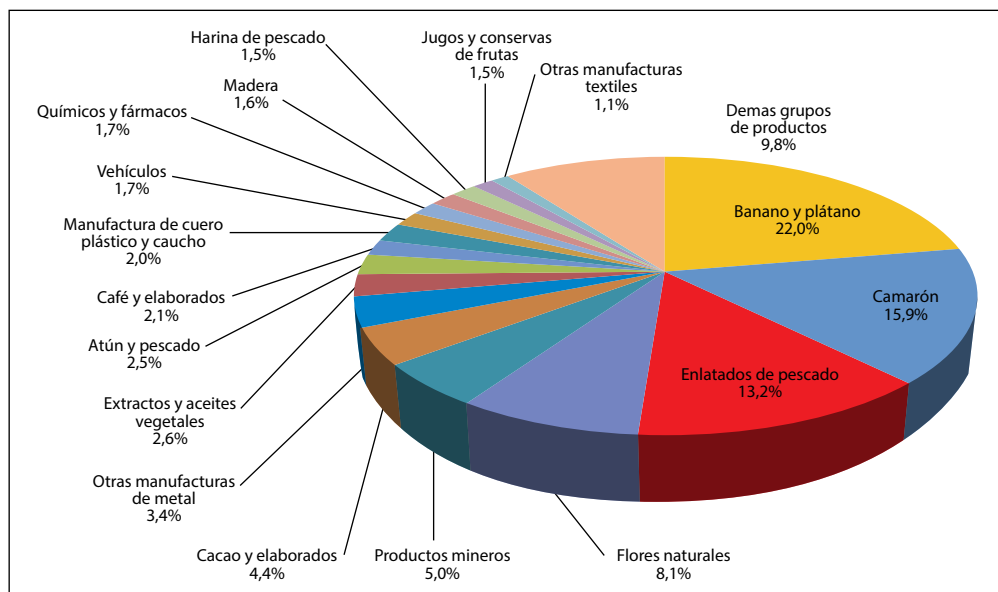


Figura 2. Exportaciones no petroleras – Principales grupos de productos, Participación % Ene – Oct 2013 (Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones, 2014, p.8)

La relativa abundancia de las bananas como excedente de producción, así como los grandes volúmenes de cáscaras que son desechados diariamente en la industria alimenticia, (producción de bebidas alcohólicas, chifles, harina de plátano, helados) plantea la interrogante de qué hacer con estos desechos (Ly, 2004, p.6).

La cáscara de esta fruta está constituida principalmente por material lignocelulósico y posee grupos funcionales en su superficie que le otorgan propiedades fisicoquímicas, como la capacidad de adsorber algunos solutos específicos mediante interacciones iónicas. Los adsorbentes naturales son obtenidos de los desechos de la agricultura, los que pueden ser la mazorca del maíz, cáscaras de coco, bagazo de la caña de azúcar y cáscaras de frutas como naranjas y bananas (Gupta, 2009, p.2313).

En Pakistán se han realizado estudios que demuestran la efectividad de la cáscara de plátano para la eliminación de metales pesados, dado que, al ser este país árido, sus fuentes hídricas son las aguas subterráneas, pero las mismas se encuentran contaminadas con arsénico. Con el uso de cáscaras de plátano se ha logrado porcentajes de remoción del 97 al 100% (Memon, Bhangar y Memon, 2008, p. 104). También se han hecho estudios sobre la capacidad de la cáscara picada de plátano para extraer los

iones de plomo y cobre de agua de ríos, lográndose eficiencias superiores al 96%. Además de su uso para adsorber metales pesados, estas cáscaras también pueden ser empleadas para la remoción de compuestos fenólicos y contaminantes solubles (Castro, Caetano, Ferreira, Padilha, Saeki, Zara, Martines y Castro, 2011, p.2; Pishgar et al, 2013, p. 51-62).

Otra característica importante de las cáscaras de plátano y banano es que poseen un alto contenido de carbohidratos, de alrededor del 60% de la materia seca. Debido a esto, pueden servir como soporte para el crecimiento de hongos, lo cual muestra su utilidad como materia prima para el proceso fermentativo necesario en la producción de biol (Essien, Akpan y Essien, 2005, p. 1451).

La adsorción

La adsorción es un proceso físico que implica la transferencia de solutos de una fase líquida a la superficie de una matriz sólida (Margaritis, 2007, p.2). Este fenómeno se produce cuando un fluido se acumula en la superficie de un material adsorbente y forma una película molecular o atómica (el adsorbato). La adsorción es la propiedad que sustenta aplicaciones industriales tales como el carbón activado y las resinas sintéticas. Se ha determinado que la adsorción es una técnica superior a otras para la reutilización del agua en

términos de costo inicial, simplicidad de diseño, uso de la operación y ausencia de sustancias tóxicas (Meshko, Markovska, Minchev y Rodrigues, 2001, p. 3357).

La remoción de color de las aguas residuales de la industria textil es considerada como una de las aplicaciones más importantes del proceso de adsorción (Pishgar et al., 2013, p. 51-62).

El Biol

El biol es un fertilizante foliar de producción casera que contiene nutrientes y hormonas de crecimiento como producto de la fermentación o descomposición anaerobia (sin oxígeno) de desechos de origen orgánico y vegetal. El uso de fertilizantes foliares como complementos a la fertilización del suelo, permite optimizar la productividad de los cultivos de importancia económica como la papa, haba, quinua, cereales, raíces, hortalizas, etc. Los fertilizantes foliares de origen químico que se comercializan en los mercados tienen precios altos y no están al alcance de los pequeños productores. El biol, como biofertilizante y bioestimulante foliar de origen orgánico y de producción casera, se constituye como una alternativa al alcance de los productores e importante en la producción con orientación ecológica de cultivos. No existe una receta única para elaborar biol, de modo que los ingredientes pueden variar; sin embargo, entre los más

comunes se encuentran: estiércol fresco, ceniza, leche o suero, panela, follaje de plantas leguminosas, follaje de plantas repelentes y agua limpia sin cloro (Mamani, Chávez y Ortuño, 2012, p.2).

➤ Problemática a abordar

La industria textilera en la zona de Pelileo se encuentra mayoritariamente en un nivel de producción artesanal, debido a lo cual la mayoría de empresas vierten sus efluentes al medio acuático luego de un tratamiento tradicional que no es realizado de manera adecuada o, en el caso más grave, sin ningún tipo de tratamiento previo. En la ciudad de Pelileo, además de las industrias de tinturado, existen 58 lavanderías textiles, mismas que también contribuyen con la emisión de contaminantes (Vicunha Textil, 2010, p. 12).

Estos efluentes presentan una alta carga de colorantes, los cuales tienen una baja biodegradabilidad y una alta resistencia a ataques químicos. Varios colorantes pueden degradarse naturalmente; sin embargo, cuando son degradados por microorganismos bajo condiciones anaeróbicas, se forman aminas aromáticas potencialmente cancerígenas. Por este motivo es necesario tratar los efluentes de estas empresas.

DESARROLLO SUSTENTABLE DE UN MATERIAL ADSORBENTE Y BIODEGRADABLE, A PARTIR DE CÁSCARAS DE PLÁTANO Y BANANO

SELECCIÓN DEL RESIDUO

Cáscara de banana, variedad plátano de seda

Cáscara de plátano, variedad barraganete



SECADO

Con luz solar

En estufa



Molienda y tamizado

Pedazos

Polvo



Tratamiento del efluente

En filtro

En mezcla



► Metodología, herramientas y resultados

Para el desarrollo del proyecto, se planteó una metodología simple que pudiera ser llevada a cabo en cualquier lugar y sin inversión en infraestructura.

En primer lugar, se planteó el uso de dos tipos de residuos para la obtención del material adsorbente: cáscaras de plátano verde de variedad barraganete y cáscaras de banano de variedad plátano seda.

Las cáscaras fueron secadas al sol y en una estufa para determinar si existía diferencia entre los resultados de ambos métodos.

Una vez secas, las cáscaras fueron sometidas a molienda con un molino manual de discos, y se obtuvieron varios tamaños para observar si existían diferencias en su desempeño. Las cáscaras fueron tamizadas para asegurar uniformidad en el tamaño de partícula.

Se realizaron pruebas con material adsorbente de banano y plátano sometidos a diferentes tratamientos con efluente recolectado en algunas textileras de la ciudad de Pelileo. Para medir la remoción de colorante se utilizó un espectrofotómetro, con cuyos datos se construyó una curva de calibración empleando el estándar Azul BRL. Para este fin, primero se hizo un barrido entre 400 y 700 nm, encontrándose que para el colorante Azul BRL la longitud

de onda óptima es 565 nm. Todas las mediciones se realizaron a esta longitud de onda. Los resultados de las pruebas se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1.
Porcentaje de remoción de color con diferentes procesos en plátano y banana

N°	Muestra	ppm	Remoción
1	Plátano en trozos	39,51	24%
2	Plátano en polvo	62,82	0%
3	Plátano post lavado	55,58	0%
4	Plátano post lavado	45,92	12%
5	Bananas al sol	32,92	37%
6	Bananas a la estufa	30,31	42%

De esta manera se determinó que las cáscaras de banano generaban una mayor remoción de la carga de colorante que las cáscaras de plátano; y que el tratamiento más adecuado para la cáscara era el secado en la estufa. Sin embargo, se observó un valor de remoción muy cercano con las cáscaras de banano secadas al sol. Por este motivo, se decidió usar cáscaras de banano secadas al sol, dado que usa energía limpia y renovable, y su producción por este método no tiene costo.

Para determinar la cantidad de material adsorbente más adecuada a emplearse en el efluente se realizaron varias pruebas con diferentes cantidades, como se puede observar en la Figura 3 y la Tabla 2.

DESARROLLO SUSTENTABLE DE UN MATERIAL ADSORBENTE Y BIODEGRADABLE, A PARTIR DE CÁSCARAS DE PLÁTANO Y BANANO

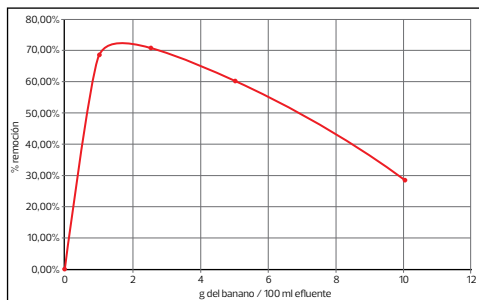


Figura 3. Remoción a diferentes concentraciones

En la Figura 4 se pueden observar los resultados de la decoloración del efluente contaminado con colorante, tratados con diferentes concentraciones de material adsorbente de cáscara de banana, en el siguiente orden: efluente inicial; 1; 2,5; 5; 10; 20 y 30 g por cada 100 mL de efluente.



Figura 4. Resultados de la decoloración del efluente luego del tratamiento con varias cantidades de material adsorbente de cáscara de banana

Tabla 2.

Porcentaje de remoción de color a diferentes cantidades de material adsorbente

Masa banana [g]	ppm	% Remoción	°Brix
0	55,92	0%	1
1,0098	17,64	68%	1,6
2,5041	16,52	70%	2
5,0089	22,31	60%	3,2
10,0073	40,25	28%	5

La coloración amarillenta que adquiere el efluente después de su tratamiento con el material adsorbente se debe a la liberación de azúcares solubles en el mismo. Esto se confirma con el incremento de los grados Brix presentados en la Figura 5. Por este motivo, la cantidad de material adsorbente más adecuada a emplearse es de 2,5 g de cáscara de banana secado al sol en polvo por cada 100 mL de efluente.

Como se puede ver en la Figura 6, se produjo crecimiento de hongos en el material adsorbente luego de usarlo en el tratamiento. Esto confirma que posee nutrientes y por tanto puede ser empleado para la preparación de biol o abono orgánico.

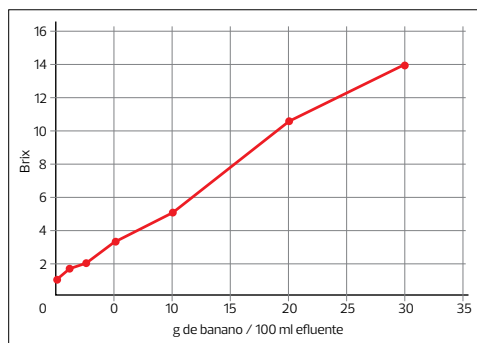


Figura 5. Grados Brix del efluente tratado



Figura 6. Material absorbente filtrado luego del tratamiento a) pedazos b) en polvo

➤ Soluciones propuestas

El proyecto propone la producción sustentable de un material adsorbente a partir de cáscaras de banano y plátano para decolorar aguas residuales de textileras. Para ello, se ha planteado lo siguiente:

- **Reutilizar un residuo de la industria alimenticia.**– Los altos excedentes de producción de plátano y banano, así como los grandes volúmenes de cáscaras que son un desecho, constituyen una oportunidad para su uso en otras aplicaciones. Estos desechos, debido a sus características, pueden ser revalorizados y reutilizados en la producción del material adsorbente planteado.
- **Emplear energía solar, limpia y renovable.**– Ecuador es un país privilegiado por su posición, lo cual permite que a lo largo

de todo el año se cuente con altas dosis de radiación solar. Por ello, se debe aprovechar esta condición para diseñar procesos que utilicen energía limpia y renovable; entre ellos, el secado natural que puede ser utilizado para la producción del material adsorbente.

- **Reducir el impacto ambiental de los residuos generados.**– Las cáscaras de plátano y banano constituyen un material ideal para la fermentación, lo cual permite que después de ser empleados en la decoloración de aguas puedan ser usados en la producción de biol y abono orgánico.
- **Producción agroecológica amigable con el ambiente y los pequeños productores.**– El biol y el abono orgánico son biofertilizantes y bioestimulantes foliares orgánicos y de bajo costo, por lo que pueden estar al

alcance de pequeños productores y son una alternativa para producción de cultivos agroecológicos. Además, no representan un riesgo para las personas que los manipulan debido a su origen natural, y no se requiere equipo de seguridad para su aplicación.

- **Simplicidad del proceso.**– La producción propuesta de un material adsorbente no implica el uso de tecnologías complicadas o de productos químicos, lo cual hace que sea fácil de socializar y difundir.

- **Inclusión social y alternativas de ingreso.**– La sencillez del proceso hace que cualquier persona pueda desarrollar el proyecto, ya sea para producir el material adsorbente o para generar biol o abono orgánico a partir de éste, una vez que ha sido utilizado.

- **Reducir la contaminación en cuerpos de agua en los alrededores de las industrias textiles.**– Al reducir la carga de colorantes en los efluentes de las industrias textiles, mediante el uso de un material adsorbente con base en cáscaras de plátano y banano, se asegura una descarga final que llegue menos contaminada a los cuerpos de agua.

- **Reutilización del efluente tratado.**– Uno de los principales motivos por los que las aguas residuales de las textiles no son reutilizadas es la dificultad que se tiene para remover colorantes. El uso de un

material adsorbente, que permite una alta remoción de colorantes, es una alternativa para que las aguas residuales puedan ser reutilizadas en lugar de ser liberadas en los cuerpos de agua. Además, disminuiría el uso de recursos hídricos provenientes de fuentes naturales.

- **Mejorar las condiciones de vida de las personas expuestas a fuentes de agua contaminada.**– Al reducir la carga contaminante de los colorantes en los efluentes liberados al medio acuático, no sólo se reduce el impacto ambiental, sino que se evita que las personas expuestas a estos contaminantes sean afectadas directamente por ellos o por los desechos producidos por su descomposición.

- **Promover la reutilización de residuos orgánicos y biodegradables.**– Es importante considerar que desechar residuos es perder dinero, por eso el proyecto propuesto es apenas una aproximación a la infinidad de usos que podría darse a los residuos orgánicos, que constituyen residuos biodegradables y de alta capacidad de revalorización.

El método de producción de material adsorbente propuesto es el siguiente:

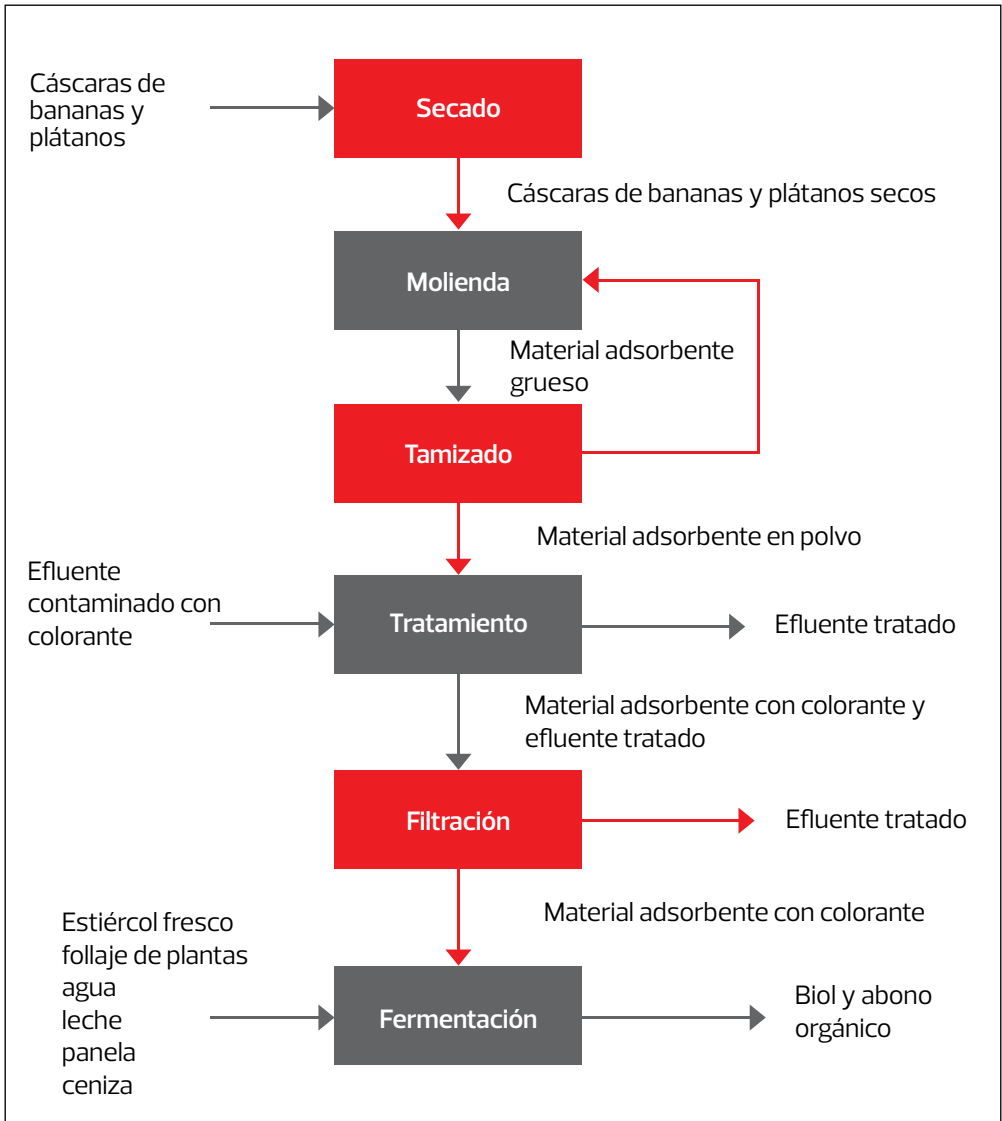


Figura 7. Diagrama de flujo del proceso

➤ Viabilidad

El proyecto resulta viable porque la materia prima es de fácil adquisición y el material desarrollado de fácil producción y utilización. Se trata de un material biodegradable que permitirá reducir la contaminación producida por los colorantes presentes en los efluentes de las textileras, contribuyendo a disminuir los impactos ambientales causados por dichos efluentes.

Además, el proyecto se enmarca en la producción de un material nuevo a partir de la reutilización de residuos de la industria alimenticia, reduciendo el uso de insumos como en la tradicional producción de carbón activado. Por otro lado, luego del tratamiento, el material mencionado puede ser utilizado en la producción de biol y de abono orgánico.

El proceso de producción utiliza tecnologías limpias y renovables porque sólo emplea energía solar para el secado de las cáscaras y un proceso de molienda y tamizado manual. Al no requerir un proceso de activación como el caso del carbón activado, la obtención del material no ocupa tecnologías contaminantes como la producción de vapor de agua en calderos o el uso de químicos.

En cuanto al aspecto económico, se trata de un material de bajo costo, y la inversión requerida para su producción es

prácticamente nula.

En el ámbito social, la simplicidad del proceso productivo posibilita que pueda ser socializado y se trata de un material que permitirá mejorar las condiciones de vida de las comunidades aledañas a las industrias textiles y a los sectores expuestos a estos efluentes.

➤ Conclusiones

Se desarrolló un método de producción sustentable de un material adsorbente y biodegradable, a partir de residuos de cáscaras de plátano y banano, empleando luz solar.

Se evaluó la factibilidad de uso del material adsorbente obtenido para decolorar aguas residuales provenientes de textileras de la ciudad de Pelileo. La cantidad más adecuada para realizar el tratamiento es de 2,5 g de cáscara de banano secado al sol en polvo por cada 100 mL de efluente, con lo cual se alcanzó una remoción del 70% del colorante.


Se demostró la factibilidad de reutilizar el material adsorbente empleado en la decoloración de aguas residuales, para elaborar biol y abono orgánico, debido a que se produjo crecimiento de hongos en el material luego de ser usado.

➤ **Consideraciones finales**

Se trata de procesos sencillos que cualquier persona puede implementar. No se requiere de complejos procesos de capacitación que alejen a los productores de su actividad central y se estima que este proyecto pueda contribuir con el cumplimiento de las normativas ambientales vigentes en el país y en el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Pelileo.

➤ Referencias Bibliográficas

1. Castro, R., Caetano, L., Ferreira, G., Padilha, P., Saeki, M., Zara, L., Martines, M. y Castro, G. (2011). Banana Peel Applied to the Solid Phase Extraction of Copper and Lead from River Water: Preconcentration of Metal Ions with a Fruit Waste. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 50(1), 3446–3451. Doi: 10.1021/ie101499e
2. Colamarino, I. (2010). Producción de bananas. Recuperado de <http://goo.gl/w1HuVY> (Agosto, 2014)
3. Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones. (2013). Análisis del sector banano. Recuperado de <http://goo.gl/sVMeAJ> (Agosto, 2014)
4. Dirección de Inteligencia Comercial e Inversiones. (2014). Boletín Mensual de Comercio Exterior. Recuperado de <http://goo.gl/dxFe9S> (Agosto, 2014)
5. Essien, J., Akpan, E. y Essien, E. (2005). Studies on mould growth and biomass production using waste banana peel. *Bioresource Technology*, 96 (13), 1451 – 1456. Doi: 10.1016/j.biortech.2004.12.004
6. Gupta, V. (2009). Application of low-cost adsorbents for dye removal, *Journal of Environmental Management*, 90 (8), 2313. Doi: 10.1016/j.jenvman.2008.11.017

- 
7. Ly, J. (2004). Bananas y plátanos para alimentar cerdos: aspectos de la composición química de las frutas y de su palatabilidad. Revista Computadorizada de Producción Porcina, 11(3), 6 – 24. Recuperado de <http://goo.gl/1pCdiO> (Agosto, 2014)
 8. Mamani, P., Chávez, E. y Ortuño, N. (2012). Biol, biofertilizante casero para la producción ecológica de cultivos. Recuperado de <http://goo.gl/T4EAW2> (Agosto, 2014)
 9. Margaritis, A. (2007). Adsorption Processes. Recuperado de <http://goo.gl/AgIuwP> (Agosto, 2014)
 10. Memon, S., Bhangar, M. y Memon, J. (2008). Evaluation of banana peel for treatment of arsenic contaminated water. Recuperado de <http://goo.gl/Ino1Ca> (Agosto, 2014)

11. Meshko, V., Markovska, L., Minchev, M. y Rodrigues, A. (2001). Adsorption of basic dyes on granular activated carbon and natural zeolite, *Water Research*, 35 (14), 3357. Doi: 10.1016/S0043-1354(01)00056-2
12. Municipio de San Pedro de Pelileo (2008). Plan de Desarrollo Estratégico del Cantón San Pedro de Pelileo, Provincia De Tungurahua.
13. Pishgar, M., Yazdanshenas, M., Ghorbani, M. y Farizadeh, K. (2013). Removal of basic blue 159 from aqueous solution using banana peel as a low-cost adsorbent, *Journal of Applied Chemical Research*, 7(4), 51-62. Recuperado de <http://goo.gl/vKliwx> (Agosto, 2014)
14. Vicunha Textil. (2010). Diagnóstico de las lavanderías textiles en Pelileo. Recuperado de <http://goo.gl/eAzdfT> (Agosto, 2014)

**SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUA
POR MEDIO DE LA TÉCNICA DE
ATRAPANIEBLAS EN LAS
COMUNIDADES CAMPESINAS DE GALTE
CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE
CHIMBORAZO, ECUADOR.**

AUTORES Alexander Marcelo Hidalgo Hidalgo
Deysi Liliana Hidalgo Quinga
María Teresa Vivero Balarezo

ORIENTADOR Ing. David Vinicio Carrera Villacrés, PhD
Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE



Las comunidades campesinas de Galte presentan un problema de escasez de agua para el sostenimiento de sus cultivos debido a una baja precipitación anual (352 – 777 mm). Sin embargo, es una zona donde existe gran presencia de neblina debido a su condición geográfica ubicada a 3571 m.s.n.m. Este recurso hidrológico puede ser aprovechado para satisfacer las necesidades de las comunidades campesinas sin ocasionar daños significativos al medio ambiente. Para solucionar el problema de falta de agua existen varias actividades de recolección y captación de la misma, pero cabe recalcar que estas son de difícil acceso y tienen altos costos de instalación y mantenimiento. La estructura adecuada que se ha implementado para la captación de agua niebla se denomina "Atrapanieblas", que consiste en mallas plásticas colocadas hacia el viento en las que chocan la niebla para que al pasar por estos las gotas queden atrapadas y se escurran hacia canaletas donde se acumula el agua para su posterior almacenamiento. Esta tecnología no tradicional ha sido utilizada en varias partes del mundo para el desarrollo de actividades productivas con gran éxito como el caso de los desiertos costeros en Perú y en lugares como Chungungo en Chile. El objetivo de este proyecto consiste en emplear la técnica de Atrapanieblas para la recolección de agua en las comunidades campesinas en Galte: Galte Jatun Loma y Cooperativa Agrícola Galte Laime. Para esto se propone la implementación de prototipos y ensayos de atrapanieblas en dichos lugares, ya que con los resultados obtenidos se puede estimar y determinar el número de atrapanieblas y la ubicación apropiada de los mismos, para completar todo un sistema de captación de agua. Se destaca que la única desventaja de estos sistemas es su sensibilidad a cambios o alteraciones de las condiciones climáticas que de una u otra manera podrían afectar el contenido de agua y la frecuencia de niebla.

➤ Objetivo General

Emplear la técnica de atrapanieblas para la recolección de agua en las comunidades campesinas de Galte, Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo, Ecuador.

➤ Objetivos Específicos

- Solucionar el problema de falta de agua para riego de cultivos en las comunidades campesinas de Galte, por medio de la técnica de atrapanieblas.
- Implementar prototipos de atrapanieblas en las comunidades campesinas de Galte para determinar el lugar y número ideal de atrapanieblas para formar un sistema adecuado de colección de agua de niebla.
- Recolectar datos sobre el número de precipitaciones que se da en Galte, para determinar qué temporada es en la que más escasea el agua y planificar una mejor distribución del agua en épocas de sequía.

➤ Alcance

El presente proyecto se aplicará en las comunidades campesinas de Galte, (Galte Jatun Loma y Cooperativa Agrícola Galte Laime) ubicadas en la Parroquia Palmira, Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo como se observa en la Ilustración 1.

MAPA DE UBICACIÓN DE LAS COMUNIDADES DE GALTE, CANTÓN GUAMOTE, PROVINCIA DE CHIMBORAZO



Figura 1. Mapa de ubicación de las comunidades campesinas de Galte

La temperatura promedio del lugar es de 8,36 °C, cuenta con una precipitación anual que varía entre 352 - 777 mm y se ubica a una altura de aproximadamente 3571 m.s.n.m. Las dos comunidades de Galte cuentan con una población de 1198 habitantes según el Plan de Ordenamiento de Territorial - Palmira (2011).

El sector de Galte cuenta con tierras que sirven para cultivos y pastoreo, páramos, tierras con plantaciones de pino, eucalipto y terrenos con pendientes moderadas. Los habitantes del lugar donde se asientan las comunidades campesinas de Galte se dedican a la siembra de: papas, ocas, mellocos, mashuas, cebada, chocho y centeno. En estas comunidades predomina el ganado ovino, bovino, equinos, cerdos, camélidos, cuyes, conejos y gallinas (Tiupul, 2014).

► Fundamento Teórico

La niebla

La niebla es una nube al ras del suelo, la misma que se compone de pequeñas gotas de agua, menores a 40 micrones, que no tienen el peso suficiente para caer, y quedan suspendidas en el aire para posteriormente ser desplazadas por el viento. En países como Chile, la niebla ha sido ampliamente estudiada (Cereceda, 2000).

En el mundo las neblinas se estudian como agente de riesgo de contaminación: neblinas ácidas y smog. También se estudian como causa de accidentes de transportes, tanto aéreo, terrestre o marítimo; por esta razón en los estudios de localización de terminales de aviones o carreteras, o en el emplazamiento de puertos marítimos, lacustres y fluviales, la presencia de nieblas también es considerada en forma especial (Cereceda, 1989).

En diferentes partes del mundo, la niebla es considerada un recurso de agua para la población y para algunas actividades productivas. Es así, como ya se ha comenzado a utilizar el agua proveniente de la niebla para abastecer a diferentes comunidades que carecen de la misma para satisfacer sus necesidades de consumo en hogares, cultivo de vegetales y flores e incluso para algunas labores agrícolas.

Actividades de recolección y captación de Agua

Para obtener agua se puede emplear diversos tipos de captaciones y recolecciones. Sánchez (2011) hace referencia a las siguientes:

- **Pozos excavados.**— un tipo de excavación antigua y elemental en donde se explotan acuíferos superficiales, de modo que se forma un pozo y el agua entra por las paredes y orificios que se dejan. Las excavaciones se realizan con la ayuda de máquinas, y en rocas duras con explosivos.
- **Drenes.**— son tubos de pequeño diámetro perforados con una máquina normalmente hasta unas decenas de metros. Se los utiliza más para estabilidad de laderas que para la utilización del agua.
- **Zanjas de drenaje.**— se utilizan en acuíferos superficiales para drenar los primeros metros. Se excavan una o varias zanjas, que siguiendo la pendiente topográfica, vierten a un pozo colector desde el que se bombea. Se los suele utilizar para explotación de agua subterránea y para el drenaje necesario para estabilización de obras.

Según Pérez (2011), entre las captaciones de aguas superficiales están:

- **Captación de agua lluvia.**— cisternas cuyo objetivo es la recolección de agua de lluvia

en zonas donde existe irregularidad en las lluvias. El problema radica en que estas aguas arrastran impurezas de la superficie, por lo que requiere la instalación de un filtro en la propia cisterna y una limpieza periódica de la misma. Para la recolección del agua lluvia se requiere de una serie de elementos de canalización que guían el agua hacia la cisterna.

- **Captación de agua de ríos y arroyos.**— previo estudio hidrológico que justifique los caudales utilizables en el río o el arroyo, se realiza la captación por medio de obras que toman el encauce de las corrientes de agua.

- **Lagos o embalses.**— se realiza mediante el establecimiento de torres de toma o mediante tuberías a más o menos profundidad, unidas directamente a la impulsión.

Cereceda (2000) hace referencia al sistema de colección de niebla como un sistema simple, el cual se basa en un conjunto de atrapa nieblas constituido por una malla que atrapa la niebla, una cañería o sistema de conducción de agua colectada, la misma que es llevada a tanques de almacenamiento para una posterior distribución.

Según Soto (1992), la calidad de agua de niebla es mejor que el de las fuentes de agua que se utilizan para la agricultura y el uso doméstico.

Caso Perú

En Perú los desiertos costeros cada año se vuelven verdaderos oasis de vegetación llamados lomas. Brotan entre julio y noviembre gracias a la humedad que capturan de la niebla. La capacidad de las lomas para capturar niebla y convertirla en agua que puede ser usada por plantas, animales y personas es la clave de la supervivencia de la biodiversidad y las poblaciones humanas que habitan en este árido ambiente. En Atiquipa, el avance de esta niebla es detenido por una serie de cerros cubiertos de vegetación que "capturan" la niebla para obtener humedad para su supervivencia, formando frondosos oasis verdes en medio de uno de los desiertos más secos del mundo. Hoy en día, la gente usa mallas ubicadas en las cimas de los cerros que capturan la niebla y permiten canalizar la condensación hacia tubos que la conducen a contenedores situados bajo el suelo. A veces el agua es usada para regar pequeños cultivos, mientras que en otras ocasiones se utiliza para consumo humano. (Torres, 2014).

Caso Chile

Desde Chungungo, una localidad de 350 habitantes del norte de Chile, se difundirá a todo el mundo un sistema que "atrapa" las nieblas atmosféricas para dotar de agua a áreas desérticas.

SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUA POR MEDIO DE LA TÉCNICA DE ATRAPANIEBLAS EN LAS COMUNIDADES CAMPESINAS DE GALTE

A través de un proyecto impulsado por la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) se pondrá en funcionamiento en Chungungo el primer centro internacional de capacitación en captación de agua por camanchaca.

La camanchaca es la denominación indígena de un espeso vapor de agua que circula desde la costa hacia el interior durante la noche y madrugada a lo largo de todo el norte de Chile, Perú, Ecuador, y otros 45 países de Asia, África y Oceanía.

El sistema de Atrapaniebla consiste en el tendido de una doble red de 2 metros de largo por dos metros de ancho puesta en un cerro entre los 700 y los mil metros de altura. Su capacidad de captación es de cuatro litros de agua de alta pureza por metro cuadrado al día, sin existir límite en la cantidad de redes atrapanieblas, ya que la neblina camanchaca tiene una dimensión de unos 300 metros de ancho (Zenteno, 1994).

➤ Problemática a abordar

Chimborazo tiene una tasa de pobreza por encima del 70%. De su población de 452.000, el 48% vive en zonas rurales. Se estima que el 65% de la población es indígena.

La Provincia es eminentemente agropecuaria. Sus principales cultivos son: papa, cebolla, zanahoria, lechuga,

remolacha, cebada, maíz y leguminosas de grano. La provincia tiene una importante producción pecuaria, principalmente de ganado ovino, porcino y vacuno, contribuyendo con el 38%, 9% y 5% de la producción nacional respectivamente. Sin embargo los niveles de rendimiento por cultivos son los más bajos en promedio en el país por la falta de agua.

Más del 85% del área regada en la Provincia es por superficie de baja tecnificación, de similar proporción al resto del país. El déficit hídrico, especialmente durante épocas de verano, así como las altas pérdidas de agua en los sistemas de riego, desde su captación hasta la distribución en parcela, han generado que la mayoría de sistemas tradicionales de riego operen con eficiencias muy bajas.

Debido a la escases de agua en las comunidades campesinas de Galte, Cantón Guamote, Provincia de Chimborazo, Ecuador, y rigiéndose al Plan Nacional del Buen Vivir en el cual uno de sus objetivos es mejorar la calidad de vida de la población, una de las opciones es captar agua por medio de atrapanieblas, siendo una opción que no lleva mucho tiempo en su elaboración, es de bajo presupuesto y de larga duración. Esto será de gran ayuda para mejorar la producción agrícola de esta zona, que como se mencionó anteriormente, es la principal fuente de ingreso de las comunidades.

► Metodología y Herramientas

Atrapaniebla

“Los atrapanieblas son tecnologías no tradicionales que tienen por objetivo atrapar gotas de agua microscópicas (< 40 micrones) presentes en la neblina. Estas gotas al no tener peso suficiente para caer, quedan suspendidas en el aire y son desplazadas por el viento” (Cereceda, 2000). El diseño de los atrapanieblas se basa principalmente en mallas plásticas colocadas hacia el viento en las que choca la niebla para que al pasar por estos, las gotas queden atrapadas en la malla y se escurran hacia canaletas, donde se acumulan para su almacenamiento.

Según Cereceda (2000), para dimensionar el número de atrapanieblas que un sistema debe tener para abastecer una población, es necesario conocer cuánta agua es potencialmente colectable en la zona requerida. Para ello se hacen estudios o prospecciones para determinar su potencial de colección de agua y su distribución en el espacio y en el tiempo.

Materiales:

- Red de Malla de Polipropileno de 1 m x 1 m hecha de filamentos planos, negro de polipropileno, 1,0 mm de ancho y 0,1 mm de espesor, en un tejido triangular.
- Estanques de Almacenamiento de Agua

- Postes de madera
- Canaletas de agua

Procedimiento:

El diseño y procedimiento de implementación del atrapanieblas se basa en el utilizado en Chile (Cereceda 2000), pero debe modificarse para las condiciones climáticas locales.

- Enterrar los postes dentro del suelo.
- Colocar un marco de 1 m x 1 m elevado a 2 m sobre el nivel del suelo que sostiene una capa doble de red de malla de polipropileno.
- Como el agua se acumula en la red (las gotitas se unen para formar gotas más grandes que caen bajo la influencia de la gravedad) se debe colocar una canaleta en la parte inferior del panel o marco, desde la cual se transporta el agua a un tanque de almacenamiento o cisterna.
- El tipo más común de atrapaniebla se muestra en la Ilustración 2.

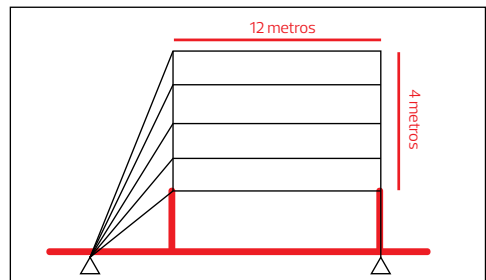


Figura 2. Sección de un plano típico, rectangular de atrapaniebla (Soto, 1992)

➤ Soluciones propuestas

Debido a la escasez de agua que presentan las comunidades campesinas de Galte para el riego de sus cultivos, se propone la implementación de "atrapanieblas", una tecnología no tradicional y sostenible debido a que es una estructura de bajos costos de instalación y mantenimiento. Además, promueve a que las personas de las comunidades se integren para solucionar este problema y puedan mejorar su calidad de vida, y cabe recalcar que es una técnica que no altera el desarrollo de la vida en los ecosistemas. También es necesario acotar que la calidad del agua recogida por los atrapanieblas es mejor que la de las fuentes de agua existentes que se utilizan para la agricultura y uso doméstico.

➤ Viabilidad

Ambiental

El sistema de recolección de agua mediante atrapanieblas es sin duda amigable con el medio ambiente ya que según Cereceda (2000) estos no alcanzan a interceptar el 1% del total del agua desplazada por el viento, de manera que difícilmente podría alterar los ecosistemas. Además, los impactos sobre el paisaje, la flora y la fauna de la región son mínimos durante la construcción e instalación del atrapanieblas.

Social

En el aspecto social, los sistemas de colección de agua de niebla tienen el potencial para que comunidades en ambientes inhóspitos puedan mejorar su calidad de vida. Inclusive, la participación comunitaria es de vital importancia para los procesos de desarrollo, operación y mantenimiento de los atrapanieblas.

Económico

En cuanto a la aplicación de este método, se debe resaltar que los sistemas de atrapanieblas han ido ganando viabilidad debido a la progresiva reducción de costos en lo que se refiere a la construcción, diseño y materiales utilizados. Otra ventaja de este sistema es la rapidez y facilidad con la que se los puede construir y ensamblar. Su mantenimiento y reparación son generalmente mínimos. El sistema es amigable con el medio ambiente ya que se considera "agua nueva", es decir, el agua que se extrae de la niebla no viene de otro río, acuífero, etc.; no se está restando a otro uso, sino que de no utilizarse, ésta se evaporará al cambiar las condiciones atmosféricas (Cereceda, 2000).

A continuación se presenta en la Tabla 1 el presupuesto asignado para cada actividad a realizar:

Tabla 1.**Presupuesto destinado para el proyecto**

Actividades	Cantidad	V. Unitario	V. Total
Tanque cilíndrico negro (cap. 2000 litros)	2 tanques	320,00	640,00
Canaleta (long. 4 metros)	5 canaletas	16,00	80,00
Postes de Eucalipto	10 postes	10,00	100,00
Malla recolectora de agua Raschel (100 metros)	1	80,00	80,00
Mano de Obra (hora)	4 horas, 4 personas	10,00	200,00
Materiales de Oficina	1	20,00	20,00
Viáticos			
Transporte (camioneta)	10 días	50,00	500,00
Hotel (1 persona por día)	10 días, 4 personas	15,00	600,00
Alimentación (1 persona por días, 3 comidas)	10 días, 4 personas	15,00	600,00
Total			2820,00

➤ Conclusiones

- El sistema de atrapanieblas es una técnica que permite la captación de agua de buena calidad, lo realiza sin causar daño al medio ambiente y no requiere de altos costos de instalación.
- La implementación de prototipos y ensayos de atrapanieblas en el lugar tiene

gran importancia, ya que con los resultados obtenidos se puede estimar y determinar el número de atrapanieblas y la ubicación apropiada de los mismos, para completar todo un sistema de captación de agua.

- Esta tecnología es muy sensible a cambios o alteraciones de las condiciones climáticas que de una u otra manera podrían afectar el contenido de agua y la

frecuencia de niebla.

- La instalación del atrapanieblas no requiere de muchos cuidados, ni gastos. El mantenimiento de las mismas no necesita de mucho esfuerzo, ya que si la malla llegar a averiarse por vientos muy fuertes que ocurra en el lugar, esta sería parchada fácilmente con un trozo de malla de la misma calidad y seguiría siendo utilizada sin ningún problema.
- El atrapanieblas recolecta agua especialmente para uso de riego, sin embargo si la comunidad desea, para un posterior uso de consumo humano se requiere de un nuevo estudio para verificar la calidad del agua obtenida y el costo que significaría tratarla, si es que dicha agua lo requiere.

➤ Consideraciones finales

Debido a la falta de información sobre distribución de nieblas y viento presentes en las comunidades de Galte, es necesario crear prototipos y ensayos en varios puntos. Éstos facilitarán el cálculo de la cantidad de agua que se podrá coleccionar con la ayuda de este sistema de atrapanieblas y darán una primera aproximación de la adecuada ubicación de los mismos con respecto al viento.

➤ Referencias Bibliográficas


Cano, D.; Palacio, I.; Téllez, B.; & Albaladejo, J. (2001). Estudios de Nieblas realizados en el CMT en Madrid y Castilla La Mancha. Madrid, España: Instituto Nacional de Meritocracia. Recuperado de <http://www.prodesin.net/divulgameteo/ampliab/4/217/Estudios-de-nieblas-realizados-en-el-CMT-de-Madrid-y-Castilla-La-Mancha.html>

Cereceda, P. (1989). La Distribución de la Niebla en Chile. Revista de Geografía Norte Grande, Pontificia Universidad Católica de Chile, 43-49. Recuperado de: http://www.geo.uc.cl/html/revista/PDF/RGNG_N16/art03.pdf

Cereceda, P. (2000). Los Atrapanieblas, Tecnología Alternativa para el Desarrollo rural. Revista Medio Ambiente y Desarrollo, CIPMA, XVI(4), 51-56. Recuperado de http://www.cda.uc.cl/pdf/est_patache/losatrapanieblas_desarrollorural.pdf

Pérez, F. J. (2011). Abastecimiento de Aguas - Captación de Aguas Superficiales. Cartagena, Colombia: Universidad Politécnica de Cartagena. Recuperado de http://ocw.bib.upct.es/pluginfile.php/6010/mod_resource/content/1/Tema_02_CAPT_AGUAS_SUP.pdf

Sánchez, F. J. (2011). Medidas puntuales de permeabilidad. Universidad de Salamanca. Recuperado de <http://hidrologia.usal.es/hidro.htm>



SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUA POR MEDIO DE LA TÉCNICA DE ATRAPANIEBLAS EN LAS COMUNIDADES CAMPESINAS DE GALTE

Soto, A. G. (1992). Camanchanca: Alternativas de utilización y Selección de Lugares en el Norte de Chile (El Tofo- Chungungo). Corporación Nacional Forestal. La Serena: IV Región.

Tiupul, P. (2014). Identificación y Caracterización de tecnologías campesinas e indígenas usadas para la preservación de la Agrobiodiversidad como medidas de adaptación al cambio climático, en tres comunidades de la provincia de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Torres, M. (20 de Julio de 2014). The Nature Conservancy. Obtenido de Perú. Capturando niebla en el desierto: <http://www.mundotnc.org/donde-trabajamos/americas/peru/descubre/atrapanieblas.xml>

Zenteno, L. (18 de Noviembre de 1994). Inter Press Service. Obtenido de MSG017G/01E CHILE: Sistema Atrapaniebla para captar agua se difunde al mundo: <http://www.ipsnoticias.net/1994/11/msg017g01e-chile-sistema-atrapaniebla-para-captar-agua-se-difunde-al-mundo/>

PDOT - PALMIRA. (2011). Administración 2009 - 2011.




RECICLAJE DE RESIDUOS DE CUERO PARA LA DESCONTAMINACIÓN DE AGUAS INDUSTRIALES

AUTORA

Valeria Estefanía Viteri Tapia

ORIENTADOR

Ing. Francisco Javier Quiroz Chávez
Escuela Politécnica Nacional



Las industrias en el país han incrementado, por lo cual ha surgido la necesidad de disminuir la contaminación que estas generan, siendo los efluentes líquidos con concentraciones altas de metales pesados los más preocupantes, pues adquieren toxicidad, afectando al ambiente y al ser humano. Además, se considera la gran cantidad de desechos sólidos generados durante el proceso de curtiembre, que son destinados a rellenos sanitarios. Es así que se plantea una alternativa para el tratamiento de efluentes industriales contaminados con metales pesados, mediante el uso de virutas de cuero recubiertas con quitosano, que tiene facilidad de formar complejos estables con especies metálicas. Por lo cual se prepararon soluciones de quitosano con ácido acético para recubrir a las virutas y se las puso en contacto con una solución de sulfato de cobre, determinándose mediante espectrofotometría UV-visible que la concentración de esta disminuye, demostrando la factibilidad del tratamiento. Para mejorar la resistencia de este material se plantea la incorporación de las virutas de cuero en una matriz polimérica que se recubrirá con quitosano.

Este proyecto busca beneficiar a las poblaciones cercanas a las zonas industriales disminuyendo la contaminación de fuentes de agua al presentar una alternativa de tratamiento de efluentes a las pequeñas y medianas industrias que no cuentan con capital para invertir en sistemas sofisticados, promoviendo así la importancia de la conservación ambiental.

➤ **Objetivo General**

Disminuir la contaminación causada por metales pesados presentes en aguas industriales, utilizando residuos de cuero cubiertos con quitosano, con el fin de minimizar el impacto ambiental generado sobre las zonas ubicadas en sectores industriales.

➤ **Objetivos Específicos**

- Desarrollar un material ambientalmente amigable a partir de residuos de la industria de la curtición de cueros que permita atrapar metales pesados de efluentes industriales contaminados.
- Disminuir la cantidad de residuos sólidos provenientes del proceso de la curtiembre, evitando que gran parte de estos sean destinados a los rellenos sanitarios.
- Aportar al desarrollo sostenible de la industria mediante un método alternativo para el tratamiento de efluentes industriales contaminados con metales pesados.
- Instaurar un sistema de manejo responsable de los residuos industriales con el fin de minimizar el impacto ambiental negativo que causan cuando no son tratados adecuadamente.
- Contribuir con una solución al problema ambiental causado por efluentes contaminados que enfrentan las poblaciones

cercanas a zonas industriales proponiendo una alternativa viable económicamente.

➤ **Alcance**

La generación de las políticas públicas impulsadas por el actual gobierno, que buscan el cambio de las matrices productiva y energética, ha determinado un incremento en el crecimiento industrial en diversos campos. No obstante, este desarrollo trae consigo impactos ambientales que pueden ser altamente negativos debido a los efluentes que generan como parte de su proceso productivo. Industrias como las metalúrgicas, siderúrgicas, textiles, galvanoplastia, entre otras, que se encuentran distribuidas en las diferentes zonas de división territorial, según se muestra en la Figura 1, las cuales son generadoras de efluentes líquidos con una alta carga contaminante.

Dado que en los últimos años ha cobrado mayor relevancia la temática ambiental, se hace necesaria la implementación de sistemas de tratamiento de efluentes; sin embargo, las pequeñas industrias no tienen la posibilidad de invertir en este tipo de proyectos, por lo cual con este estudio se pretende evaluar una alternativa que sea aplicable y su costo sea menor comparado con las tecnologías que actualmente se usan.

RECICLAJE DE RESIDUOS DE CUERO PARA LA DESCONTAMINACIÓN DE AGUAS INDUSTRIALES

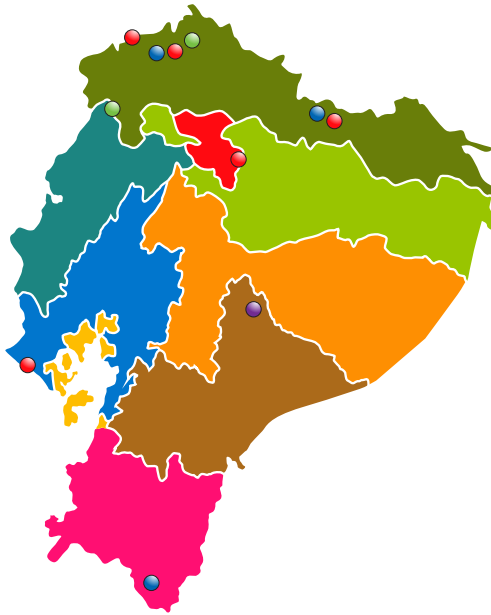


Figura 1. Distribución zonal de los principales proyectos industriales del Ecuador (1)

Proyectos petroquímicos

- Planta de Úrea - metanol
- Planta de ácido sulfúrico
- Planta de etanol
- Planta de aceite agrícola
- Planta de negro de humo

Proyectos siderúrgicos

- Complejo siderúrgico
- Planta de rutilo

Proyectos metalúrgicos

- Complejo metalúrgico de cobre

Proyectos química industrial

- Proyecto Caliza
- Planta Pulpa, Papel y Cartón
- Planta de Biopolímeros

Por otra parte, el proyecto aspira impulsar el reciclaje de residuos sólidos generados en el proceso de rebajado y lijado que se realizan en las curtiembres y que actualmente son destinados a los rellenos sanitarios. Se busca aportar con una alternativa al tratamiento de efluentes contaminados generados por varias industrias, inclusive la de la curtición, beneficiando a la población y brindando una solución parcial a la contaminación causada por estos desechos. Por lo cual se tiene un impacto directo sobre la industria de la curtición de pieles que se ha venido desarrollando en nuestro país, especialmente en la zona centro, siendo

la provincia de Tungurahua un referente de esta actividad por mucho tiempo, principalmente la ciudad de Ambato que es donde se concentra la mayoría de empresas dedicadas a esta actividad.

➤ Fundamento Teórico

Contaminación con metales pesados

Metales como el plomo, mercurio, cadmio, arsénico, cobalto, níquel, cobre, entre otros, corresponden a los denominados metales pesados, los cuales tienen un efecto adverso sobre el ambiente y la salud humana (2). Estos elementos tienen una densidad

superior, se presentan en diferente estado de oxidación y de reactividad, carga iónica y solubilidad en agua, por lo cual en muchos casos se consideran tóxicos (3). Si bien se encuentran en forma natural, se pueden convertir en contaminantes si su distribución en el ambiente se altera mediante actividades humanas (2). En general esto puede ocurrir durante la extracción minera, el refinamiento de productos químicos o por la liberación al ambiente de efluentes industriales, emisiones vehiculares y la disposición de residuos metálicos de forma inadecuada, ocasionando la contaminación de suelo y agua (3).

Residuos de curtiembre

Se denomina curtido al proceso mediante el cual se transforma la piel de un animal en cuero, el cual es un material que se conserva a través del tiempo, manteniendo características de resistencia, flexibilidad, suavidad y belleza (4).

Las etapas que se tienen durante el proceso de curtición desde la recepción de materia prima incluyen una serie de tratamientos químicos y físicos como curado, desinfectado, pelambre, desencalado, descarnado, desengrasado, piquelado, curtido, rebajado, procesos húmedos de post-curtición y los acabados finales de las pieles (5) (6).

Las pieles comúnmente utilizadas son las

de bovino, porcino y ovino, constituyéndose en la principal materia prima de la industria curtidora, que como consecuencia directa de su proceso productivo, genera un conjunto de residuos líquidos y sólidos (7).

Esta industria se caracteriza por el uso de grandes volúmenes de agua que posteriormente es descargada con contaminantes, como proteínas solubles de las pieles y residuos químicos de los productos utilizados durante el proceso de curtido, causando un impacto negativo en el medio ambiente si son depositadas directamente en el cauce de los ríos u otras fuentes hídricas (7).

Entre los desechos sólidos más contaminantes se encuentran los generados post-curtición, provenientes de recortes, rebajaduras y lijado de cuero (5). La mayor parte de estos residuos tienen un contenido de cromo elevado, por lo cual deben ser destinados a lugares especiales, sin embargo, muchos son destinados a los rellenos sanitarios sin haberles dado un tratamiento previo (8).

Quitosano como alternativa de tratamiento de aguas

El quitosano es un tipo de poliaminosacárido natural, que se obtiene a partir de la desacetilación de la quitina, siendo el segundo polímero más abundante en la naturaleza, después de la celulosa. Puede

ser extraído de la cáscara de crustáceos tales como cangrejos, camarones, langostas entre otros, así como de insectos (9).

La aplicación de estos biopolímeros es uno de los métodos de adsorción para la eliminación de colorantes e iones de metales pesados, incluso si estos están a bajas concentraciones (9). Esto es posible debido a la presencia de sitios activos como son los grupos hidroxilo (OH^-) y amino

(NH_2), según se muestra en la Figura 2, siendo estos últimos fácilmente protonados en soluciones ácidas a $[\text{NH}_3]^+$, de tal forma que se pueden enlazar con sustancias de carga negativa (10). Si se trata con soluciones alcalinas, el quitosano adquiere una carga negativa por la disociación de los grupos de CH_2OH o de la adsorción de OH^- de la solución por lo que forma enlaces con sustancias de carga positiva (11).

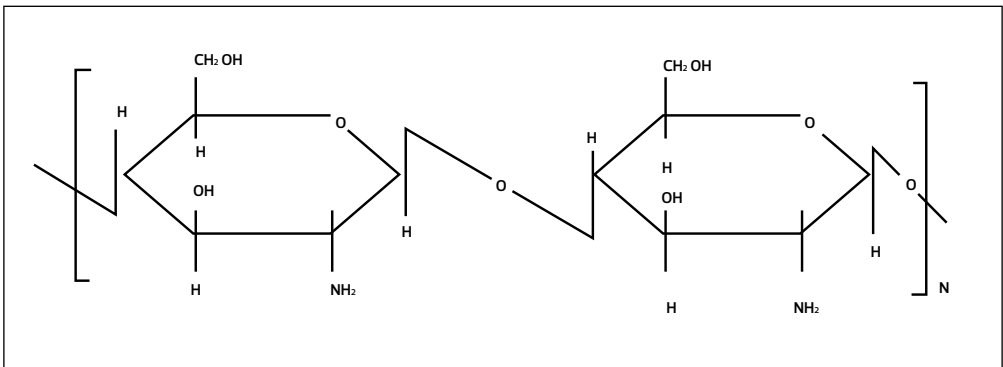


Figura 2. Estructura del quitosano (10)

Se debe controlar los valores de pH, ya que en función de este, el quitosano puede formar un gel o disolverse. Se puede mejorar su rendimiento al aplicar reactivos de reticulación, de tal forma que el quitosano se vuelve insoluble y mejora sus propiedades mecánicas (9).

Con el fin de aplicar el quitosano para remoción de iones metálicos a nivel industrial,

se han desarrollado compuestos de diversa naturaleza, los cuales han demostrado tener una mejor capacidad de absorción y resistencia a ambientes ácidos (9).

➤ Problemática a abordar

En el Ecuador han surgido industrias dedicadas a todo tipo de actividad, lo cual es positivo ya que impulsa el crecimiento

económico de nuestro país. Sin embargo, con este desarrollo se hace necesaria la aplicación de tratamientos a los residuos industriales, ya sean sólidos o líquidos, pues hasta hace poco no se consideraba la importancia de la responsabilidad ambiental y social que deben tener las industrias con respecto a los efluentes que generan y arrojan indiscriminadamente a fuentes de agua o las grandes cantidades de desechos sólidos que producen y son destinados a los rellenos sanitarios. Se estima que de cada 100 litros de agua 81,1 es para uso agrícola, 12,3 para uso doméstico, 6,3 es para uso industrial, y el 0,3 se destina a otros usos (12).

Uno de los principales problemas de los efluentes líquidos industriales es que estos están contaminados con metales pesados, los cuales al entrar en contacto con el ambiente causan graves daños, tanto a la flora y fauna, como a los seres humanos, pues dadas las condiciones se convierten en sustancias peligrosas por su toxicidad y por el efecto acumulativo que tienen en el organismo, riesgos que existen cuando estos efluentes entran en contacto con las fuentes de agua destinadas para consumo humano o que son utilizadas por los agricultores para regar sembradíos, trayendo como consecuencia afecciones a la salud de la población que consume productos contaminados, problema que se incrementa al no haber un control ambiental adecuado en nuestro país.

Estos efluentes son consecuencia de las actividades productivas como la minería que trae consigo gran contaminación. Por citar un ejemplo, se estima que al menos el 80% de las aguas de los ríos Calera y Amarillo en la provincia del Azuay están contaminadas (5). A esto se suman las descargas líquidas producto de otras industrias, muchas de estas ubicadas en las principales ciudades del país y a pesar de estar obligadas por la legislación a no sobrepasar los límites máximos de concentración de contaminantes en descargas líquidas, mediante adecuados procesos de tratamiento, no todas son controladas.

El desarrollo de métodos para el tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados ha cobrado auge en los últimos años, sin embargo, su costo elevado hace que los empresarios eviten este tipo de inversión o apliquen tratamientos superficiales que no ayudan a minimizar el problema ambiental causado por las industrias.

Adicionalmente, se considera que como consecuencia del desarrollo de la industria curtidora en el país los problemas ambientales han incrementado, debido a la gran cantidad de desechos que se generan y a la gestión inadecuada que se les da para su disposición final. Si bien es cierto que muchas de estas empresas han incursionado con la temática

ambiental, esta ha sido orientada hacia el tratamiento de efluentes líquidos, pues los desechos sólidos no son tratados en su totalidad ya que son los de características orgánicas a los que se han dado uso en la fabricación de gelatinas, cremas, aceites, abonos, alimentos de mascotas, entre otros. Mientras que los desechos sólidos obtenidos después de la curtición han sido dejados de lado, siendo estos destinados a los rellenos sanitarios.

Gran parte de estos desechos constituyen las virutas de cuero en un porcentaje aproximado del 26% de desechos sólidos totales (13) que son generadas en el proceso de rebajado del cuero "wet blue" posterior a la curtición, por lo cual están formadas por un complejo de colágeno y cromo, estando este presente entre un 4 y 5% (13), por lo cual al ser depositadas directamente en los rellenos sanitarios pueden ocasionar problemas ambientales a largo plazo. Se estima que por cada 200 a 250 kg de cuero se generan alrededor de 225 kg de virutas (7). Por lo cual ha surgido la necesidad de buscar alternativas que minimicen el impacto ambiental generado por estos desechos y que representen una solución viable y económicamente atractiva.

➤ Metodología y Herramientas

Con el fin de llevar a cabo pruebas experimentales que determinen la

factibilidad del proyecto, se procedió a recolectar una muestra de virutas de cuero procedente de una curtiduría en la ciudad de Ambato.

Se prepararon soluciones a diferentes concentraciones (1% y 2%) de quitosano y ácido acético diluido, que se sometieron a agitación durante 5 horas en un agitador magnético a una temperatura de 60 °C. Posteriormente se dejó enfriar esta solución hasta alcanzar la temperatura ambiente y se agitó durante una hora con una pequeña cantidad de propilenglicol.

Se pesaron muestras de 5 gramos de virutas de cuero que fueron colocadas en cajas Petri para embeberlas en las soluciones de quitosano previamente preparadas. A cada muestra se dejó en reposo al ambiente para que las virutas absorbieran la solución, proceso que tardó un día en llevarse a cabo.

Adicionalmente, se trataron muestras con una solución de hidróxido de sodio al 5% (w/v) con el fin de funcionalizar el material, para lo cual se dejó en reposo durante un día. Las diferencias físicas obtenidas fueron notables entre la fibra original, la tratada con quitosano y la que se trató adicionalmente con hidróxido de sodio, según se muestra en la Figura 3.

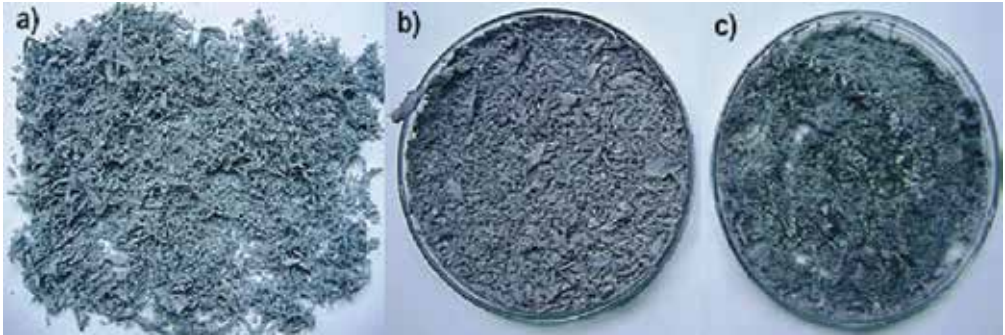


Figura 3. a) Virutas de cuero sin tratamiento, b) Virutas de cuero tratadas con quitosano, c) Virutas de cuero tratadas con quitosano e hidróxido de sodio

Con el fin de determinar su utilidad en el tratamiento de aguas, uno de los objetivos de este trabajo, se preparó una solución de sulfato de cobre 0,5 M, la cual se agitó durante 12 horas con las muestras de virutas tratadas con quitosano y las muestras tratadas adicionalmente con hidróxido de sodio.

Una vez transcurrido el tiempo de tratamiento se separaron las virutas de cuero mediante filtración, obteniéndose

las soluciones resultantes (Figura 4), las cuales se analizaron mediante un espectrofotómetro UV – visible, con lo cual se determinó que efectivamente la concentración de la solución de sulfato de cobre disminuye al entrar en contacto con las virutas de cuero tratadas con quitosano, siendo las muestras tratadas adicionalmente con hidróxido de sodio, con las que mejores resultados se obtuvieron, lo cual demuestra que el proyecto es factible.

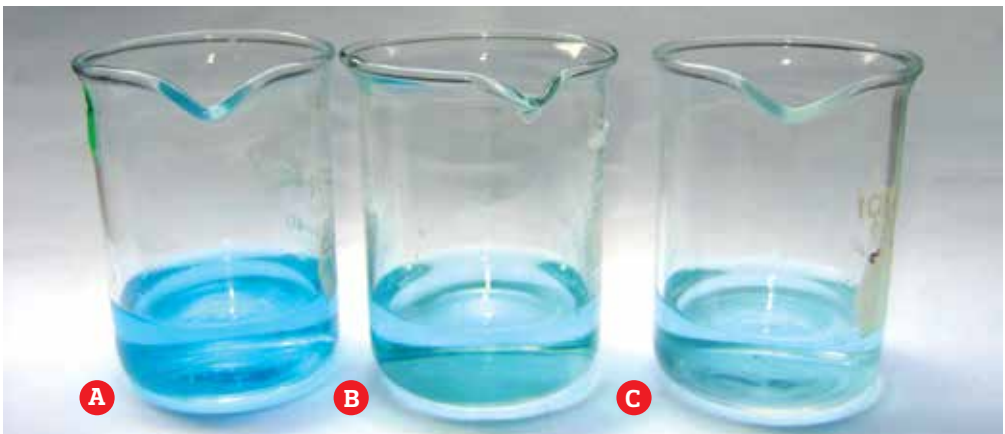


Figura 4. a) Solución original, b) Solución en contacto con las virutas de cuero tratadas con quitosano, c) Solución en contacto con las virutas de cuero tratadas con quitosano e hidróxido de sodio

Sin embargo, al pretender que sea un método aplicable industrialmente, se deberán realizar mezclas para obtener un material compuesto con las virtutas de cuero, que al tener características de un material fibroso pueden ser incorporadas a una matriz polimérica que les brinde soporte y sea posible la construcción de columnas o la preparación de lechos con este material, con los que se pueda remover de una manera eficiente los metales pesados de los residuos industriales.

Con tales fines, las virutas de cuero serán clasificadas por tamaño, con el objeto de obtener un material uniforme. Posteriormente se probarán formulaciones con distintos porcentajes de polímero y se procederá a realizar las mezclas. Una vez escogida la formulación idónea, es decir el material que mejores propiedades físicas y químicas posea, será tratado con una solución de quitosano, cuya preparación se describe en este trabajo. Este material resultante será caracterizado para determinar la presencia de enlaces químicos, así como para evaluar el recubrimiento del quitosano en la superficie del mismo a través de diferentes técnicas, como espectrofotometría de infrarrojo mediante transformadas de Fourier (FTIR), microscopía electrónica de barrido (SEM) y microscopía óptica (14). Adicionalmente se determinará mediante técnicas analíticas, como espectrofotometría UV – visible y absorción atómica (AA), la efectividad

de este tratamiento para remover iones metálicos de aguas contaminadas.

➤ **Soluciones propuestas**

Al conocer la gravedad del problema ambiental que causan los efluentes industriales con concentraciones considerables de metales pesados, y de la gran cantidad de desechos sólidos de post-curtición que son generados y se destinan a rellenos sanitarios, en el presente trabajo se plantea una alternativa para dar una solución a ambos problemas mediante el reciclaje de virutas de cuero producto del proceso de rebajado, las cuales al ser recubiertas con quitosano posean la capacidad de formar complejos estables con metales pesados y de esta forma constituyan un método de tratamiento de efluentes con estos contaminantes.

Con el fin de determinar la factibilidad de esta propuesta, se han realizado pruebas preliminares en las que se trataron muestras de virutas de cuero con una solución de quitosano, obteniéndose resultados satisfactorios al corroborar que la concentración inicial de una solución de sulfato de cobre, usada como prueba, disminuye al ponerla en contacto con estas muestras, principalmente con la que fue tratada adicionalmente con hidróxido de sodio, lo cual evidencia la factibilidad de este proyecto.

El quitosano es un producto de origen natural que presenta facilidad de formar complejos estables con especies metálicas y puede ser adquirido en el país, pues se conoce que se han desarrollado proyectos para su extracción a partir de desechos de crustáceos, lo cual sería un impulso para el desarrollo de una actividad paralela a

este proyecto; sin embargo, su uso por si solo para la remoción de iones metálicos conlleva costos elevados, por lo cual se requiere disponer de un soporte que en este caso son las virutas de cuero, escogidas por ser un material económico, disponible en grandes cantidades y de fácil adquisición.



Virutas de cuero



Recubrimiento de quitosano



Tratamiento de efluentes industriales contaminados

Adicionalmente, se plantea la incorporación de las virutas de cuero a una matriz polimérica para obtener un material compuesto que al recubrirlo con quitosano mejore su resistencia y durabilidad, de tal forma que sea aplicable industrialmente y su regeneración o recuperación sean posibles.

Para tratar los efluentes se prepararán lechos o columnas en las que se colocarán las virutas cubiertas con quitosano y circularán las aguas para su tratamiento, pudiendo ser un sistema aprovechado por la misma empresa curtidora o por otras industrias para tratar sus efluentes.

Es así que con este proyecto se pretende brindar una alternativa que minimice la inversión en sistemas sofisticados de tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados, siendo un método al cual puedan acceder pequeñas y medianas industrias, impulsando de esta forma al empresario a aportar a la conservación ambiental y por ende beneficiando a las poblaciones cercanas a las zonas industriales, aportando a que el problema de contaminación de sus fuentes hídricas se minimice, brindando de esta forma mejor calidad de vida, acorde a lo enmarcado en nuestra constitución en la que se resalta la importancia del buen vivir de todos los ecuatorianos.

➤ Viabilidad

La viabilidad del proyecto radica en el aprovechamiento de desechos, como lo son las virutas de cuero generadas durante el proceso de la curtiembre de pieles, dándoles uso al desarrollar un material recubierto con quitosano para tratar efluentes industriales contaminados con metales pesados, de tal forma que dos problemas pueden ser resueltos.

Al ser las virutas de cuero un desecho disponible en grandes cantidades y que aún se destina a rellenos sanitarios, constituye una materia prima cuyo costo es bajo y casi nulo, por lo cual este sistema de tratamiento puede ser implementado sin mayor inversión pues no requiere de procesos tecnológicos costosos o sofisticados. Además, existe disponibilidad de los reactivos necesarios y se cuenta con estudios previos realizados que han sido adaptados según las necesidades de nuestro entorno y por lo cual se plantea este proyecto.

En el caso del quitosano, se puede impulsar paralelamente la producción de este a partir de desechos de crustáceos mediante el desarrollo de proyectos viables y sustentables.

Los residuos post-curción de cuero tratados con quitosano muestran un buen comportamiento frente a la remoción

de metales, por lo cual su uso es posible para tales fines, presentándose como una alternativa atractiva para el empresario como tratamiento de estos efluentes, pues en muchos casos este tipo de inversión es evitada por los altos costos que conllevan las tecnologías modernas, dando como resultado una serie de problemas ambientales y sociales.

Es así que se plantea una solución parcial que de ser económicamente viable, como es lo esperado, pueda ser incorporada principalmente en las pequeñas y medianas industrias que no cuentan con el capital necesario para implementar tecnologías de tratamiento de aguas ni presentan un correcto manejo de residuos, por lo cual son las que mayor contaminación producen. Con esta alternativa se minimizaría este problema, beneficiando al inversionista, la sociedad y por ende, al ambiente.

➤ Conclusiones

- La aplicación de tratamientos de efluentes contaminados con metales pesados ha cobrado relevancia en los últimos años, sin embargo, debido a su costo elevado los pequeños productores no tienen acceso, por lo cual se hace necesario el desarrollo de nuevas alternativas económicamente viables.
- Con las pruebas preliminares realizadas con las virutas de cuero tratadas con

quitosano, se han logrado resultados satisfactorios que dan paso a una nueva línea de investigación con el propósito de establecer las mejores condiciones para el uso de este desecho.

- El aprovechamiento de las virutas de cuero producto del rebajado, es una alternativa viable para minimizar el impacto negativo que producen al ser destinadas a los rellenos sanitarios.
- Con el desarrollo de más estudios es posible mejorar e implementar en las industrias este sistema alternativo de tratamiento de efluentes contaminados.

➤ Consideraciones finales

Se hace necesario analizar y estructurar la información nacional de las curtiembres para determinar cuántas existen, la gestión y el manejo ambiental que realizan con los desechos que generan.

Para el desarrollo de un diseño experimental que permita establecer a fondo los parámetros de un correcto procesamiento de este tipo de desechos, se requieren una serie de pruebas analíticas para determinar las características del material y mejorarlas con el fin de aplicar una nueva alternativa en beneficio del ambiente y la sociedad, puesto que aquí se presenta una visión preliminar de lo que se podría lograr.

► Referencias Bibliográficas

1. SENPLADES. Ministerio de Industrias y Productividad. Subsecretaría de Industrias Básicas. [En línea] 2013. <http://www.industrias.gob.ec/subsecretaria-de-industrias-basicas/>.
2. Ramos, P. y Márquez, M. Avances en Calidad Ambiental. Primera. Salamanca : Universidad de Salamanca, 2002. págs. 321-322.
3. INECC. Instituto Nacional de Energía y Cambio Climático. Metales Pesados. [En línea] 2009. <http://www.inecc.gob.mx/sqre-temas/763-aqre-metales>.
4. Vincent, M., Álvarez, S. y Zaragoza, J. Química Industrial Orgánica. Valencia : Universidad Politécnica de Valencia, 2006. págs. 207-208.
5. Ministerio del Ambiente del Ecuador. [En línea] 2013. <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/03/PART2.pdf>.
6. Unión Internacional de Sociedades de Químicos y Técnicos del Cuero. Secretaría de Ambiente y Desarrollo sustentable de la Nación. [En línea] 2009. <http://redplycs.ambiente.gov.ar/archivos/web/UPLCS/file/Presentacion%20P+L%20en%20curtiembres.pdf>.
7. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Guía técnica para la minimización de residuos en curtiembres. [En línea] 2008. <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan/005340/005340.pdf>.

8. Comunidad Virtual del Cuero. CueroNet. [En línea] 2014. <http://www.cueronet.com/flujograma/index.htm>.
9. Adsorption of dyes and heavy metal ions by chitosan composites: A review. Wan Ngah, W. S., Teong, L. C. y Hanafiah, M. A. K. M. [ed.] J. F. Kennedy y J. M. Mitchel. s.l.: Elsevier, 2010, Carbohydrate Polymers, Vol. 83, págs. 1446–1456.
10. Thomas, S., y otros, y otros. Natural Polymers, Biopolymers, Biomaterials, and their Composites, Blends and IPNs. [ed.] S. Thomas, y otros, y otros. Toronto : Apple Academic Press, 2012. págs. 2–3,24–25. Vol. 2.
11. Recubrimiento de tela de algodón con quitosano y su utilización en la eliminación de Cu^{2+} en sistemas acuosos. Salgado, R., y otros, y otros. 5, 2012, Revista Iberoamericana de Polímeros, Vol. 13, págs. 265–261.
12. SENAGUA. CEPAL. Calidad de Agua en el Ecuador. [En línea] 2011. http://www.cepal.org/deype/noticias/noticias/1/44071/senagua_calidad-agua.pdf.
13. Jordán, M. Obtención de colágeno por hidrólisis alcalina–enzimática del residuo de "wet blue" en el proceso de curtición. Escuela de Ciencias Químicas, Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. Riobamba : s.n., 2011.
14. Chitosan Supported onto Agave Fiber–Postconsumer HDPE Composites for $\text{Cr}(\text{VI})$ Adsorption. Pérez, A., y otros, y otros. s.l. : ACS publications, 2011, Industrial & Engineering Research, Vol. 9, págs. 7–15.



**DISEÑO DEL PROCESO PARA ELABORAR
PAPEL A PARTIR DEL RESIDUO FIBROSO
GENERADO EN LA EXTRACCIÓN DE
ACEITE DE PALMA AFRICANA,
UTILIZANDO FUNDAMENTALMENTE A
LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

AUTORA

Carolina Belén López Torres

ORIENTADOR

Ing. Ana Lucía Rodríguez

Universidad Particular Internacional SEK

En el Ecuador, el papel se consume en cantidades elevadas, registrándose un aumento con el pasar de los años, conjuntamente con la actividad productiva nacional. Para suplir esta demanda, se ha fomentado la producción de papel mediante una tala indiscriminada de árboles, aunque actualmente, se ha generado conciencia ambiental utilizando fibras provenientes de otras fuentes naturales.

En la presente investigación, se desea brindar una nueva alternativa de materia prima, la cual es el residuo fibroso generado de la extracción de aceite del mesocarpio del fruto de la palma africana. Se debe resaltar que al momento de la realización de la investigación, no se encontraron estudios o información sobre esta fibra, por esta razón, fue necesaria su caracterización para comenzar con la experimentación.

Utilizando los resultados de la caracterización, se procedió a experimentar con los tres métodos tradicionales de fabricación de papel, modificando condiciones del proceso como: concentraciones, tiempos de residencia y procedimientos de cocción. Se utilizaron reactivos amigables con el medio ambiente para la cocción y blanqueo de las fibras, lo que no sucede en la típica industria papelera.

Una vez realizadas las pruebas a nivel de laboratorio y la elección del método más óptimo, se prosiguió al diseño industrial de la planta de producción, conociendo que el producto obtenido puede ser catalogado como papel tipo "Kraft", según normas INEN. Este estudio determinó los tamaños, capacidades y potencias de todos los equipos necesarios. Además, este se complementó con procesos necesarios para la reducción de emisiones y reutilización de reactivos, cumpliendo con los lineamientos de producción más limpia y aportando al cambio de la matriz productiva.

Finalmente, mediante un estudio económico, se determinó el valor requerido de inversión inicial, costos de producción e ingresos por ventas del producto final, considerando una proyección a cinco años, lo cual generó un TIR y VAN positivos y atractivos para posibles inversionistas.

➤ **Objetivo General**

Diseñar un proceso para fabricar papel a partir del residuo fibroso generado en la extracción de aceite de palma africana.

➤ **Objetivos Específicos**

- Analizar e identificar el residuo fibroso para determinar sus características, propiedades y composición.
- Obtener papel mediante el método más óptimo utilizando el residuo fibroso generado en la extracción de aceite de palma.
- Caracterización y evaluación de la calidad del producto final con base en las normas INEN.
- Evaluar la factibilidad y rentabilidad del uso de esta materia prima para producir papel industrialmente.

➤ **Alcance**

Mediante este estudio se diseña un proceso sustentable para fabricar papel mediante el residuo fibroso obtenido de la extracción de aceite de palma africana. Previamente se determinan las características y propiedades que presenta esta materia prima, ya que es una fibra que no ha sido caracterizada ni tomada en cuenta como una fuente de materia prima.

Esta investigación ayuda a establecer

nuevas materias primas que pueden ser aprovechadas para fabricar papel, reduciendo la tasa de deforestación que se tiene actualmente por generar este producto con fibras madereras, cumpliendo con los lineamientos planteados en el Plan Nacional del Buen Vivir 2013–2017, principalmente (Senplades, 2013):

- “Impulsar iniciativas de producción sostenible de bienes y servicios, que consideren la capacidad de regeneración de la naturaleza para el mantenimiento de la integridad y la resiliencia de los ecosistemas”.
- “Promover la sostenibilidad ecosistémica de la economía a través la implementación de tecnologías y prácticas de producción limpia”.

Adicionalmente, se aporta con un proceso amigable para el ambiente que podrá ser implementado fácilmente. Se continúa con un análisis de la demanda insatisfecha del Ecuador, para mediante la instalación de una planta procesadora de papel a partir del residuo, poder cubrir un porcentaje de esta.

Además, se fomenta el desarrollo social en el sector de La Concordia, Santo Domingo de los Tsáchilas, Esmeraldas, etc., ya que en estos lugares existen algunas extractoras de aceite de palma africana y los residuos de estas pueden ser aprovechados por la población,

generando puestos de trabajo, mejorando su nivel social y promoviendo un ambiente más limpio. Finalmente, esta industria se presenta como una alternativa para el cambio de la matriz productiva nacional.

► **Fundamento Teórico**

Según el último informe de las estadísticas agropecuarias en el Ecuador, en el año 2011, se puede ver que existe alrededor de 202.651 hectáreas de palma africana y una producción del cultivo de 2 097 356 toneladas métricas al año (INEC, 2011). Se aprovecha el fruto de estas plantaciones para producir dos aceites: el aceite rojo para consumo humano y el aceite de almendra o palmiste, el cual es utilizado para la fabricación de jabones y alimentos para animales (SFA, 2010).

Además de estos productos se generan subproductos, algunos considerados como residuos. Estos subproductos son: aceite



Figura 1. Residuo fibroso de la extracción de aceite de palma.

crudo, torta de palmiste, raquis (racimo vacío), cuezco, cachaza, efluentes y fibra. Esta última es obtenida del mesocarpio luego de que se extrajo el aceite y posee una gran cantidad de fibra vegetal que representa a la celulosa, con la que se podrá generar la pasta celulósica que constituirá el papel deseado (Bastidas, 2006).

Estas fibras vegetales se encuentran constituidas principalmente por polisacáridos, compuestos fenólicos, minerales, proteínas, etc. Cuando se analizan los polisacáridos se establece que su estructura está formada por celulosa y hemicelulosa entrelazadas (Gutiérrez, 2010).

En las fibras vegetales, la celulosa comprende más del 50% de su estructura (Colona, 2010). Junto a la celulosa se encuentra la hemicelulosa que constituye aproximadamente el 30% de las fibras madereras (Sandermann, 1998). Estos dos componentes serán los principales constituyentes del papel.

De igual manera, la lignina es un componente importante a tomar en cuenta cuando se desea fabricar papel ya que este compuesto da rigidez a la corteza, brinda protección contra la humedad y microorganismos que pueden afectar a la planta. Sin embargo produce poca flexibilidad a las hojas de papel, lo cual hace necesaria la eliminación de

este componente, sin dañar a la celulosa (Colona, 2010).

Tomando en cuenta los componentes de la fibra y sus características, se han establecido tres métodos para fabricar papel. El procedimiento más utilizado es el método químico, en donde se emplean reactivos químicos para eliminar selectivamente a la lignina. Cuando se utilizan sustancias químicas más suaves se debe implementar la fuerza mecánica para crear una desfibración, a este método se lo conoce como semiquímico. Finalmente, el tercer procedimiento es el método mecánico o de alto rendimiento, en el cual se utilizan fuerzas de cizallamiento y compresión para formar la pasta celulósica (Macorra, 2004). En todos estos métodos se elimina la lignina, pero también se produce una reducción de la celulosa, lo cual afecta al rendimiento del proceso (SCA, 2010). Por esto, se experimentó con todos los métodos y se determinó el óptimo para este residuo fibroso.

Se debe analizar que en el método químico se utiliza comúnmente el procedimiento tipo "Kraft", que se basa en la utilización de sulfatos, sulfitos e hidróxido de sodio. Pero se presenta otra alternativa para el método químico, el cual es el proceso conocido como "Sosa al frío". Esta es una técnica similar al proceso Kraft, diferenciándose por los reactivos que se utilizan en cada uno. En la presente investigación se

escogió este método químico porque presenta las mejores condiciones ambientales ya que no se utilizan reactivos químicos altamente contaminantes como sucede en el otro procedimiento. En este proceso se agrega hidróxido de sodio en diferentes concentraciones, variando tiempos de cocción a una temperatura de 170°C, dependiendo del tipo de fibra (SCA, 2010).

Independientemente de la pasta obtenida por cualquier de los tres métodos experimentales, ésta debe ser sometida a un proceso de blanqueamiento, ya que es un requisito para obtener un papel de calidad. En la industria, para obtener un blanqueamiento altamente eficaz se utiliza compuestos de cloro, como son el dióxido de cloro y cloro gaseoso. Pero en la presente investigación se implementó la producción más limpia, con lo que se utilizó peróxido de hidrógeno para blanquear las fibras. El peróxido de hidrógeno es también efectivo para obtener un buen grado de blancura en el papel y los efluentes no contendrán cloro, que consume el oxígeno y destruye hábitats acuáticos. Otro aspecto importante es que esta pasta obtenida sin la utilización de compuestos de cloro, será catalogada como "Totalmente Libre de Cloro" o con sus siglas en inglés "TCF", lo cual implica una buena categorización ambiental (SCA, 2010).

Después de obtener los datos necesarios en la experimentación con cada método, se deberá utilizar a la producción más limpia para complementar el diseño de la planta, la cual se dedica a controlar la contaminación ambiental de una forma preventiva, actuando desde el origen para eliminar los efluentes o residuos antes de que se generen. La producción más limpia actúa sobre los procesos y los productos, produciendo mejoras en la eficiencia y calidad, disminuyendo costos e impacto ambiental (Bermejo, 2005). Algunas de las acciones más importantes de la producción más limpia son (Costa, 2012):

- Reducción del volumen.
- Modificación de los procesos de producción.
- Buenas prácticas ambientales.
- Valorización de los residuos.

Cabe señalar que todas las técnicas mencionadas son implementadas en el diseño del proceso para fabricar el papel mediante el residuo fibroso, pero se debe considerar también la sostenibilidad de la producción de papel mediante cuatro principales ejes de acción. El primer eje es la gestión forestal manejando los bosques o plantaciones de palma, de modo que se mantenga su biodiversidad y su capacidad de regeneración, sin olvidar la productividad y la satisfacción de las necesidades presentes y futuras. El segundo es la recuperación y reciclaje. El tercero es la generación de riqueza y contribución a la

calidad de vida, y el último eje es generar un proceso productivo sustentable y responsable (ASPAPPEL, 2008).

➤ **Problemática a abordar**

La producción mediante fibras madereras representa un gran problema medio ambiental debido a que el 40% de toda la madera talada del mundo es destinada al papel. Además, para sustituir los bosques deforestados se utiliza gran cantidad de herbicidas y fertilizantes para generar árboles de rápido crecimiento, los cuales intentan satisfacer el requerimiento de materia prima para la industria papelera.

Otro aspecto importante son los contaminantes generados en la fabricación industrial de papel, ya que los efluentes y emisiones afectan gravemente a ríos, animales y al medio ambiente en general. Esto se produce debido al uso de compuestos con azufre y especialmente con cloro elemental, dióxido de cloro y compuestos organoclorados, los cuales serán sustituidos en el presente proyecto por reactivos amigables. Además, en el Ecuador se estima que la demanda interna de papel crecerá debido a un aumento en la actividad productiva nacional (Instituto Nacional de Preinversión, 2013). De igual manera, con este aumento también se incrementará preocupantemente la extracción de madera a fin de poder suplir los requerimientos de la población.

Considerando que los datos de deforestación nacional no son nada alentadores, ya que se tiene una tasa de 65 mil hectáreas por año, siendo la reforestación de 30 mil hectáreas y de no plantearse nuevas alternativas de materia prima, se presentaría un proceso no sustentable de fabricación de papel (Ministerio del Ambiente, 2013).

➤ Metodología y Herramientas

La primera etapa de la investigación es la caracterización de la materia prima. Este proyecto se basó en las siguientes normas (Tabla 1) y se realizaron tres réplicas según lo recomendado en las técnicas para dar confiabilidad a los resultados.

Tabla 1.
Normas utilizadas en la caracterización de la fibra.

Componentes	Norma
Solubles en Etanol-Benceno	TAPPI T 204 cm-97; Relacionado con: ASTM D1107, D 1108, D 1794
Solubles en Agua	TAPPI T 207 cm-99; Relacionado con: ASTM D1110
Cenizas	TAPPI T 211 om-02; Relacionado con: ASTM D 1102
Holocelulosa	ASTM D 1104-56
Celulosa y Hemicelulosa	ASTM D 1695-77
Lignina	Técnica Runkel y Wilke

Mediante la información analizada se puede decir que la elección del método para fabricar papel dependerá de la caracterización de la materia prima. Además, la fibra del mesocarpio posee distintas propiedades y no puede considerarse, ni tratarse de igual manera que otro residuo de la palma o de otras fuentes naturales. En la presente investigación, se experimentaron con los tres métodos mencionados

anteriormente. El método que presente el mejor rendimiento con un papel de buena calidad, será el escogido para comenzar a diseñar el proceso. Para esto, se variaron los tiempos de reacción y se utilizaron tres concentraciones distintas de hidróxido de sodio para establecer la cantidad correcta de reactivo que elimine a la lignina sin afectar a la celulosa. Adicionalmente, se modificó el blanqueo para realizarlo

DISEÑO DEL PROCESO PARA ELABORAR PAPEL A PARTIR DEL RESIDUO FIBROSO GENERADO EN LA EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALMA AFRICANA, UTILIZANDO FUNDAMENTALMENTE A LA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

con peróxido de hidrógeno y reactivos estabilizantes. Tomando en cuenta la posibilidad de adicionar compuestos que mejoran la formación de la hoja de papel.

El producto final se caracterizó mediante las normas establecidas a nivel nacional, las cuales son las normas INEN para pulpa, papel y cartón. Se eligieron estas normas porque estas son las necesarias para determinar si el papel podría ser catalogado como tipo "Kraft", el cual es el papel que posee el porcentaje más alto de importaciones a nivel nacional.

Además, estas normas pueden ser fácilmente replicables en laboratorio.

➤ Soluciones propuestas

Para solucionar los problemas anteriormente mencionados es necesario buscar otras alternativas de materia prima como es el bagazo producido en la extracción de aceite de palma africana, para diseñar y desarrollar un proceso sustentable de fabricación de papel basándose en la producción más limpia. Cabe mencionar que este residuo se genera durante el corte de la fruta de la palma africana, por lo que no se verá afectado ningún árbol y se disminuirá la extracción de madera destinada a la industria papelera.

Tradicionalmente la fabricación de papel se produce a partir de fibras madereras,

pero debido a un incremento en el interés ambiental, actualmente se está optando por el uso de otras fibras vegetales. Estas son muy variadas y cada una posee resultados distintos al fabricar papel, pero no existen al momento otros estudios e información del residuo fibroso de la palma africana. Por esta razón, es necesario realizar pruebas de caracterización obteniéndose los siguientes porcentajes de los componentes constituyentes de la fibra utilizada.

Tabla 2.
Componentes del residuo de palma africana.

Componentes	Fibra
Celulosa	36%
Hemicelulosa	21%
Cenizas	1.5 %
Lignina	28%
Solubles totales	12%

Comparando con otros tipos de fibras se puede establecer que el porcentaje de celulosa obtenido es parecido al pino (40%) y al bagazo de la caña de azúcar (31%), la diferencia se presenta en la cantidad de hemicelulosa. Además, el porcentaje de lignina es una cantidad alta comparando con otras fibras madereras (Barba, 2002).

En las pruebas de experimentación es necesario realizar un proceso artesanal que debe ser utilizado para obtener papel a partir del residuo caracterizado, este consta de cuatro etapas base: humectación (ablandamiento de las fibras), cocción (reacción con el reactivo para formar las

pastas celulósicas), blanqueo y formación de las hojas. Es necesaria la utilización de este proceso porque es el que fácilmente puede ser replicado en laboratorio y aportará con los datos necesarios para el diseño de la planta.

Con los datos de caracterización y de la experimentación se determinó que los dos métodos adecuados para fabricar las hojas de papel son el método químico y mecánico, debido a la hoja formada y al rendimiento del proceso. Se optó por elegir el método químico, ya que se desea reducir costos y en el método mecánico esto se incrementaría porque es necesario el uso de aditivos para conseguir la unión de las fibras que formaran la hoja de papel y estos aditivos fomentan la contaminación de los efluentes.

Analizando los resultados obtenidos se determina que el tiempo de humectación no afecta significativamente a los rendimientos y a la reacción. Esto quiere decir, que no es necesario optar por un periodo muy largo, ya que no provoca la mejoría del producto final y más bien implica periodos de tiempo perdidos.

Con respecto a la concentración, ésta afecta totalmente al rendimiento y a la reacción, lo que provoca que se elimine la lignina y también una pérdida de hemicelulosa y celulosa y que el rendimiento en reacciones con altas concentraciones sea bajo. Para seleccionar la concentración óptima, se debe analizar el producto final, teniendo

en cada caso una buena formación de las hojas. A una concentración muy alta, las fibras comenzaron a romperse, dificultando el manejo de las mismas. Finalmente, se decidió escoger una concentración molar de 0,75, con la cual se obtiene un buen producto, con alto rendimiento y que no represente un costo elevado de producción. Estableciéndose que el tiempo de reacción adecuado para la cocción sea de 1 hora.

En el caso del blanqueamiento, todos los rendimientos son parecidos porque no se variaron concentraciones (0,5M) y tiempo de reacción (3 horas). Los rendimientos de blanqueo varían desde 63 a 64%. Esta variación se presentó por la dificultad del método y pérdida de la fibra, lo que complica establecer un rendimiento exacto. De esta manera, se establece que el método utilizado para el escalamiento industrial es el que posea las condiciones seleccionadas en la experimentación, determinando un rendimiento total del proceso de alrededor de 38%.

Finalmente, el producto obtenido debió ser analizado para poder determinar sus características y compararlas con el papel Kraft, pero el proceso seleccionado es flexible para obtener cualquier tipo de papel. Se establece que el porcentaje de humedad en el papel es de 7,69%, lo cual es adecuado para el papel tipo Kraft. Otro aspecto importante de este papel es el espesor de la hoja y se determinó que esta posee un

espesor de 0,23 mm, según lo establecido en la norma NTE INEN 1399. Este papel obtenido mediante el método químico, utilizando las cuatro etapas del proceso artesanal con las condiciones elegidas como óptimas, se observa en la Figura 2.



Figura 2: Papel obtenido mediante el método químico artesanal.

Se observa que los datos obtenidos concuerdan con las especificaciones requeridas. A la vez, con esta información se puede establecer que se requiere de un gramaje de 146 g por m² y este valor es el utilizado para elegir los rodillos que se usarán en la planta industrial, ya que éstos son los que determinarán las características finales de las hojas de papel.

➤ Viabilidad

Mediante un análisis económico, social y ambiental, se determinó que es necesaria la implementación de una planta sustentable de fabricación de papel a partir del residuo fibroso. Si no se lo realiza, se seguirá desarrollado un grave problema medio ambiental, fomentando una industria papelera insostenible debido al requerimiento de árboles madereros como materia prima.

Adicionalmente, se necesita cubrir la demanda insatisfecha de papel que posee el Ecuador cada año. En el año 2013, se determinó que las importaciones fueron de 420.141,56 toneladas de papel tipo Kraft, lo que significa una producción de papel de 8752,95 toneladas a la semana (Instituto Nacional de Preinversión, 2013).

Mediante la implementación de tan solo una planta productora de papel se cubrirá un porcentaje aproximado de 4,59% de la demanda insatisfecha total del país con solo el residuo de pocas extractoras localizadas próximas a la planta de fabricación. Cabe señalar que, esta demanda puede aumentar si se desea tratar los residuos de otras extractoras de aceite.

Para intentar cubrir parte de esta demanda es necesario saber qué cantidad de materia prima es generada en procesadoras de aceite de palma. Al determinar la proporción

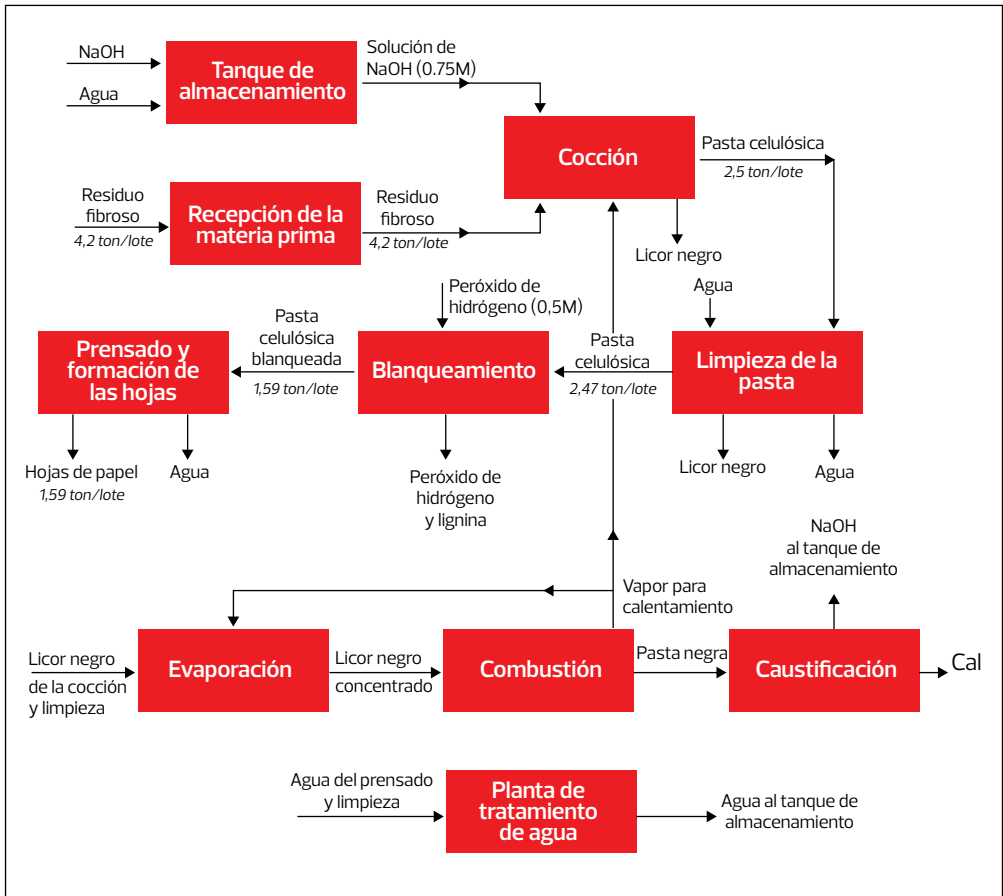


Figura 3. Diagrama de bloques del proceso.

del residuo fibroso, se conoce que el 12% representa a la fibra procesada con respecto al fruto entero de la palma, pero no todo este residuo será destinado a la realización de papel, ya que el 30% es utilizado como combustible en la extracción de aceite de palma, por esto se aprovechará el 70% restante.

Aunque en la actualidad el residuo fibroso no tiene un precio específico, es necesario

determinar un costo representativo de este, ya que la población e industria se verán beneficiados por la venta de su residuo. De igual manera, se determina que la planta cumplirá con dos lotes de producción, implicando un periodo de trabajo de 16 horas que serán cumplidos con dos jornadas de trabajo. Al realizar estos turnos se incrementará el costo de producción, específicamente en mano de obra, pero implica la generación de puestos de trabajo

(directos e indirectos) para la comunidad. Un aspecto importante, es que la planta fue diseñada de acuerdo a producción más limpia, implementando procesos y equipos necesarios para la reducción de emisiones y efluentes, ya que en la industria existen corrientes residuales que deberán ser tratadas. En el caso de las corrientes de licor negro (residuo de la cocción), estas pueden ser aprovechadas por medio de un evaporador que concentrará a la solución para ingresar a un caldero. En este equipo se generará vapor que calentará al reactor de cocción, el cual podrá ser condensado para obtener agua y reducir el volumen utilizado de este insumo.

Además, con la implementación de una zona de caustificación se podrán recuperar los reactivos utilizados en el proceso y estos serán reingresados a los reactores. Otro subproducto es la cal, que será comercializada, lo que generará mayores ingresos a la planta. Todos estos procesos se observan en el siguiente diagrama de bloques.

Finalmente, con todos los ingresos, egresos y la inversión inicial se determinó que este proyecto de investigación tendrá un TIR del 30% y un VAN de \$161.493. Como se puede observar, los valores determinan que el proceso es económicamente rentable, dando ganancias económicas significativas y es un proyecto atractivo para inversionistas.

➤ Conclusiones

- Las pruebas de caracterización determinaron que la fibra posee una composición distinta a un árbol maderero, con porcentajes menores de celulosa y hemicelulosa. Contrariamente, la composición de la fibra es parecida a la caña de azúcar, con la cual se realiza un proceso sustentable de fabricación de papel. Uno de los compuestos caracterizados fue la lignina, determinando un porcentaje alto de ésta en las fibras, como es típico de las plantas tropicales. Es por esto que siempre se requerirá del uso de reactivos químicos fuertes para eliminar a este componente.
- A pesar de que se realicen futuras mejoras del proceso, el rendimiento no podrá aumentar más del 57%, ya que este es el porcentaje de celulosa y hemicelulosa en la fibra, que posteriormente serán los constituyentes del papel. Aunque la fibra es el residuo de la palma que presenta un mejor desempeño en la realización de papel, comparada con el raquis y el cuesco, ya que la caracterización determinó en la fibra una mayor cantidad de celulosa y hemicelulosa.
- El método mecánico no presentó una buena calidad del producto final porque no se elimina la lignina. Pero este proceso debe ser analizado, ya que presenta el mejor rendimiento, aunque se deben considerar costos por el uso de aditivos

como el almidón de papa, que es adecuado para la adhesión de las fibras, pero también su utilización fomentará una mayor contaminación de los efluentes.

- Una trituración de la fibra contribuye a una mejor deslignificación, pero los rendimientos bajan y los reactivos se pierden. En el caso del peróxido de hidrógeno se presentaron mayores complicaciones y no se consiguió un buen blanqueo de las pastas celulósicas para fibras trituradas.

- De acuerdo al análisis de prefactibilidad, se puede ver que la fabricación de papel a partir del residuo es económicamente sustentable, además de ser un proceso amigable con el ambiente y que podrá cubrir la demanda insatisfecha de papel en el Ecuador, pero una sola planta no será suficiente para satisfacer este alto porcentaje de demanda.

➤ Consideraciones finales

- Se deben considerar cuidados especiales cuando se realice el muestreo de la fibra porque esta se encuentra caliente y húmeda en los patios de almacenamiento de la extractora. Esto provoca una rápida descomposición y generación de hongos y microorganismos, los cuales alterarán los análisis requeridos para la caracterización y experimentación.

- Así mismo, se debería utilizar el proceso y el residuo para la generación de otros tipos de papeles encontrados en el mercado, como el papel tipo "Bond", el cual es utilizado en grandes cantidades, pero requerirá de una producción más compleja.

- Se requiere tres etapas de blanqueo para obtener un buen producto y el blanco deseado, pero se pueden experimentar con otros agentes, como oxígeno y ozono para reducir el tiempo de residencia y el peróxido de hidrógeno utilizado. Tomando en cuenta que para papeles tipo "Kraft", no es necesario obtener una tonalidad blanca, por lo que se podrían reducir las etapas.

- En la planta se debería considerar diversas formas de generación de energía. Una de ellas es el aprovechamiento del vapor para producir energía eléctrica para la misma, o a su vez se debería analizar la composición específica del licor negro, determinar su rentabilidad y factibilidad para generar combustible a partir de este residuo.

- Finalmente, se recomienda realizar un análisis económico más detallado para obtener valores lo más precisos posibles y fomentar la instalación de este tipo de plantas de procesamiento de papel.

► Referencias Bibliográficas

ASPAPPEL. (2008). La receta de la sostenibilidad papelera. Madrid: Asociación Española de Fabricantes de Pasta, Papel y Cartón.

Barba, C. (2002). Síntesis de carboximetilcelulosa (CMC) a partir de pastas de plantas anuales. Cataluña: Universitat Rovira I Virgili.

Bastidas, R. (2006). Proyecto de prefactibilidad para la implementación de un cultivo de palma africana en el cantón San Lorenzo, provincia de Esmeraldas. Quito: UTE.

Bermejo, R. (2005). La gran transición hacia la sostenibilidad . Madrid: Catarata.

Colona, P. (2010). La Química Verde. Zaragoza: Acribia.

Costa, V. (08 de 11 de 2012). Aspectos relevantes para implementar PML. Producción más limpia . Quito, Pichincha, Ecuador: UISEK.

Gutiérrez, A. (2010). Composición química de diversos materiales lignocelulósicos de interés industrial y análisis estructural de sus ligninas. Sevilla: CSIC.

INEC. (2011). Datos Estadísticos Agropecuarios. Quito: INEC.

Instituto Nacional de Preinversión. (2013). Estudio básico de la industria de pulpa y papel. Quito: Instituto Nacional de Preinversión.

Macorra, C. (2004). Tratamiento de impregnación con álcali y peróxido de hidrógeno para reducir el consumo energético en la producción de pastas mecánicas: modificaciones estructurales de la molécula de lignina . Madrid: UCM.

Ministerio del Ambiente. (11 de 09 de 2013). MAE. Recuperado el 03 de 01 de 2014, de MAE: <http://www.ambiente.gob.ec/ecuador-logra-apoyo-del-gobierno-de-corea-para-programa-de-reforestacion-nacional/>

Sandermann, H. (1998). La industria química de la madera. Turrialba: OEA.

SCA. (2010). Fabricación de Papel. Estocolmo: Tryckeribolaget.

Senplades. (2013). Plan Nacional del Buen Vivir 2013–2017. Quito: Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo.

SFA. (2010). Monografía de Palma de Aceite. México D.F: SAGARPA.

RE-MANUFACTURA SUSTENTABLE DE UTENSILIOS PARA COCINAS DE INDUCCIÓN CON RECUBRIMIENTOS FERROMAGNÉTICOS


AUTORES

Diego Alejandro Albuja Vaca
Jorge Andrés León Casares

ORIENTADOR

Alfredo Guillermo Valarezo Garces, PhD
Universidad San Francisco de Quito





La implementación de las cocinas de inducción, en los hogares ecuatorianos de todo nivel socio-económico, como principal método para cocinar alimentos y la eliminación de los subsidios al gas doméstico, no solo van a provocar que se realice un cambio generalizado de las cocinas de gas por las cocinas de inducción sino, también, que los artículos para cocinar van a tener que ser reemplazados a corto plazo.

Para evitar que las familias tengan que verse obligadas a renovar y comprar costosos artículos de cocina de acero inoxidable, hierro (los cuales son ferromagnéticos) o con placas embebidas de acero en aluminio, en este proyecto se propone aplicar un recubrimiento de una delgada capa de material ferromagnético a los artículos de aluminio que actualmente ya poseen las familias o que se producen localmente, con el fin de lograr reducir los costos de fabricación y por lo tanto evitar gastos excesivos a las familias que no puedan afrontarlos. La propuesta permite mantener la tecnología de producción local de artesanos y otras empresas, y reducir la huella de carbono que el reciclaje de los millones de utensilios actualmente en uso en el Ecuador provocaría por ejemplo, reciclaje de aluminio, importación de acero, etc.

Lo que se desea con este proyecto es optimizar la aplicación de esta capa de material ferromagnético y determinar el mínimo espesor requerido para lograr el calentamiento por inducción. En lo que respecta al desempeño, se desea encontrar un equilibrio adecuado entre temperatura, tiempo de calentamiento y espesor de la lámina de material ferromagnético. De esta manera se espera que el recubrimiento logre temperaturas y tiempos aceptables de calentamiento pero con la menor cantidad de material depositado para disminuir al mínimo el costo de fabricación.

➤ Objetivo General

Diseñar e implementar un recubrimiento ferromagnético aplicable en artículos de cocina para su empleo en calentamiento por inducción, a fin de permitir la migración de tecnología de calentamiento de utensilios a más bajo costo mediante reutilización de los actuales utensilios de cocina (evitando la huella de carbono) y permitiendo a los productores artesanales mantener su producción de ollas de aluminio.

➤ Objetivos Específicos

Detallan los objetivos que permiten la viabilidad del proyecto según su orientación a la sostenibilidad.

- Determinar un material ferromagnético resistente al desgaste que se pueda aplicar en forma de recubrimiento en los artículos de cocina, con propiedades óptimas y de bajo costo.
- Analizar por modelación computarizada (COMSOL) el proceso de calentamiento por inducción en el recubrimiento aplicado para optimizar la cantidad de material y geometría.
- Analizar desempeño en muestras físicas del recubrimiento aplicado y evaluar la respuesta de mercado: productores y usuarios.
- Desarrollar procedimientos de re-manufactura de los actuales utensilios de

cocina para permitir la reutilización de ollas y sartenes que se encuentre en buen estado y que su reemplazo por utensilios de acero inoxidable involucre un costo elevado.

- Transferir el conocimiento desarrollado y la técnica a los productores artesanales y no-artesanales para su implementación.

➤ Alcance

Considerando la capacidad económica del ecuatoriano promedio y el costo de los nuevos artículos de cocina (incluyendo las nuevas cocinas de inducción y utensilios: ollas, sartenes, etc.), las economías familiares se verán afectadas en la transición del cambio de matriz energética, y en muchos casos para algunas familias será inaccesible el cambio a esta nueva forma de aprovechamiento energético, con lo que el objetivo macro-económico puede verse afectado. Por tanto, es necesario encontrar la manera de reducir los costos involucrados de la renovación de utensilios de cocina. Es por esta razón que la investigación que se realiza en este proyecto brinda nuevas opciones de fabricación que en primera instancia deberán ser económicamente más atractivas para los consumidores ecuatorianos y para los fabricantes de estos artículos. Por otro lado, no solamente las familias se beneficiarían con este proyecto, sino que también los productores artesanales de cocinas u ollas a los cuales les sería más conveniente aplicar el método que se expone en este proyecto a

adquirir costosas máquinas, que en muchos casos no lo van a poder hacer debido a su nivel de ingresos.

Empresas grandes de producción de utensilios de aluminio están adaptando su tecnología y migrando en muchos casos a utilizar maquinaria capaz de trabajar con acero inoxidable (material de mayor resistencia y rigidez mecánica- casi tres veces el módulo de elasticidad-E del aluminio: $E_{\text{Inox}} = 180 \text{ GPa}$, $E_{\text{Al}} = 69 \text{ GPa}$ y cuatro/cinco veces el esfuerzos de fluencia $S_{y-\text{Inox}} = 520 \text{ MPa}$, $S_{y-\text{Al}} = 20-120 \text{ MPa}$). Esto representa una cuantiosa inversión, que

productores artesanales serían incapaces de adaptar puesto que su producción actual de ollas de aluminio se basa en la técnica de repujado (conformado mecánico utilizando fundamentalmente, la fuerza del operador y ventajas mecánicas como palancas), ver Figura 1.

La solución que se plantea en este proyecto estima que los productores de ollas artesanales podrían continuar produciendo utensilios con la misma técnica actual y fácilmente adoptar la técnica de depósito de recubrimientos, en este caso por termorociado (el termorociado es una

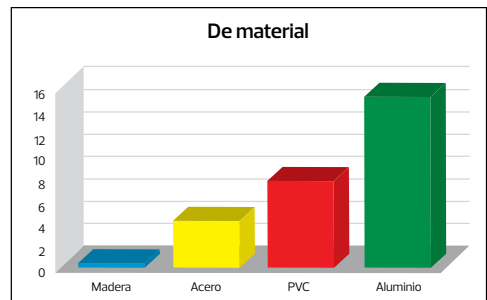
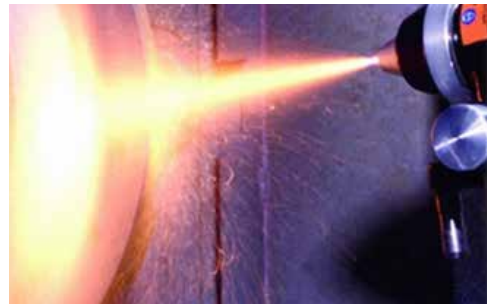


Figura 1. En la figura, se muestra la técnica del repujado para producción de utensilios de cocina de forma artesanal (derecha-arriba-abajo). Las propiedades de ductilidad del aluminio permiten su fácil conformado. El cambio a material de acero inoxidable impide el uso de las mismas técnicas por la alta resistencia a la deformación del mismo. Se muestra la técnica de termorociado para proyectar partículas fundidas de material ferromagnético (izquierda-arriba). También se muestran la emisión de toneladas de CO_2 para la producción de distintos materiales incluyendo madera, acero, plástico PVC y aluminio.

técnica de manufactura aditiva, en la que material particulado es inyectado en una flama de alto poder calórico, que funde el material y lo proyecta contra un sustrato, formándose una capa de material sobre la superficie rociada), ver Figura 1.

Otra ventaja importante del presente desarrollo es limitar la huella de carbono que por reciclaje de aluminio o por la producción de nuevos utensilios de acero inoxidable se produciría. El proceso de termorociado produce también una huella de carbono, pero significativamente menor al de producción de aluminio y acero. El proceso de reciclaje de aluminio puede producir hasta 3 veces más CO₂ contaminante comparado al acero, por la alta demanda de energía, ver Figura 1. De implementarse este procedimiento para re-manufacturar los actuales utensilios en uso en los hogares, entonces la huella de carbono sería aún menor, pues no habría necesidad de importación de materia prima (ejm. aluminio), transportación, reciclaje, etc. Por tanto, se considera que el beneficio del desarrollo de este "emprendimiento social" irá dirigido a beneficiar a la comunidad ecuatoriana de bajos recursos, promoviendo la re-manufactura de utensilios, reduciendo costos de producción y precios, y a la vez beneficiando a artesanos a que continúen produciendo bajo las técnicas actuales. Indirectamente, el cambio de la matriz energética es apoyado desde

la re-manufactura de utensilios, con una implementación tecnológica de largo alcance que reduce la huella de carbono, acorde con el objetivo del cambio de matriz.

➤ **Fundamento Teórico**

Actualmente para las cocinas a gas o con resistencias eléctricas, los artículos para cocinar pueden ser de cualquier material que resista altas temperaturas (en general ~200-250°C) y que sean buenos conductores de calor. Estos artículos son calentados simplemente por conducción mediante la flama o por el calor emitido de la resistencia eléctrica. Durante este proceso gran cantidad de energía se pierde hacia los alrededores en forma de calor por radiación o convección, y hace que éste proceso sea poco eficiente, ver Figura 2.

Por otro lado, durante el calentamiento por inducción, el material se calienta internamente a nivel subatómico mediante la magnetización y desmagnetización de los átomos. Este fenómeno produce un movimiento de alta frecuencia en los electrones y tomando en cuenta que el material posee cierta resistencia innata al movimiento de electrones, estos se calientan por efecto Joule y provocan el calentamiento por inducción de corrientes parásitas.

RE-MANUFACTURA SUSTENTABLE DE UTENSILIOS PARA COCINAS DE INDUCCIÓN CON RECUBRIMIENTOS FERROMAGNÉTICOS



Figura 2. En la figura, se muestra una comparación entre el principio de calentamiento por la técnica de inducción (arriba) y la convección forzada de la flama de gas (abajo). La técnica de inducción requiere de utensilios ferromagnéticos (de acero, acero inoxidable, o hierro)(arriba), mientras que la cocción tradicional puede ser muy efectiva en utensilios de aluminio (abajo). La inducción consiste en la generación de un campo magnético por parte de la plancha (bajo el vidrio aislante), que a su vez interactúa con el material ferromagnético produciendo corrientes parásitas que por efecto Joule generan calor. El principio de la flama, es calentamiento por convección poco eficiente.

Para que este proceso sea aplicable es necesario que la cocina de inducción posea un inductor, pero que al mismo tiempo, el material que va a ser calentado sea de tipo ferromagnético para lograr las sucesivas magnetizaciones y desmagnetizaciones de sus átomos, ver Figura 2. Tomando en cuenta que los artículos para cocinar actualmente son en su mayoría de aluminio, dado su bajo costo y facilidad de producción, es necesario que la comunidad adquiera nuevos artículos, ya que el aluminio no es un material ferromagnético y por lo tanto

no se calentará en las cocinas de inducción. Por lo tanto, en este proyecto proponemos aplicar solo una delgada capa de un material ferromagnético sobre los artículos de aluminio (sobre la base) para lograr el calentamiento por inducción.

Estudios preliminares de los autores han estado encaminados a determinar un espesor eficiente de la capa de recubrimiento a depositar. El costo de la solución dependerá de la cantidad de material depositado y por tanto del tiempo

de operación del equipo de termorociado, lo que involucra consumibles (gas, oxígeno, aire comprimido, etc) y materias primas (material de alimentación). El software de simulación de multifísica COMSOL ha sido utilizado para auscultar el calentamiento inicial de una placa de acero sometida a una densidad de corriente y frecuencia típica de cocinas de inducción. En la Figura

3 se observa la variación de la temperatura promedio en el recubrimiento en función del tiempo, considerando varios espesores. A medida que el espesor aumenta la temperatura máxima lograda en la capa es menor y el tiempo en llegar a la temperatura estable es mayor. En el inserto se ilustra la distribución de temperatura al término de 300 segundos, con un espesor de 0,3 mm.

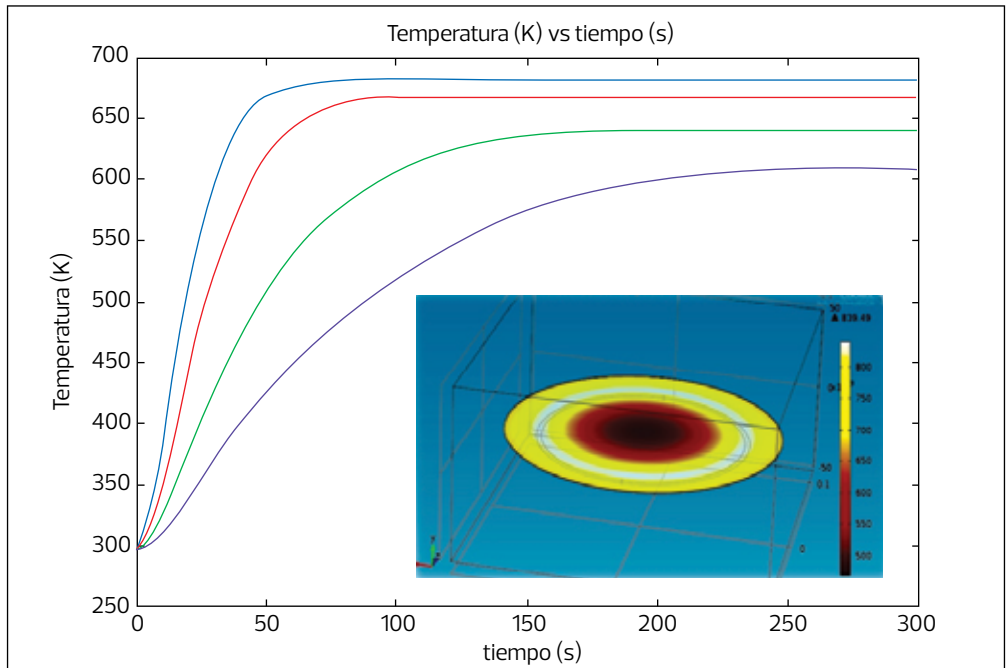


Figura 3. Respuesta a la inducción de una capa de recubrimiento de acero inoxidable. Se observa el comportamiento de la temperatura promedio en función del tiempo, luego de activar el flujo de corriente sobre el conductor de la hornilla. Se muestra el comportamiento de capas de diferente espesor. La temperatura adopta una distribución como se observa en el inserto de la derecha (caso de espesor 0.3 mm después de 300 segundos).

Tomando en cuenta los estudios realizados hasta el momento, la tendencia de acuerdo a la Figura 3 justifica optar por el mínimo espesor posible que se pueda aplicar con la máquina de termorociado, ya que esto nos

permitiría alcanzar mayores temperaturas en menor tiempo, y de la misma manera se reducirían costos de material de recubrimiento y costos de producción.

Sin embargo, se debe tomar en cuenta que en la práctica, las cocinas de inducción poseen sensores para determinar justamente la presencia de artículos de cocina de inducción sobre la estufa, lo cual permite que estas cocinas se apaguen en el caso de que no se encuentren este tipo de artículos sobre ellas. Los sensores descritos anteriormente trabajan midiendo la corriente que entra y sale de la hornilla de la cocina de inducción, es decir, cuando la corriente que entra y sale de la cocina es la misma, el sensor interpreta que no existe un objeto ferromagnético sobre ella, en cambio, cuando el sensor detecta una caída de corriente a la salida de la cocina lo interpreta como que sí existe un artículo ferromagnético sobre ella y la mantiene encendida.

Esta forma de detección tiene sentido debido a que al momento en que el circuito inductor (la cocina) induce corrientes parásitas en el circuito inducido (artículo de cocina de material ferromagnético) se produce una variación de corriente en el primer circuito y esa variación mide el sensor para determinar la presencia o ausencia de artículos de cocina. Debido a la presencia de estos sensores es necesario que la cantidad de recubrimiento ferromagnético que se va aplicar sobre los artículos de cocina tenga el espesor suficiente para producir una variación de la corriente en el circuito que sea medible por los sensores. Es por esta razón que se debe encontrar un espesor mínimo necesario

que otorgue un equilibrio entre eficacia y eficiencia, por un lado del recubrimiento, y por el otro que sea funcional aplicarlo.

Es importante también tomar en cuenta que el recubrimiento que se utilice debe ser de un material que no se oxide y no se corroa fácilmente debido a que puede estar expuesto a agua y minerales (por ejemplo, sal) rutinariamente. Para prevenir estos defectos se puede aplicar el recubrimiento de un solo material ferromagnético que sea inoxidable o también se pueden aplicar multicapas de material, alternando entre materiales ferromagnéticos que no sean inoxidables y materiales que sean inoxidables pero no ferromagnéticos. Para determinar el método de aplicación se debe tomar en cuenta el costo de cada uno de los materiales a utilizar con el fin de lograr el mejor rendimiento entre costo-beneficio.

Al tomar en cuenta estos parámetros iniciales, tanto físicos como funcionales, se propone utilizar un espesor entre 0,3 mm y 1 mm que sea únicamente de acero inoxidable, esto justamente como primera aproximación. Al continuar con las simulaciones, pruebas reales y realizar los estudios económicos, los valores pueden variar en el futuro, así como el proceso de recubrimiento (termorociado por flama o por arco eléctrico) o el material escogido para el recubrimiento (capa de un solo material o multicapas, por ejemplo acero bajo carbono con recubrimiento final exterior de acero inoxidable).

► Problemática a abordar

El cambio de la matriz energética en el Ecuador ha llevado al cambio de cocinas de gas a cocinas de inducción en los hogares. El uso de los artículos de cocina actuales (ollas, sartenes, etc.) se volverán obsoletos debido a que sus componentes carecen de elementos ferromagnéticos. Es por ello que los hogares se verán obligados a adquirir nuevos artículos de cocina que posean materiales ferromagnéticos, incrementando de esta manera el costo. Por lo tanto, es necesario innovar en maneras de reducir este costo; una forma puede ser aplicar recubrimientos ferromagnéticos a los artículos de cocina actuales para lograr su funcionamiento en las cocinas de inducción.

Una opción identificada es la de incrustar una placa de acero en la base del utensilio de aluminio, a fin de que éste produzca la inducción. Esta es una opción válida y relativamente económica, pero se limitaría a la producción de nuevos utensilios y al uso de maquinaria industrial capaz de incrustar la placa de acero con una prensa de alto tonelaje. No todos los productores artesanales están en condiciones de renovar sus procesos.

La opción del recubrimiento por termorociado es más versátil dado que permite re-manufacturar utensilios, producir utensilios en distintos tamaños y formas (en el caso de incrustar una placa,

se necesitaría una matriz para cada diseño de olla), e inclusive abre la opción de diseñar recubrimientos con formas variadas, que podrían usarse como decoración. El proceso del termorociado es un proceso tecnológico sencillo y fácil de implementar, puede considerarse comparable a un proceso de soldadura tradicional. Este proceso lo podría realizar un taller metalmeccánico o implementarse en las empresas de producción de utensilios.

► Metodología y Herramientas

Debido a que la idea que se propone en este proyecto es nueva y única no se tienen referencias a partir de las cuales se pueda reproducir una experiencia pasada o con la cual se pueda tener un punto de partida. Es por esta razón que la metodología que se va a utilizar es propia del grupo y toma en cuenta los requisitos necesarios que se deben cumplir para que el proyecto funcione tanto en la teoría como en la práctica.

El primer paso ejecutado en este proyecto fue la revisión bibliográfica acerca de los principios físicos y la elaboración de cocinas de inducción para entender el principio de inducción magnética y el funcionamiento de las cocinas.

A continuación se realizó una experimentación exploratoria para percibir directamente cómo funciona el calentamiento por inducción, medir temperaturas de calentamiento, tiempos e

inspeccionar los artículos de inducción que se utilizan actualmente. Luego de esto, se realizó un prototipo del artículo de cocina de inducción aplicando el recubrimiento ferromagnético (muestra de sartén con recubrimiento de acero inoxidable- ver Figura 4) para validar el principio físico de la idea propuesta.

Una vez que se ha validado el principio físico se procedió a investigar acerca del alcance comercial de la idea-proyecto e inmediatamente después se inició con

la optimización del proceso mediante simulaciones computacionales para lograr obtener el producto más económicamente rentable que se pueda. Dentro de estas simulaciones se procede a investigar los espesores óptimos necesarios del recubrimiento y el método de aplicación que resulte más rentable.

Como siguiente etapa se procederá a realizar pruebas reales con los espesores que mejor desempeño hayan logrado en las



Figura 4. La figura muestra utensilios de cocina hechos de aluminio como materia prima: (arriba-derecha) se muestra una olla con inserto de acero inoxidable en la base para producir la inducción, (arriba-izquierda) se muestra el acabado superficial de la base de una olla de aluminio sin inserto; (abajo-derecha) se observa la prueba exploratorio de depósito de un recubrimiento de acero inoxidable por termorociado; y (abajo-izquierda) se muestra el recubrimiento sobre la base de una sartén.

simulaciones para verificar que en realidad funcionen correctamente. Haciendo uso de las probetas utilizadas anteriormente, se verificará el estado del material utilizado como recubrimiento, por ejemplo: espesor, metalografía y adherencia. Después de haber determinado que el material que se va a aplicar funciona correctamente y cumple con los parámetros necesarios de funcionamiento, se realizará un análisis de costos general al proceso para determinar su viabilidad en la industria. Finalmente se procede a realizar pruebas de campo y transferencia de tecnología para obtener el mejor proceso posible y económicamente más rentable.

➤ Soluciones propuestas

Principalmente, lo que se desea en este proyecto es viabilizar el cambio de utensilios de cocina de aluminio a utensilios de inducción de aluminio con una capa delgada de recubrimiento ferromagnético. El objetivo principal es bajar el costo de los nuevos artículos de cocina que van a usarse en las cocinas de inducción con el fin de lograr el mínimo impacto económico en las familias.

Por otro lado, el proyecto es atractivo desde el punto de vista de producción ya que se evitaría utilizar grandes placas de acero inoxidable o hierro y simplemente aplicar capas (en micras) de este material pero con el objetivo de obtener resultados similares gastando menos dinero y material.

Si bien los procesos de fabricación de artículos de inducción ya están patentados y existe gran cantidad de información sobre ellos, y así mismo el proceso de termorociado ya es utilizado en la industria, la aplicación a la cual se orienta la idea en este proyecto no tiene una patente previa por lo que es única e inclusive patentable (existe una patente relacionada-ver bibliografía, pero no utiliza la tecnología propuesta en este proyecto).

Además, se debe considerar que este método de fabricación es sustentable por el poco impacto económico que representa y sus bajos costos. Inclusive reduce la huella de carbono dado que no es un proceso de reciclaje (el cual conlleva un alto consumo energético y provoca polución) que sería necesario para las millones de ollas de aluminio obsoletas. Por lo tanto, el método se basa en reutilizar los artículos que actualmente ya se están utilizando en los hogares, con lo cual no se necesita producir (o no necesariamente) nuevos artículos y se reduce la huella de carbono que tendría la fabricación de estos artículos.

➤ Viabilidad

Este proyecto es económicamente viable dado que los nuevos artículos de cocina para las cocinas de inducción serán bastante más caros que los existentes actualmente en el mercado. Por lo tanto, si se ofrece una opción económicamente

más conveniente es muy probable que la gente de mediano y bajos ingresos tome en cuenta esta alternativa. Además de esto, el hecho de que el subsidio al gas desaparezca provocará que todas las familias deban a corto o mediano plazo cambiarse a cocinas de inducción, por lo que de una u otra manera las familias van a tener que comprar los nuevos artículos de cocina o utilizar nuestra propuesta.

Es importante tomar en cuenta que este proyecto no solo beneficia al consumidor reduciendo el precio de los artículos, sino que también, puede interesar a los productores artesanales de ollas y sartenes dado que el método de producción propuesto anteriormente no necesita de gran maquinaria ni que sea costosa, que es justamente la que están utilizando las grandes empresas de conformado/troquelado para fabricar los artículos de inducción. Simplemente se necesita de una máquina de termorociado que es mucho más fácil de adquirir y de montar. Este método de fabricación al ser más barato que el convencional ayudaría a que los productores artesanales puedan producir estos artículos de una manera más barata y se vuelvan competitivos en el mercado.

Ambientalmente nuestra propuesta también es interesante, dado que el proyecto se basa en utilizar finas capas de material ferromagnético, en el orden de micras, y no grandes placas de este mismo material.

➤ Conclusiones

Se puede apreciar que el método de recubrimiento para lograr combinar los artículos de cocina de aluminio existentes con finas capas de acero inoxidable o hierro, en función de permitir el calentamiento por inducción, es económicamente viable dada la implementación actual de cocinas de inducción en los hogares ecuatorianos. El método explicado anteriormente también muestra un alto grado de desarrollo ingenieril por lo cual su implementación es confiable, funcional y real, y no solo teórica.

Este procedimiento no solo beneficiará a las familias, sino que también a los productores artesanales de cocinas y ollas, ya que podrán seguir fabricándolas a bajo costo y permitirá mayor competencia en el mercado, lo cual a la final beneficia directamente a los consumidores. Desde el punto de vista ambiental también se vuelve atractivo dado que en vez de fabricar nuevos artículos de cocina se puede utilizar los existentes, disminuyendo la huella de carbono.

➤ Consideraciones finales

El proyecto se enmarca dentro del proyecto marco de Re-manufactura de componentes, para el salvataje de componentes que por falta de adecuada tecnología son desechados, por ejemplo: blocks de motor, herramientas de perforación de pozos petroleros, etc.

➤ Referencias Bibliográficas

Cengel, Y., & Boles, M. Termodinámica. (2008). México. Mc Graw Hill.

Groover, M. Fundamentals of modern manufacturing. (2007). United States of America. 3th ed. Wiley.

Beer, F., Russell E., DeWolf, J., Mazurek, D. Mecánica de Materiales. (2010). México. 5th ed., Mc Graw Hill.

Giancoli, D. Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol II. (2009). México. 4th ed. Prentice Hall.

Griesmer, A. Inductive Heating of a Billet Simulation Tutorial. (2013). Internet. <http://www.comsol.com/blogs/inductive-heating-billet-simulation-tutorial/>. Recuperado: 09 de Julio 2014.

Foley, A. Multiphysics Simulation helps Miele To Optimize Induction Stove Designs. (2013). Internet http://www.comsol.com/story/download/179755/Miele_CN2013.pdf. Recuperado: 09 de Julio 2014.

Madhusoodanan, K. Finite element simulation of Induction heating of a tubular geometry. (2012). Internet http://www.comsol.com/offers/conference2012papers/papers/file/id/13570/file/16233_madhusoodanan_paper.pdf.

Recuperado: 10 de Julio 2014.

Telkomnika, K. Induction Heating Process Design Using Comsol Multiphysics Software. (2011). Internet <http://telkomnika.ee.uad.ac.id/n9/files/Vol.9No.2Agt11/1RP9.2.08.11.08.pdf>.

Recuperado: 10 de Julio 2014.

Lund, R. T. – (January 1985) Remanufacturing: The Experience of the United States and Implications for Developing Countries, World Bank, UNDP Project Management Report No. 2.

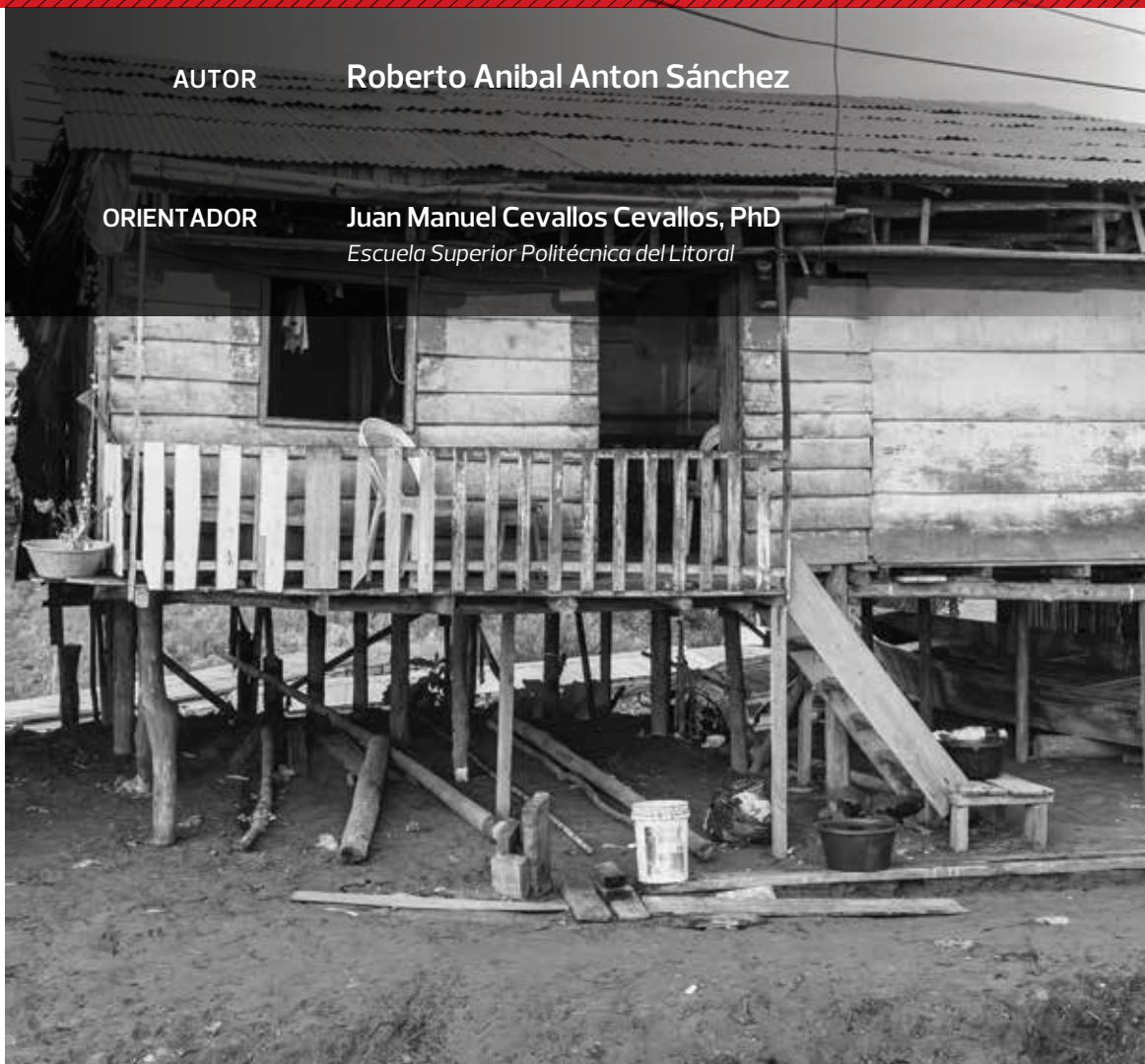
Hauser, W. M. and Lund, R. T. (May 2008) Remanufacturing: Operating Practices and Strategies, Boston University. Available through www.bu.edu/reman


Imura Mamoru. Induction cookware with ferromagnetic coating and coating method. Patente. WO 2006050490 A3. 2005.

USO SOSTENIBLE DE RECURSOS BIOLÓGICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS Y DESARROLLO DE LAS COMUNIDADES RURALES DEL LITORAL ECUATORIANO

AUTOR **Roberto Anibal Anton Sánchez**

ORIENTADOR **Juan Manuel Cevallos Cevallos, PhD**
Escuela Superior Politécnica del Litoral





El Ecuador es uno de los países megadiversos del mundo, pero a pesar de la alta variedad en recursos disponibles existen alrededor de 5 millones de personas en estado de pobreza y casi el 10% de la población no cuenta con una vivienda construida de materiales firmes como ladrillo u hormigón. Para la construcción de viviendas firmes se necesitan materiales de construcción muy costosos y que causan un impacto negativo en el medio ambiente. Las propiedades de capacidad de carga estructural de una vivienda dependen en gran parte del contenido de cemento, ya que a mayor cantidad de cemento más resistente será la construcción, pero los costos y el impacto negativo al medio ambiente será también mayor. Para aumentar la resistencia de las construcciones y reducir el uso de materiales costosos se suelen emplear minerales a base de calcio. Sin embargo, la producción de estos minerales es costosa y produce también impactos negativos en el medio ambiente.

Como parte de este proyecto, hemos evaluado microorganismos de los suelos de una zona rural de la costa ecuatoriana y su capacidad de producir carbonatos de calcio de alta calidad, que al ser introducidos en la mezcla de hormigón lograron aumentar la resistencia del mismo en un 24% al precipitar carbonatos de calcio en los poros del cemento hidratado utilizando el CO₂ ambiental. Por lo tanto, el uso sostenible de este recurso biológico contribuiría con el desarrollo socioeconómico y protección ambiental de las zonas rurales. Para volver la idea realidad, se desarrolló un modelo sustentable basado en la producción de aditivos biológicos en las zonas rurales. Esto tuvo como meta el desarrollo de las comunidades y la reducción del impacto ambiental debido a la disminución del consumo de cemento y del CO₂ atmosférico.

➤ **Objetivo General**

Aportar al desarrollo sostenible de las comunidades rurales del litoral ecuatoriano mediante el aprovechamiento de sus recursos biológicos para la construcción de viviendas.

➤ **Objetivos Específicos**

- Eje socioeconómico.- Contribuir al desarrollo de las zonas rurales del litoral ecuatoriano mediante el aprovechamiento de sus recursos biológicos y la elaboración sostenible de viviendas de alta calidad y bajo precio. Capacitar a las comunidades rurales para la formación de microempresas dedicadas a la producción sostenible de aditivos biológicos para su uso en construcción.

- Eje Inclusión.- Contribuir a una mayor inclusión de la familia en las comunidades rurales mediante la ejecución de capacitaciones en temas relacionados con sostenibilidad, medio ambiente y vivienda. Fomentar una interacción entre las comunidades rurales y las universidades o centro de investigación para la solución de problemas relacionados con el desarrollo.

- Eje Ambiental.- Diseñar un proceso de aprovechamiento de recursos biológicos y elaboración sostenible de viviendas que reduzca las emisiones de calor y de CO₂, además de reducir el consumo de materiales sin afectar la calidad de las viviendas.

- Eje Innovación.- Combinar varias ramas de la ciencia para el aprovechamiento sostenible de recursos biológicos para el diseño de procesos que se catalogan como amigables con el medio ambiente, siendo transferibles a cualquier ubicación donde se vaya a construir.

- Eje Prosperidad.- Diseñar un método de autofinanciamiento para que las comunidades puedan convertirse en microempresarios en la rama de desarrollo sostenible de productos para viviendas y construcción.

- Eje Habilidad.- Desarrollo de mayores resistencias a la compresión del concreto a través de reducción de agua y agregando un aditivo biológico sostenible.

➤ **Alcance**

El proyecto está dirigido a contribuir al desarrollo sostenible de comunidades que presentan un déficit de viviendas de calidad, además de sus bajos recursos económicos.

El proyecto tiene un enfoque en las zonas rurales de la región litoral del Ecuador. Se estima que alrededor de 5 millones de ecuatorianos viven en condiciones de pobreza y casi el 10% no cuenta con una vivienda adecuada. Además, las altas temperaturas y niveles de humedad de la zona son causantes de deterioro de las viviendas de las comunidades rurales. Sin

embargo, las condiciones ambientales de dichas zonas rurales facilitan la alta diversidad de microorganismos y la presencia de bacterias precipitadoras de carbonato de calcio de alta calidad e inocuas para los seres humanos. Gracias al hecho que los componentes biológicos del aditivo pueden ser aislados, mantenidos, multiplicados (siempre y cuando se reúnan las condiciones necesarias) y usados, el proyecto puede ser transferido con mínimos requerimientos a gente de áreas rurales con altos niveles de pobreza.

➤ **Fundamento Teórico**

Los materiales de construcción utilizados para viviendas y otros tipos de obras civiles consisten en una mezcla de materias primas que proveen características de resistencia a la mezcla final, como en el caso del hormigón. Sin embargo, la presencia de minerales a base de calcio puede aumentar la resistencia de las mezclas de hormigón y reducir el uso de las materias primas costosas. Por lo tanto, el fundamento teórico de este proyecto se basa en los procesos propios del hormigón y de mineralización respectivamente.

Hormigón

El hormigón es un material artificial de origen pétreo obtenido de la mezcla en proporciones determinadas de cemento, agregados, agua, y en algunos casos, adiciones y/o aditivos. Una vez combinados,

el hormigón entra en su primer estado de agregación de la materia: un estado de transición entre líquido a sólido que depende de la proporción de cada uno de los componentes según el diseño de la mezcla. Conforme pasa el tiempo, el concreto entra al segundo estado de agregación de la materia: el estado sólido, donde la capacidad de soportar cargas a compresión axial, flexión, cortante, entre otras, aumenta conforme incrementa la edad de solidez. El proceso de hidratación del concreto influye en la capacidad de soportar estas cargas. El intercambio de agua dentro del hormigón con el agua en el ambiente juega un gran papel en este proceso. Aquí es donde entran las acciones de curado del hormigón, donde se proporciona agua al hormigón una vez endurecido para que no pierda el agua que se ha dosificado.

El curado es la acción de mantener el contenido de humedad y temperatura del hormigón en un rango de calidad que debe variar desde aceptable hasta excelente. Si estos dos parámetros no están en este rango el hormigón bajará su calidad, ocasionando una disminución de sus propiedades físico-químicas. El objetivo del curado se concentra en la pérdida de agua que interviene en la relación agua/cemento usada en el diseño de mezclas. Esta pérdida ocurre por varios factores: alta velocidad del viento, baja temperatura del aire, alta temperatura del hormigón, baja humedad relativa, entre otros.

Biomineralización

La mineralización de las mezclas de hormigón puede aumentar la resistencia de dicho material y reducir el uso de las materias primas costosas. La mineralización se la puede realizar mediante el uso de aditivos químicos, aunque recientemente el concepto de mineralización biológica está siendo explorado. La biomineralización es un proceso inducido de manera biológica, en donde se crea un medio ambiente microscópico que permite obtener una precipitación química óptima de fases minerales, lo cual favorece a la protección y consolidado de materiales de construcción. La calcificación y polimerización suceden comúnmente en la naturaleza, como por ejemplo en los arrecifes de coral. Los microorganismos depositan cristales de carbonato de calcio, los cuales unen las partículas de sustrato y de esta manera reducen la porosidad dentro de estas partículas, aumentando así su resistencia. Además, la precipitación biológica inducida de carbonato de calcio posee enorme potencial para aplicaciones ambientales, como fijación del CO₂ atmosférico a través de formación y litificación de sedimentos de carbonato y precipitación de dolomita, y captura de contaminantes inorgánicos. Por lo tanto, el uso de microorganismos biomineralizantes podría contribuir al aumento de la resistencia de los materiales de construcción, una disminución en el uso

de las materias primas y la reducción de los niveles de CO₂ del medio ambiente.

Ecuador ha sido recientemente declarado como un país megadiverso. Debido a sus condiciones ambientales, el Ecuador cuenta con especies de microorganismos únicos de su hábitat. Por lo tanto, el Ecuador posee microorganismos biomineralizantes como parte de sus recursos naturales que no se encuentran en otras partes del mundo.

➤ Problemática a abordar

Según los últimos censos, existe un gran porcentaje de familias en comunidades rurales que no tienen una vivienda propia, sólida y firme y que mantienen a sus familias en viviendas tipo chozas. Incluso, a nivel nacional, casi el 10% de las viviendas son del tipo rancho, covachas o chozas. Esto causa diversos tipos de problemáticas de índole económica, energética, ambiental y social.

Problemática económica

En el Ecuador, alrededor de 5 millones de personas viven en condiciones de pobreza. La mayoría de estas personas se encuentran en las zonas rurales del país, especialmente de la costa ecuatoriana. La pobreza trae como consecuencia problemas más graves en salud, nutrición y educación. Los conceptos de producción y productividad en la actualidad, pueden tener consecuencias

negativas para las comunidades y casi siempre favorecen a quienes tienen mayor ingreso económico. Mientras más alto sea el ingreso económico de un individuo, mayor es su capacidad para producir. Esto desfavorece a las comunidades rurales, quienes muy difícilmente podrán alguna vez emprender un negocio propio aprovechando sus recursos. Asimismo, las zonas rurales tienen un número muy limitado de opciones de ingreso económico, casi siempre basados en prácticas agrícolas con ganancias muy reducidas. Sin embargo, el acceso a zonas rurales de alta diversidad de recursos puede representar una alternativa para aumentar los ingresos dichas comunidades.

Los materiales que son utilizados en la construcción poseen un alto valor económico que impide que las comunidades en áreas rurales con altos niveles de pobreza accedan a la compra de estos materiales, y por consiguiente, a tener una vivienda digna. Además, las pocas familias que con esfuerzo pueden acceder a la compra de estos materiales, no pueden luego incurrir en los costos de reparación de grietas formadas por asentamientos o temblores.

Existen en estudio varias opciones para reducir el consumo de materiales de construcción, sin embargo, en el esquema de construcción actual estos medios no se consideran a escala global debido a su baja sostenibilidad, alto impacto ambiental y a la

dificultad de tener a la mano materiales de reemplazo con bajo valor económico.

Problemática ambiental

El medio ambiente es uno de los principales afectados en la mayoría de los sistemas de producción. En la fabricación y uso de viviendas, el aumento del consumo de energía, consumo de materiales y emisiones de CO₂, afectan de manera negativa al medio ambiente. La emisión de CO₂ es una de las principales causas del efecto invernadero o calentamiento global que afecta a todos los ecosistemas de nuestro planeta. La inclusión de un proceso que reduzca los niveles de CO₂ ambiental es importante en el desarrollo de cualquier proyecto de sostenibilidad.

Ecuador posee cuatro regiones con condiciones geográficas y climáticas distintas. En las regiones más calurosas es imprescindible el consumo de energía eléctrica por motivo de mitigar el aumento de temperatura dentro de las viviendas a través del uso de ventiladores o aires acondicionados. Dentro del diseño de vivienda se considera este factor y por ende se requiere conseguir materiales de construcción que ayuden a regular la temperatura de las residencias o edificaciones y así, disminuir el consumo energético.

En el caso de existir asentamientos o algún tipo de grietas ocasionadas por sismos,

su reparación es costosa. Los productos usados en la actualidad para reparar estas grietas son procesados en fábricas con químicos, los cuales producen un excedente contaminante. Son necesarios métodos de reparación de grietas que sean amigables con el medio ambiente, donde los resultados sean beneficiosos tanto económica como ambientalmente.

La obtención de cemento y agregados dependen de la explotación de canteras para la obtención de caliza, basalto, granito, entre otros minerales, que contribuyen a la capacidad de carga del concreto. Se requiere reducir la explotación para disminuir la pérdida de hectáreas de fauna en las canteras.

Problemática social

El desarrollo de las comunidades depende en gran medida de los ingresos que obtengan. La falta de ingresos es uno de los principales causales de problemas más graves, como falta de salud, nutrición y educación. Las familias de las zonas rurales no poseen actividades fijas que produzcan ingresos constantes y con eso poder cubrir sus necesidades básicas.

Asimismo, se evidencia en gran medida una falta de inclusión de las comunidades rurales en el sistema de investigación y desarrollo de las universidades, quienes muchas veces se dedican a realizar

estudios con poco grado de aplicabilidad en las comunidades.

➤ Metodología y Herramientas

Metodología

La metodología propuesta consiste en capacitaciones a las comunidades rurales, producción sostenible de recursos biológicos, y comercialización de los mismos en forma de producto.

Para este proyecto la metodología y herramientas a utilizar se dividen en dos: escala de laboratorio y escala de campo. Los métodos de escala laboratorio solo deben ser realizados al iniciar el proyecto mediante acuerdos o convenios con universidades o centros de investigación, para lo cual, los miembros de las comunidades deberán enviar sus muestras a las universidades que puedan realizar el análisis de forma gratuita o a menor costo. Luego de esto, los métodos a escala de campo serán implementados continuamente en cada una de las comunidades rurales. Por lo tanto, estos métodos serán los de menor costo y de fácil aplicación. Entre las metodologías tenemos:

Escala de laboratorio (solo al inicio del proyecto):

Se lo realizará con ayuda de las universidades o centros de investigación. Esta etapa es de bajo costo, por lo que se

lo puede hacer de forma gratuita como servicio a las comunidades. Consiste en:

- **Método de muestreo ambiental:** Se toman muestras de los suelos rurales de poca afluencia o presencia del hombre. Cada muestra será pesada y mezclada con medios de cultivo que proveen los nutrientes necesarios.
- **Método de aislamiento:** Luego se aislarán los microorganismos y se transferirán a otro medio de cultivo especializado que permita observar la formación de cristales de carbonato de calcio.
- **Método de bioprospección:** Finalmente, se seleccionarán las cepas con mayor producción de cristales de carbonato de calcio para la elaboración de diferentes tipos de morteros para hormigón. Las mezclas serán sometidas a pruebas de resistencia a la compresión y de porosidad de estos materiales.

Escala de campo (ejecución continua en zonas rurales):

- **Método de producción sostenible:** Los microorganismos productores de carbonato de calcio, identificados a nivel de laboratorio, serán multiplicados en tanques plásticos de 500L utilizando desechos agrícolas esterilizados como estiércol, residuos de plantas, cenizas, etc. Los desechos agrícolas poseen una alta

cantidad de nutrientes que permiten la producción masiva de microorganismos.

- **Método de empaque y comercialización:** El empaque se lo podrá realizar en botellas plásticas recicladas.

Herramientas

A nivel de laboratorio la observación de biomineralización se efectúa mediante el uso de un microscopio. La resistencia a la compresión se evalúa gracias a la máquina de resistencia a la compresión descrita en la norma ASTM C 109 para especímenes de mortero y ASTM C 39 para especímenes de concreto. La porosidad de las muestras se analiza mediante pesajes en balanza electrónica.

➤ Soluciones propuestas

En base a todo el conjunto de problemáticas expuestas anteriormente, se propone la creación de microempresas formadas por comunidades rurales de la costa ecuatoriana para realizar la producción de aditivos biológicos, cuyo núcleo son microorganismos vivientes que precipitan cristales de carbonato de calcio, reduciendo la porosidad microscópica del cemento y aumentando así su resistencia.

Como parte de este proyecto estos microorganismos se han encontrado en las zonas rurales de la costa ecuatoriana,

donde se presentan las condiciones ambientales propicias para su crecimiento. Debido a su naturaleza biológica los microorganismos se multiplican por sí mismo si tienen los nutrientes necesarios, lo que garantiza la sostenibilidad de la producción de los mismos. El ecosistema de donde se extraen dichos microorganismos no se verá afectado, ya que el muestreo del ecosistema solo se realizará una vez al inicio de la producción, luego de lo cual los niveles de microorganismos se restablecerán por sí mismos.

Las soluciones propuestas se dividen en las siguientes etapas:

- Capacitación a las comunidades rurales en temas técnicos, ambientales y administrativos: Se les enseñará los métodos de multiplicación de microorganismos utilizando desechos agrícolas esterilizados y tanques plásticos. Asimismo, se les enseñará conceptos básicos de administración y microempresas.
- Producción y monitoreo: Las comunidades empezarán la producción, el control de calidad y la comercialización de sus productos.

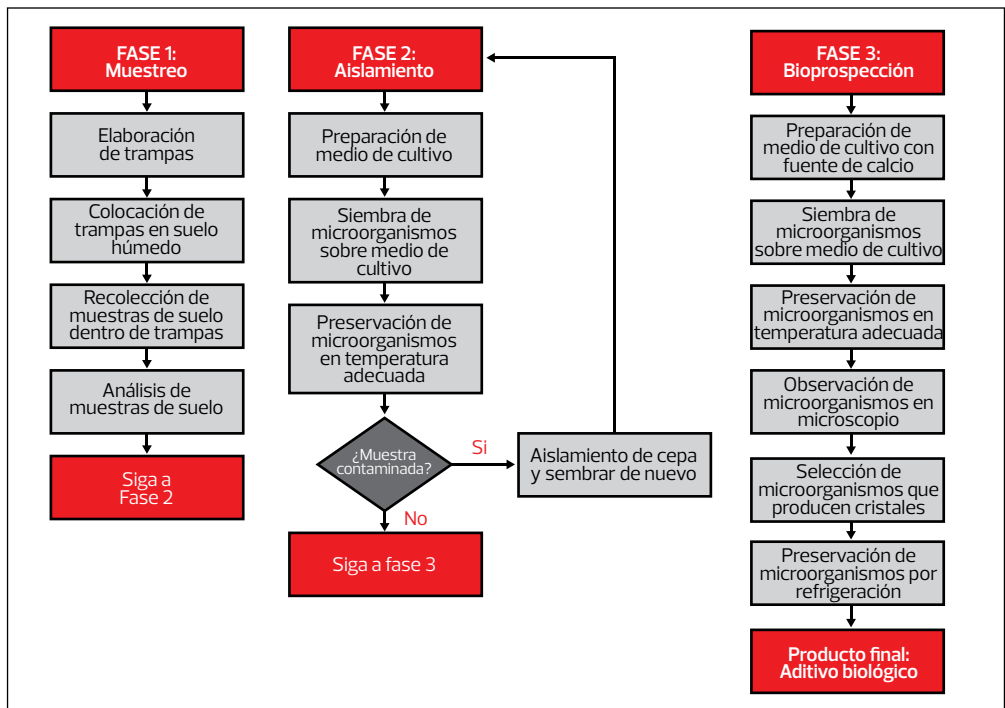


Figura 1. Diagrama de flujo de elaboración del aditivo biológico

El proyecto está destinado a dar las siguientes soluciones dentro del marco de la sostenibilidad:

Solución a la problemática económica

La producción y venta de aditivo biológico se puede efectuar mediante el sistema de microcréditos locales, explicado en el siguiente esquema:

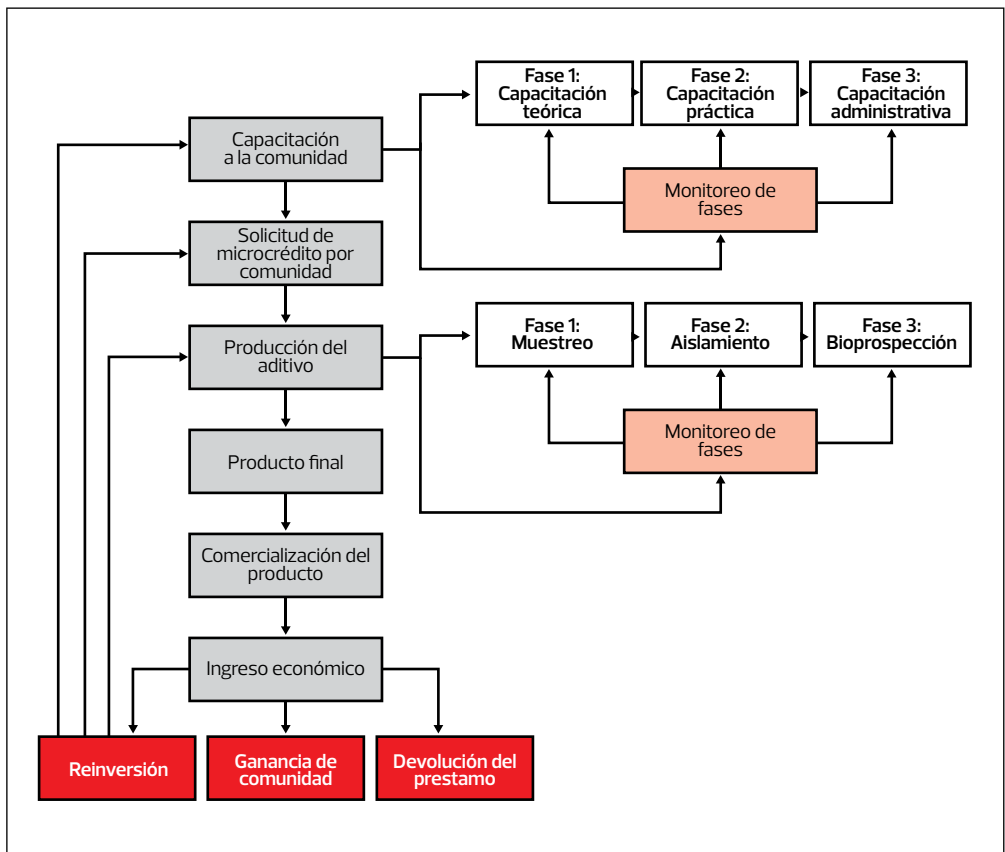


Figura 2. Diagrama de flujo de solución propuesta

La rama vertical (color gris) es la rama de procesos principales, compuesta de los productos más importantes del proceso productivo, desde su origen en la

capacitación de personal, hasta la venta del producto y posterior ingreso económico. Las ramas laterales (color blanco) comprenden fases internas de los procesos

principales. Cada fase tendrá un monitoreo realizado por uno o varios profesionales que se encargan de revisar que cada fase se realice de manera adecuada, llevando un riguroso control de calidad.

La rama inferior horizontal (color rojo) es la rama de beneficios adquiridos, compuesta por la ganancia adquirida para el personal, devolución del préstamo para el microcrédito y la inversión en mejora de los procesos principales.

El sistema no será lineal, sino más bien cíclico, porque a través de la reinversión todo regresa a la capacitación de más comunidades que solicitarán microcréditos; además de que el personal y los ingresos irán aumentando conforme termine cada ciclo. Cada una de las ramas del proceso se

encarga de mantener la inclusión social y el manejo ambiental.

El proyecto está centrado en el uso de materiales renovables, amigables con el medio ambiente y de bajo costo que puedan ser usados en la construcción, reemplazando componentes de mayor valor económico cuyo uso esté causando perjuicios al ecosistema, de manera que al tener determinado el contenido óptimo de estos materiales renovables, el beneficio económico será la reducción de costo del proceso constructivo de la vivienda.

Gracias a la experimentación realizada, el aditivo biológico ha demostrado que ayudará a disminuir el consumo de cemento, mientras que la resistencia a la compresión aumenta en un 24%.

Tabla 1.
Resultados de pruebas de aplicaciones con aditivo biológico

Aplicaciones sometidas a prueba	Rotura (días)	Tipo de curado	Absorción de Agua (gr) - Porosidad/ Aislamiento Térmico/ Sellado de Fisuras	Fc [kg/cm ²]	Efectividad Reducción de Vacíos	Efectividad Resistencia
Mortero	7	Agua	2,7	200	33,66%	16,50%
Mortero + aditivo	7	Agua	2,02	233		
Mortero	14	Agua	1,51	300	10,22%	15,00%
Mortero	14	Aditivo	1,37	345		
Mortero + aditivo	14	Aditivo	1,41	372	7,09%	24,00%
Mortero + fibra de caña guadua	7	Agua	4,34	80	19,23%	17,50%
Mortero + fibra de caña guadua + aditivo	7	Agua	3,64	94		
Cal + ceniza de cáscara de arroz + fibra de caña guadua	7	Agua	8,68	61	11,71%	16,39%
Cal + ceniza de cáscara de arroz + fibra de caña guadua + aditivo	7	Agua	7,77	71		



Figura 3. Experimentación con diversos materiales de construcción y curado de bacterias

Asimismo, se usará este aditivo biológico para reforzar el aporte que realizan agregados ambientales (plástico reciclado, madera de caña guadua, residuos de concreto). Todo esto trae como ventajas mayor ahorro de materiales de construcción mientras se cuida el medio ambiente.

Solución a la problemática energética

Se reducirá la porosidad de los materiales de construcción mediante el uso de aditivos biológicos, dentro de la mezcla y usándolo dentro del agua de curado. Al realizar un curado adecuado del material no solo contribuirá a la resistencia del material, sino que, al tratarse de bacterias que tienen nutrientes disponibles, se creará una bio-capa que, junto con la porosidad disminuida podrá aportar a la capacidad de aislamiento térmico que posee el material.

Es por esta razón que se recomienda también como solución, la aplicación de aditivos biológicos en la fabricación casera de bloques para la construcción

compuestos por una cantidad disminuida de cemento, o combinación de suelo, caña guadua y agregados reciclados. No solo se tendrá un material eco-amigable, sino que también se tendrá un material capaz de aislar el calor dentro de una vivienda, reduciendo de esta manera la necesidad de consumir energía para regular el calor.

Solución a la problemática ambiental

Se utilizará aditivos biológicos para poder reemplazar cierta cantidad de cemento necesario en la mezcla, se reemplazará los bloques de piedra pómez por bloques eco-amigables que contengan este aditivo para reforzar su capacidad, e inclusive se lo utilizará para reparar grietas de edificaciones. De esta manera se usará un producto natural para reemplazar productos o procesos de origen químico donde intervengan contaminantes sólidos, líquidos o atmosféricos, reduciendo la generación de estos.

Otra de las ventajas del uso del aditivo biológico es que usará la energía solar a través de la fotosíntesis para convertir el dióxido de carbono en carbonato de calcio recalcitrante. De esta manera se puede capturar el dióxido de carbono, contribuyendo al medio ambiente.

Solución a la problemática social

Gracias a que va de la mano con el enfoque económico y ambiental, se producirá

un ingreso económico constante para una comunidad rural con altos niveles de pobreza. Al incrementar el desarrollo económico se dará la posibilidad de incrementar el desarrollo social, erradicando factores como la exclusión.

Todo esto se realizará a través de un proceso, empezando por la motivación social dentro de todas las fases de capacitación, dando paso a la creación de programas de beneficios educacionales y sociales para la comunidad, y finalizando en una concientización ambiental de la comunidad, siempre aportando a la inclusión social.

Finalmente, se establecerá un vínculo fuerte entre las universidades y las comunidades rurales. Las universidades se beneficiarán de los resultados de investigación que se traducirán en reportes científicos que ayudan al desarrollo sostenible de las comunidades.

➤ Viabilidad

Esta propuesta es viable ya que los resultados obtenidos como parte de este proyecto demuestran un aumento en la resistencia del hormigón de un 24%, utilizando los microorganismos de las zonas rurales de la costa ecuatoriana (Tabla 1). Utilizando un microscopio se observó también la formación de cristales de carbonato de calcio, lo cual indica que se consumió CO₂ del ambiente durante el proceso. Los microorganismos son abundantes en la

naturaleza, en especial en Ecuador, país donde hay una enorme diversidad de especies. Por ende, la producción masiva sustentable y ambientalmente amigable de bacterias calcificantes es posible gracias a la capacitación de las comunidades y monitoreo de todo el proceso por profesionales con conocimientos de microbiología y administración de negocios, donde se usa el sistema de microcrédito por comunidades.

El producto no solo ha demostrado trabajar bien con el cemento, sino también con materiales amigables con el medio ambiente, e incluso existe la posibilidad que refuerce la capacidad estructural de bloques, aplicación que fue motivo de investigación y se demostró que efectivamente la bacteria aporta en gran medida a la resistencia de cemento, agregados naturales como caña guadua e incluso sirve para realizar bloques de construcción hechos tan solo de suelo areno-arcilloso o residuos de caña que trabajan como si fueran un bloque de piedra pómez. Esto trae como beneficio la reducción de costos de materiales de construcción, específicamente cemento, ya que puede reducir el consumo de este a favor de mayor resistencia.

La producción de microorganismos no tiene ninguna consecuencia con el medio ambiente, porque se realiza de manera natural al no realizar acciones que perjudiquen el mismo suelo donde se producirán las bacterias. Tampoco

tiene consecuencias negativas para las comunidades rurales.

➤ Conclusiones

El proceso de elaboración de aditivos biológicos contribuye con la protección del medio ambiente. Debido a que la fuente del producto son microorganismos, el producto demuestra ser renovable y amigable con el medio ambiente.

El método propuesto para producir y comercializar el aditivo biológico es cíclico y no es lineal, por lo tanto da la oportunidad de desarrollar los niveles económicos de las comunidades más pobres, sobre todo si el producto apunta a un área como la construcción, donde siempre será necesario el uso de aditivos.

El aditivo biológico demostró que puede mejorar las propiedades físico-químicas de los materiales de construcción, por lo tanto resulta viable para reducir el consumo de materiales que no sean renovables, preservando así el medio ambiente, que es afectado por la producción de materiales de construcción cuya materia prima no sea renovable y en donde intervengan químicos contaminantes. Al desarrollar los programas de capacitación y concientización ambiental, y al proveer de beneficios a las comunidades más pobres, se garantiza una inclusión y desarrollo social que permita a las comunidades rurales incrementar no solo su capacidad económica,

sino sus conocimientos de educación, temas de vivienda, biodiversidad, ambiente, aditivos biológicos, etc.

Las aplicaciones en construcción del aditivo biológico son varias, ya sea para uso en suelos y cemento, e incluso para poder ayudar a reducir el consumo energético gracias a su aporte de aislamiento térmico. Esto conecta las diferentes ramas de sostenibilidad al aportar no solo con la captura de carbono o reduciendo el consumo eléctrico, sino también a cuidar el medio ambiente y contribuir al desarrollo socio-económico.

➤ Consideraciones finales

El proyecto tiene una alta probabilidad de éxito debido a que en las pruebas preliminares se logró comprobar que el aditivo biológico cumplió con los requerimientos técnicos de incrementar propiedades de materiales que sean importantes para la construcción.

A pesar que la materia prima es renovable y está disponible a la mano, las aplicaciones como bloques con aditivo biológico deben ser analizadas mediante un estudio económico para determinar sus precios de venta. Debido a las condiciones climáticas y de biodiversidad a lo largo de la costa ecuatoriana, la factibilidad de ejecución de este proyecto en la región litoral es muy alta. La aplicabilidad de este proyecto en las otras regiones ecuatorianas debe ser evaluada por separado.

➤ Referencias Bibliográficas

Instituto nacional de estadísticas y censos INEC. Censos de vivienda.
<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/>

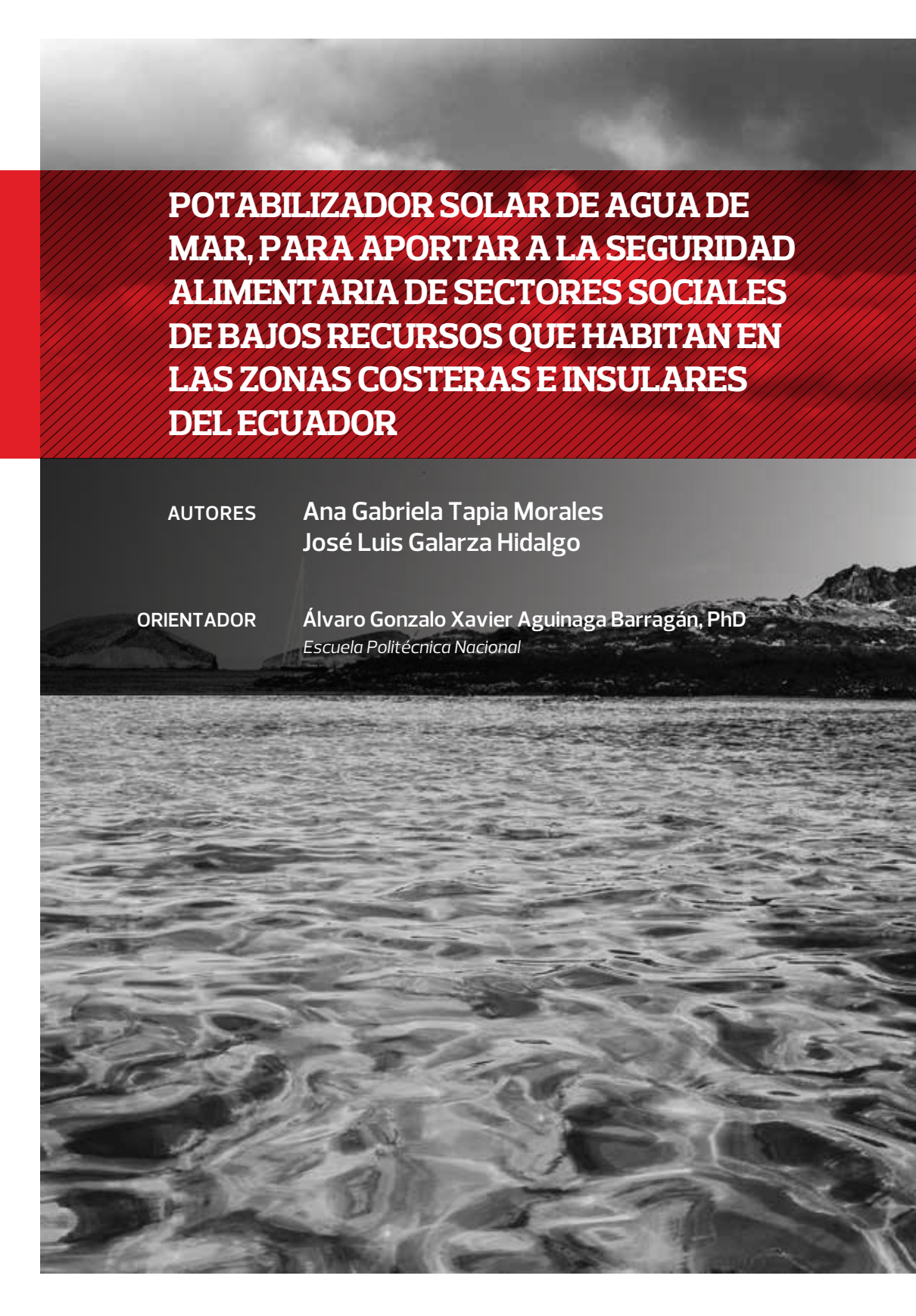
Instituto nacional de estadísticas y censos INEC. Estadísticas sociales.
<http://www.ecuadorencifras.gob.ec/actividades-y-recursos-de-salud/>

Instituto nacional de estadísticas y censos INEC. Estadísticas económicas. <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-nacional-economico/>

Neville, A. M. (2012). "Properties of concrete, 5th edition". Trans-Atlantic Publications, Inc.

Sánchez de Guzmán, D. (2002). "Durabilidad y patología del concreto". Asocreto.


Dhami, Reddy and Mukherjee. (2012) "Biofilm and Microbial Applications in Biomineralized Concrete". Thapar University. Patiala, India.



**POTABILIZADOR SOLAR DE AGUA DE
MAR, PARA APORTAR A LA SEGURIDAD
ALIMENTARIA DE SECTORES SOCIALES
DE BAJOS RECURSOS QUE HABITAN EN
LAS ZONAS COSTERAS E INSULARES
DEL ECUADOR**

AUTORES Ana Gabriela Tapia Morales
José Luis Galarza Hidalgo

ORIENTADOR Álvaro Gonzalo Xavier Aguinaga Barragán, PhD
Escuela Politécnica Nacional



El agua cubre tres cuartas partes de la superficie terrestre. De esa cantidad tan sólo un 2,5% es agua dulce. En nuestro país la escasez de agua apta para el consumo humano en zonas áridas de la costa y sobre todo en la región insular, constituye un gran problema, por lo que la implementación de un sistema que permita desalinizar el agua de mar mejorará considerablemente la calidad de vida de nuestros conciudadanos.

El agua es fundamental para la seguridad alimentaria y el buen vivir. La vida sin agua es imposible, por lo cual es necesario generar, adaptar y difundir conocimiento científico y tecnológico que permita un acceso seguro al agua potable.

Para aportar soluciones a esta grave problemática, en este proyecto se realiza el análisis y síntesis de la problemática actual de la falta de agua potable en sectores costeros e insulares de nuestro país, y se propone un modelo de sistema para potabilizar el agua del mar utilizando la energía radiante del sol en un proceso de evaporación, destilación y condensación del agua salada. Se construye un prototipo en el que se realizan las respectivas pruebas y ensayos que permiten validar la investigación. Se realiza también el análisis, demostrándose que el proyecto es viable, sostenible y de alta eficiencia energética.

El proyecto está dirigido a sectores sociales de bajos recursos de las zonas costeras e insulares del Ecuador, por lo que se utilizan materiales, componentes y equipos de bajo costo; algunos reciclados, lo que permite obtener un sistema de bajo costo.

También se desarrolla una metodología y procedimientos que posibilitarán la aplicación y comercialización de estos sistemas en el Ecuador mediante emprendimientos, principalmente de jóvenes ingenieros.

➤ **Objetivo general**

Desarrollar un sistema potabilizador solar de agua de mar, sostenible y de bajo costo, que provea agua apta para el consumo humano para aportar a la seguridad alimentaria de sectores sociales de bajos recursos que habitan en las zonas costeras e insulares del Ecuador.

➤ **Objetivos específicos**

- Sustituir en nuestro país los sistemas de potabilización del agua de mar que utilizan energías no renovables, en especial aquellos que funcionan con vectores energéticos basados en combustibles fósiles.
- Demostrar la viabilidad y difundir en el Ecuador los sistemas solares para potabilizar al agua de mar, sostenibles y de bajo costo.
- Aportar al acceso universal, permanente, sostenible y con calidad de agua potable, de los habitantes de las zonas costeras e insulares del Ecuador, que garantiza el Plan Nacional del Buen Vivir 2013–2017 del estado.
- Incentivar la investigación de energías alternativas para el desarrollo de sistemas innovadores que aporten a garantizar la seguridad alimentaria de nuestros compatriotas, para la que el agua potable es fundamental.

- Generar conocimiento científico y tecnológico propio en la línea de investigación de las energías alternativas.

➤ **Alcance**

- Se analizará y sintetizará la problemática actual de falta de agua potable de bajo costo y sostenible en sectores costeros e insulares de nuestro país.
- Se diseñará y construirá un prototipo para el sistema de potabilización de agua de mar mediante energía solar de bajo costo y sostenible.
- Se realizarán pruebas para la validación de la investigación y el prototipo construido.
- Se realizarán los análisis respectivos de la calidad del agua resultante del el prototipo.

➤ **Fundamento teórico**

El agua marina es una solución basada en agua que compone los océanos y mares de la Tierra. Se la denomina salada por la concentración de sales disueltas que contiene, un 35% (3,5% o 35 g/l) como medida promedio. La densidad promedio es de 1,025 g/ml, por lo tanto es más densa que el agua dulce. El océano contiene un 97,25% del total de agua que forma la hidrosfera en donde la evaporación de la misma es muy importante para la vida en el planeta. La saturación es un proceso de

cambio de fase en que coexisten las fases de líquido y vapor. La ebullición a su vez es un proceso físico que ocurre cuando la temperatura y presión del líquido alcanzan los valores de saturación.

La condensación es el cambio de fase de la materia que se encuentra en forma gaseosa y pasa a forma líquida; el paso de gas a líquido depende de varios factores como la presión y la temperatura, generalmente se llama condensación al tránsito que se produce a presiones cercanas a la ambiental. El proceso de condensación suele tener lugar cuando un gas es enfriado hasta su punto de rocío, sin embargo este punto también puede ser alcanzado variando la presión. El equipo industrial o de laboratorio necesario para realizar este proceso de manera artificial tiene el nombre de condensador.

La energía calórica o simplemente el calor es una forma de energía de intercambio entre los cuerpos sólidos o fluidos (líquidos y gaseosos), que se produce por la diferencia de temperatura; es decir, ningún cuerpo o sustancia tiene calor propio, sino que recibe calor de una fuente externa que se encuentre a mayor temperatura o entrega calor a un elemento externo que se encuentre a menor temperatura. Los cuerpos sólidos, líquidos o gases que reciben calor o energía calórica, incrementan el movimiento de sus partículas atómicas y por lo tanto aumentan su temperatura.

Existen tres formas de transferencia de calor:

1. Por conducción, por la diferencia de temperaturas en cuerpos sólidos,
2. Por convección, por la diferencia de temperaturas entre cuerpos o elementos sólidos con fluidos líquidos o gaseosos que se encuentren en movimiento, y,
3. Por radiación, en que un objeto emite radiaciones electromagnéticas (por ejemplo: el sol, un horno microondas, una cocina de inducción, etc.), estas ondas incrementan la actividad moléculas del sólido o fluido que las recibe, incrementando su temperatura.

En el aprovechamiento de la energía solar se utiliza las tres formas de transferencia de calor; por ejemplo, en los paneles de calentamiento de agua, las radiaciones solares inciden en los tubos metálicos del panel calentándolos; por conducción y convección la energía calórica se transmite al agua que está circulando por los tubos de forma natural o forzada, aumentando su temperatura.

Para el caso del presente proyecto se utilizará un colector solar parabólico recubierto de un material reflectante que recibe las radiaciones solares y las concentra en un foco donde deberá estar ubicado un caldero o recipiente a presión que contiene el agua

de mar. La concentración de los rayos solares en el caldero, por la geometría de la parábola implicará una radiación reforzada que producirá un fuerte incremento del movimiento molecular del agua de mar, es decir un rápido incremento de su temperatura hasta llegar a la temperatura de saturación en que se vaporizará.

Al vaporizarse el agua de mar se producirán los siguientes procesos de purificación:

- Los sólidos (sales y otras impurezas) que se encuentran disueltos o en suspensión, por su mayor peso específico precipitarán y se separarán del vapor de agua y luego deberán ser removidos.
- Los líquidos que se encuentren disueltos o en suspensión, por su diferente temperatura de saturación se mantendrán en el fondo del caldero para luego ser drenados fuera del sistema.

De esta manera el vapor de agua se purifica de tal forma que al condensar o convertirse nuevamente en líquido, el agua será dulce y purificada, es decir potable y apta para el consumo humano.

Por tanto el último proceso de este ciclo es el de condensación, es decir, pasar de vapor a líquido nuevamente. En este proceso el fluido gaseoso debe entregar calor; sin embargo, las normas de eficiencia energética estipulan el ahorro de energía al máximo

posible, por lo que en vez de entregar esta energía calórica al ambiente, en el presente proyecto se utilizará un condensador, que es un intercambiador de calor, dispositivo mediante el cual se intercambia calor entre los fluidos que se mueven dentro de él. En nuestro caso, en un condensador, el vapor de agua purificada entregará calor por conducción y convección al agua de mar de reposición que está ingresando desde el tanque de almacenamiento al caldero, aumentando en algunos grados la temperatura del agua salada de alimentación, lo que desde el punto de vista termodinámico ahorra considerablemente la energía de vaporización, mejorando considerablemente la eficiencia energética del sistema.

El ciclo del agua en el planeta consta de las fases de evaporación, condensación y precipitación. La evaporación es un proceso que se da por la radiación solar que incide sobre los mares, océanos lagos y ríos formando vapor de agua. Este vapor se eleva formando las nubes. Estas nubes se mueven desde los océanos hasta tierra firme en donde se enfrían y el vapor de agua que contienen empieza a condensarse, precipitándose en forma de lluvia. De este modo procedente y principalmente el agua de mar pasa a tierra firme.

En el presente proyecto se imita este mismo principio para la generación de agua dulce apta para el consumo humano, aportando a la seguridad alimentaria de

los sectores mencionados, proveyendo el líquido vital indispensable para cualquier actividad humana.

➤ **Problemática a abordar**

El agua es fundamental para la seguridad alimentaria. El ganado y los cultivos necesitan agua para crecer. La agricultura requiere grandes cantidades de agua para regadío, además de agua de calidad para los distintos procesos productivos. El sector agrícola se posiciona como el mayor consumidor de agua del planeta dada su función productiva, no solo de alimentos, sino también de otros cultivos no comestibles como el algodón, el caucho o los aceites industriales cuya producción no deja de crecer. El regadío demanda hoy en día cerca del 70% del agua dulce extraída para uso humano.

En el año 1948, la Declaración Universal de los Derechos Humanos dictaba el derecho de todos a una alimentación adecuada. Sin embargo, el acceso a alimento apropiado en las zonas rurales de muchos países en vías de desarrollo depende de forma sustancial del acceso a los recursos naturales, incluido el agua, necesarios para su producción. El 28 de julio de 2010, la Asamblea General de Naciones Unidas declaró el acceso seguro al agua potable y al saneamiento como un derecho humano. El derecho al agua dentro del contexto del derecho a alimento es una cuestión

compleja: mientras el agua de boca y el agua para cocinar sí se verían protegidas, no se verían cubiertos los niveles mínimos de agua necesarios para la producción de alimentos en las zonas áridas.

Hay suficiente agua disponible para las necesidades futuras globales, pero este escenario esconde enormes áreas de absoluta escasez de agua que afecta a miles de millones de personas, muchas de las cuales son pobres y desfavorecidas. Son necesarios cambios fundamentales en la gestión y las políticas a lo largo de toda la cadena de producción agrícola para garantizar el mejor uso posible de los recursos hídricos y responder así a la creciente demanda de alimentos y de otros productos agrícolas.

El volumen total de agua que hay en la Tierra es de 1.400 millones de km², la mayor parte en estado líquido (en estado sólido sólo hay 29 millones de km²). Este volumen de agua está repartido en un 97,5% como agua salada de los océanos y los mares; y, un 2,5% como agua dulce de ríos, lagos, hielos, etc.

El agua dulce está repartida de la siguiente forma: el 68,7% le corresponde a los casquetes polares y glaciares, el 30,1% a aguas subterráneas, y el 1,1% restante, a aguas dulces superficiales.

En Ecuador, el abastecimiento de agua es un problema todavía preocupante, a

pesar de que el país tenga un promedio de precipitación anual de 1.200 milímetros, la desigual distribución de precipitación y de población son las principales razones de los problemas de abastecimiento de agua del país.

Algunas áreas reciben sólo 250 milímetros de precipitación anual, mientras que otras reciben aproximadamente 6.000 milímetros por año, incluso, algunas regiones no cuentan con precipitaciones en varios meses. En nuestro país, tan sólo el 10% del total de agua disponible es utilizado; de esta cantidad, el 97% se usa para irrigación y el 3% para propósitos domésticos e industriales.

La mayoría del agua utilizada para propósitos domésticos proviene de fuentes superficiales. En áreas rurales existe una gran necesidad de sistemas de abastecimiento de agua doméstica, especialmente a lo largo de la costa y dentro de las áreas abatidas por sequías tales como las provincias de Manabí y El Oro. Esta región ya es semiárida y está acentuándose aún más, por lo que se dice están bajo proceso de desertificación.

Muchos pozos ya no proveen agua y su perforación a grandes profundidades en comunidades pequeñas es muy costosa. En la provincia de Manabí el agua debe ser acarreada en camiones a un costo muy alto y además de la carencia de agua debido a

la sequía se presentan problemas de calidad del agua subterránea debido al exceso de hierro presente naturalmente, el cual tapa las rejillas de los pozos y reduce seriamente la producción de estos.

En el caso de Galápagos las precipitaciones en la parte baja de las islas es apenas de unos 60 a 100 milímetros por año, esto es debido a la influencia de la corriente marina de Humboldt que produce inversiones térmicas que impiden la precipitación pluvial y generan zonas muy secas en las partes terrestres cercanas a la corriente.

A excepción de la isla San Cristóbal, la disponibilidad de agua de fuentes naturales para agricultura y uso doméstico es casi nula. En un territorio en rápido desarrollo humano, surge el dilema de garantizar el suministro de este recurso, conservar la integridad de los ecosistemas naturales y garantizar la salud de la población.

En Santa Cruz el agua salobre (una mezcla de agua lluvia y agua de mar) que se encuentra en grietas cerca de la costa, es la principal fuente de agua para el pueblo de Puerto Ayora. Sin embargo, la creciente demanda de una población en rápido aumento está poniendo cada vez más presión sobre este recurso.

Por todo lo anteriormente expuesto, se considera la construcción de un potabilizador solar de agua de mar, sostenible y de bajo costo, que ayudaría

significativamente a las poblaciones de estas provincias que carecen de este recurso vital.

➤ Metodología y herramientas

Existen experiencias anteriores de investigaciones científicas aplicadas, innovaciones y prototipos desarrollados en la Universidad proponente de este Proyecto (no se han incluido en la referencia bibliográfica por las condiciones del Concurso, pero que pueden ser verificadas en cualquier momento), en la línea del aprovechamiento de la energía solar para aportar al buen vivir y a la seguridad alimentaria de la sociedad ecuatoriana, que permiten plantear la hipótesis: que es posible desarrollar sistemas solares para potabilizar el agua de mar que sean sostenibles y de bajo costo.

El método a aplicar se denomina desalinización por destilación, la cual se realiza mediante varias etapas en que el agua salada se evapora y se condensa en agua dulce. El objetivo de este proceso es la obtención de agua dulce con bajo costo y el uso de las energías renovables como la energía solar. Esta metodología ha sido utilizada desde hace varios años bajo distintos procesos; lo creativo en el presente proyecto es la utilización de radiación solar concentrada, la misma que, mediante procesos de alta eficiencia energética, de evaporación del agua de

mar y de condensación del vapor, da como resultado el líquido vital apto para el consumo humano.

La metodología y herramientas que se plantean para el cumplimiento de los objetivos y la solución de la problemática es la siguiente:

1. En el proyecto se presenta un diseño del modelo de investigación y un prototipo que permitirán explicar e ilustrar la caracterización tecnológica fundamental de los sistemas de potabilización solares (componentes, funcionamiento, etc.) y su viabilidad técnica, financiera y ambiental.
2. Luego se realizará un diseño definitivo, el cual se pueda implementar de manera simple, ya sea en la elaboración de los componentes, montaje de los elementos para formar el sistema y, sobretodo, su fácil funcionamiento, de manera que los pobladores de las comunidades con escasez de agua puedan manipularlo con facilidad.
3. Se construirá un sistema con características adecuadas para facilitar el transporte, manipulación, condiciones ambientales y otras necesidades que satisfaga al beneficiario. En caso de que el proyecto resulte ganador, se implementará en la zona más crítica de las islas Galápagos y posteriormente en algunas de la costa Ecuatoriana, para que los pobladores de la comunidades se familiaricen con el sistema

de desalinización, y de esta manera exista agua dulce a bajo costo y sin problemas de transporte.

4. La implementación del equipo de desalinización se la realizará luego de los estudios apropiados, donde se pueda demostrar la viabilidad financiera con el apoyo de instituciones gubernamentales y/o privadas, para luego poder comercializar el sistema de potabilización de agua de mar.

5. Se patentará el prototipo optimizado y se difundirán los resultados de la investigación en revistas científicas y tecnológicas nacionales e internacionales.

6. Paralelamente, se realizará un Proyecto de Factibilidad y Plan de Negocios para la implementación por etapas de una Empresa de Producción y Comercialización de estos sistemas de potabilización del agua de mar, este proceso se podrá realizar en seis meses.

7. En caso de demostrarse la viabilidad financiera se procederá al emprendimiento, cuya implementación se supone en seis meses adicionales, es decir en un mínimo de dos años se podría producir en serie y comercializar estos sistemas.

➤ Soluciones propuestas

El sistema para potabilizar agua de mar a partir de energía solar tiene los siguientes componentes:

- Colector solar parabólico (elaborado con espejos reciclados)
- Tanque de almacenamiento de agua salada
- Conductos (tubería)
- Recipiente de presión (para evaporación del agua salada)
- Intercambiador de calor
- Filtro potabilizador (final del proceso)

Colector solar parabólico de espejos.– Este dispositivo recoge la energía irradiada por el sol y luego la convierte en energía térmica. Existen dos tipos de colectores, planos y parabólicos. El tipo de colector utilizado es el parabólico (ver figura 1), este colector tiene una superficie reflectante parabólica cóncava, que focaliza la radiación incidente en un área pequeña de aproximadamente un centímetro cuadrado, donde la temperatura del receptor puede sobrepasar los 1.500 °C, lo que hace más fácil el proceso de evaporación del agua.

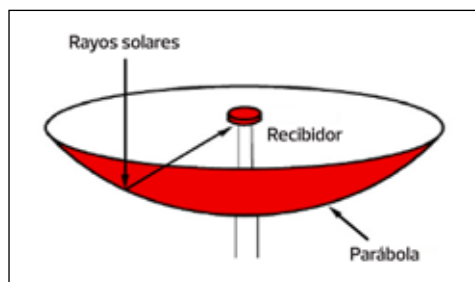


Figura 1. Colector solar parabólico

Tanque de almacenamiento de agua salada:

Este componente sirve principalmente para el almacenamiento de agua de mar. Para el presente estudio se lo realizará mediante tuberías o conductos, donde el agua salada fluye hacia el intercambiador de calor y al mismo tiempo al recipiente de presión en el cual se realizará el proceso de evaporación por medio de la radiación solar concentrada. El agua de mar recorre todo el sistema, funcionando como fluido de trabajo y consecuentemente como refrigerante en el intercambiador de calor para el proceso de condensación de agua dulce apta para el consumo humano.

Intercambiador de calor.– Es un dispositivo utilizado para transferir energía de un medio a otro. De manera general se pueden clasificar en intercambiadores de calor de flujo cruzado cuando las corrientes de los fluidos se cruzan entre sí en el espacio, e intercambiadores de calor de flujo paralelo (ver figura 2) cuando las dos corrientes se mueven en direcciones paralelas. Para este estudio se elije utilizar el intercambiador de calor de flujo paralelo, ya que su disposición geométrica facilita el movimiento de los fluidos, esto debido a que todo el proceso es consecuencia de la gravedad. De esta manera se evita la adición de bombas para el movimiento de los mismos.

El agua de mar que se transporta desde el tanque de almacenamiento actúa como refrigerante (fluido frío) dentro del

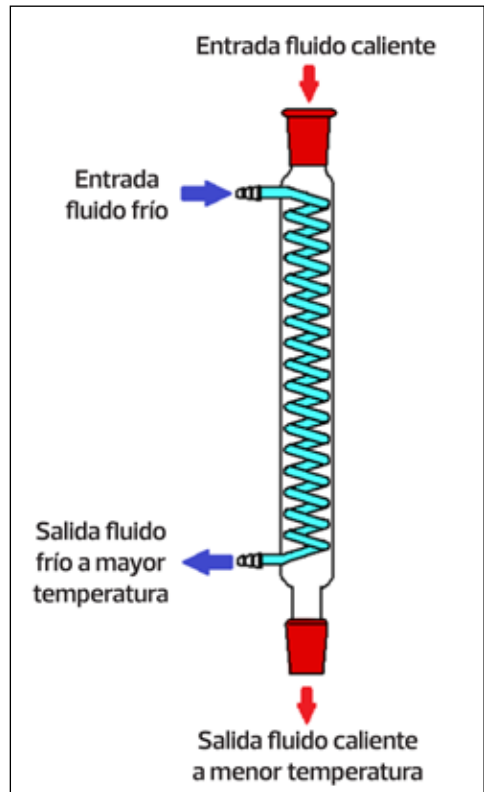


Figura 2. Intercambiador de calor de flujo paralelo

intercambiador de calor. En la salida el fluido aumenta su temperatura, lo que significa un aumento a la eficiencia del equipo, ya que se va a utilizar menor tiempo de calentamiento del agua de mar hasta que ésta llegue a evaporarse; mientras que el vapor de agua (fluido caliente) que sale del recipiente de presión es la que se quiere condensar para la obtención del agua dulce, el cual es el producto final.

Recipiente de presión.– En este aparato se va a concentrar el calor proporcionado por el colector solar. Dentro de él se encuentra

agua salada que recorrió previamente el intercambiador de calor, lo cual aumentó la temperatura, aportando a disminuir el tiempo de evaporación del agua de mar.

Descripción del proceso de potabilización por energía solar.

Una vez diseñado y construido el "Potabilizador solar de agua de mar" acorde con los lineamientos de eficiencia y sostenibilidad energética, el proceso de potabilización se resume a continuación.

En primera instancia, el agua de mar almacenada en el tanque fluye por los ductos de conducción hacia el intercambiador de calor, como se muestra en la figura 3, el agua fluido adquiere mayor temperatura. Posteriormente, ingresa al recipiente de alta presión (alrededor de 12 psi) en donde el agua salada es calentada hasta sobrepasar

su punto de ebullición mediante la radiación solar concentrada por el colector parabólico. Inmediatamente, al iniciarse el proceso de evaporación, el agua de mar pasa a descomponerse en vapor de agua, sal y sólidos suspendidos. Luego el vapor de agua pasa hacia el serpentín del intercambiador de calor, donde es condensado y finalmente se obtiene agua dulce.

Finalmente, el agua dulce condensada pasa al potabilizador en el cual se eliminan olores y sabores desagradables causados por compuestos orgánicos tales como el yodo, el cloro, entre otros, quedando el agua apta para el consumo humano.

Las pruebas realizadas en la universidad después del proceso de potabilización del agua, indican que los porcentajes de componentes del agua se encuentran dentro de los rangos de calidad.

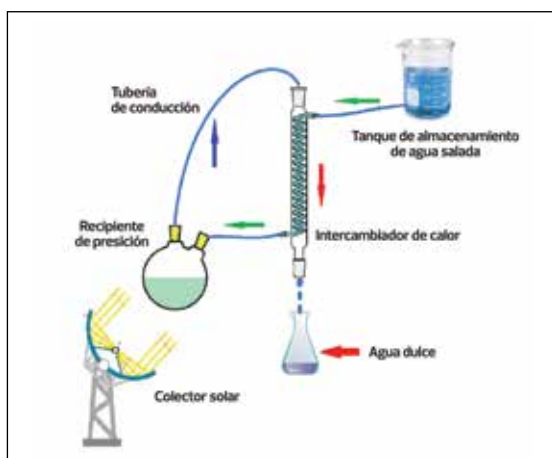


Figura 3. Funcionamiento del sistema de potabilización solar



Figura 4. Prototipo construido de potabilizador solar de agua de mar

Debido a que el mayor problema que conlleva la desalinización solar son los costos, especialmente en la fabricación del colector parabólico solar, se opta por la utilización de espejos reciclados para formar la superficie de reflexión necesaria para alcanzar la temperatura idónea para el proceso de evaporación de agua de mar.

Se realizaron pruebas y validaciones del proyecto de investigación planteado y se pudo comprobar la factibilidad de desalinizar y potabilizar el agua de mar, obteniendo agua dulce apta para el consumo humano.

Como se puede apreciar en la figura 4, se construyó el prototipo con un costo total de USD 180,00 (ciento ochenta dólares) y en el cual se realizaron las pruebas y validación de la investigación realizada. Como se ve en la fotografía de la figura 4 que fue tomada en las pruebas que se realizaron en el sector del Bosque Protector de Jerusalem, cerca de la ciudad de Quito, se trajo agua del océano Pacífico, de la ciudad de Atacames y se la potabilizó con el prototipo de potabilizador solar construido.

En cuatro horas que duró la prueba se consiguieron 600 ml de agua condensada, lo que significa que el prototipo de potabilizador de agua construido tiene una capacidad aproximada de 150 mililitros/hora. El agua condensada que se obtuvo se la llevó a los laboratorios de la universidad donde se realizaron los ensayos respectivos determinándose que cumple con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE-INEN 1 108-2011, Cuarta revisión; y que por lo tanto es agua potable para consumo humano.

Para comprobar la repetibilidad de las pruebas realizadas, se realizaron dos pruebas adicionales similares a las descritas, en las que los resultados fueron muy aproximados a los obtenidos en la primera prueba, lo que valida los resultados de esta investigación.

El proyecto planteado es una forma creativa e innovadora de usar la energía solar para desalinizar el agua de mar, junto con la ingeniería se logra obtener un modelo simple, de fácil utilización y sobretodo accesible en la comunidad.

➤ Viabilidad

El potabilizador de agua de mar con energía solar es un proyecto que cumple con el objetivo de obtener agua dulce apta para el consumo humano y aportar a la seguridad alimentaria de los sectores afectados por esta problemática, tomando en cuenta los

parámetros ambientales, ya que la fuente de energía utilizada es el sol.

Los materiales idóneos para la fabricación del sistema deben tener alta resistencia a la corrosión, por lo que se usa plástico para el tanque principal de almacenamiento, específicamente se utiliza plástico reciclado. La conexión entre el tanque y el intercambiador es una manguera que tiene bajo costo y es fácil de manejar; el intercambiador de calor tiene un serpentín de cobre y una carcasa de plástico para evitar problemas de corrosión y desgaste, este tipo de materiales hacen de este equipo tenga un costo muy bajo. El vapor generado en el tanque a presión será conducido por una manguera de vuelta hacia el intercambiador de calor donde este es enfriado con agua salada, lo que se aumenta la eficiencia del sistema de manera considerable.

En la producción en serie de los equipos el costo unitario de cada parte del sistema disminuye considerablemente, además es necesaria la investigación de nuevos materiales que cumplan los requerimientos necesarios para el prototipo.

El costo del metro cúbico de agua dulce en las islas Galápagos disminuirá considerablemente, ya que en dichas islas el agua es muy difícil de encontrar y las plantas desalinizadoras existentes no abastecen la demanda actual de agua

dulce y la comercializan a precios muy altos.

La viabilidad del proyecto consiste directamente en el bajo costo del agua dulce y la facilidad con que las personas podrán tener acceso a este recurso. El proyecto abastecería a los habitantes de las zonas costeras e insulares con agua dulce y éste es un indicativo clave de la calidad de vida que tienen las personas, y desde el punto de vista ambiental, la utilización de energías renovables para su funcionamiento lo hace económico porque no precisa energía eléctrica.

➤ Conclusiones


- El uso de energía solar genera una ventaja ante otro tipo de energía, ya que es limpia, sostenible, sustentable, ilimitada y renovable. Además, no genera contaminantes nocivos para la salud de la población y mucho menos a la flora y fauna nativas de cada región. Al mismo tiempo, se está contribuyendo al cambio de la matriz energética planteada en el Ecuador, la cual impulsa el uso de energías renovables.
- La desalinización de agua de mar es un proceso sencillo en el que se utilizan fenómenos físicos simples. Por esta razón el proyecto presentado se lo puede implementar de manera rápida dentro de las comunidades donde el agua potable es escasa. De esta manera se mejorará

la calidad de vida de los pobladores, cumpliendo un objetivo muy importante dentro del Plan Nacional del Buen Vivir 2013–2017.

- Mediante investigaciones se ha logrado desarrollar un prototipo acorde a las necesidades de los seres humanos, donde se ha tomado en cuenta su fácil manipulación y funcionamiento.
- Para la implementación del prototipo es necesario tener el apoyo de empresas, tanto del sector público como del privado, realizar las investigaciones apropiadas y luego proyectar hacia una producción en masa para lograr difundir la idea de potabilizar agua de mar usando energía solar.
- La etapa de investigación arrojó resultados positivos en cuanto a la calidad del agua obtenida después del proceso de desalinización y potabilización, lo que se puede considerar una solución viable, sostenible y sustentable a la problemática planteada para la actual escasez de agua dulce.

➤ Consideraciones finales

Existen aspectos importantes a considerarse en el proyecto expuesto, la más importante es que se debe hacer nuevas investigaciones en la construcción del colector solar tomando en cuenta las condiciones climáticas y geográficas de las zonas de estudio, para



así obtener resultados óptimos para su funcionamiento.

Durante el montaje del sistema de desalinización y potabilización hay que tener las precauciones adecuadas de hermeticidad para evitar las fugas, así el sistema será más eficiente, logrando potabilizar un mayor volumen de agua.

El proceso de desalinización elimina el mayor porcentaje de sal del agua de mar, sin embargo, únicamente elimina algunos contaminantes nocivos a la salud; para optimizar este modelo, es importante que al agua dulce obtenida sea procesada y desinfectada, para que el agua sea totalmente segura para el consumo humano. Por esta razón es importante implementar el filtro de potabilización, el cual tiene que ser reemplazado periódicamente.

➤ Referencias Bibliográficas

Cengel, Y. A. (2007). Transferencia de calor y masa: Un enfoque práctico. Mexico DF, México: Mc GrawHill.

Ecuador Aventura. (s.f.). Obtenido de Galápagos. Disponible en: www.ecuaworld.com.ec/mapa_galapagos.htm

Frank P. Incropera, D. P. (1999). Fundamentos de transferencia de calor. México DF, México: Prentince Hall.

Gonzalez, J. (2009). Energías Renovables. Barcelona, España: Editorial Reverté.

Levenspiel, O. (1998). Flujo de fluidos e intercambio de calor. Barcelona, España: Editorial Reverté.

Normalización, I. E. (2006). Agua Potable, requisitos. Quito, Ecuador: Norma Técnica Ecuatoriana.

Rufles, P. (2010). Energía Solar Térmica: Técnicas para su aprovechamiento. Barcelona, España: Marcombo.

Bermeo, Alejandro (2205). Agua – saneamiento – asentamientos humanos. UNEP. Disponible en: <http://www.unep.org/gc/gc23/documents/Ecuador-Agua.pdf>

González, F; Sánchez, M y Solís, R. Ciencias de la Naturaleza. Editex.

Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América (1998). Evaluación de los Recursos de Agua del Ecuador. Disponible en: http://www.cepal.org/deype/noticias/noticias/6/44576/04_EC-evaluacion-recursos-agua.pdf



Premio Odebrecht
para el Desarrollo Sostenible
Ecuador | 2014





Premio Odebrecht

para el Desarrollo Sostenible

Ecuador | 2014

Los 10 mejores proyectos

- Propuesta de gestión sostenible de los residuos plásticos producidos por la industria gráfica y publicitaria en la ciudad de Guayaquil.
- Reciclaje de poliestireno expandido (espuma flex) por el método de disolución – precipitación.
- Panel prefabricado de hormigón alivianado a base de papel periódico y cartón reciclado, destinado a vivienda de interés social.
- Desarrollo sustentable de un material adsorbente y biodegradable, a partir de cáscaras de plátano y banano, para la decoloración de aguas residuales provenientes de industrias textiles de la ciudad de Pelileo, provincia de Tungurahua, y su posterior uso en la producción de biol y abono orgánico.
- Sistema de recolección de agua por medio de la técnica de atrapanieblas en las comunidades campesinas de Galte, cantón Guamote, provincia de Chimborazo, Ecuador.
- Reciclaje de residuos de cuero para la descontaminación de aguas industriales.
- Diseño del proceso para elaborar papel a partir del residuo fibroso generado en la extracción de aceite de palma africana, utilizando fundamentalmente a la producción más limpia.
- Re-manufactura sustentable de utensilios para cocinas de inducción con recubrimientos ferromagnéticos.
- Uso sostenible de recursos biológicos para la construcción de viviendas y desarrollo de las comunidades rurales del litoral ecuatoriano.
- Potabilizador solar de agua de mar, para aportar a la seguridad alimentaria de sectores sociales de bajos recursos que habitan en las zonas costeras e insulares del Ecuador.

www.premioodebrecht.com.ec

ODEBRECHT

ISBN 978-9942-20-959-7



9 789942 209597