

Estudio de Valoración Económica para la Construcción de un Muro Mixto Implementando Botellas PET que Permita Cultivar Plantas Medicinales

Milton Castro^{#1}, Angie Ruiz^{#2}, Jorge Mendez^{#3}, Lys Largacha^{*4},

*#Programa de ingeniería ambiental, Universidad Manuela Beltrán
Bogotá D.C, Colombia.*

¹ malton.cas@gmail.com

² angieruiz1032@gmail.com

³jorge.u.mendezchaves@ieee.org

**Asociación Profesional IEEE Colombia*

Calle 67 # 6 - 60 Bogotá - Colombia

⁴ Lys.M.L@ieee.org

Abstract— Demand in design and implementation of ornamental green walls and for growing food for home consumption in vulnerable populations, is growing every day. There are a variety of initiatives to meet the needs of populations need to cultivate certain food type, indicating in turn the need to harmonize their spaces where the cultivation process is performed. This paper proposes an alternative implementing ecological wall PET bottles, which seeks to harmonize a space and grow some herbs related to a displaced indigenous family.

The proposed ecological wall has no significant negative environmental impact, has a shelf life of 2 years and a few rotating maintenance activities over time. According to the analyzes presented in cost-benefit terms, the proposed ecological wall is the best choice regarding manufacturing costs, preventive maintenance time and harmonization of spaces.

Resumen— La demanda en diseño e implementación de muros ecológicos ornamentales en donde se siembran alimentos para el autoconsumo en poblaciones vulnerables, es creciente cada día. Existen una variedad de iniciativas que buscan satisfacer las necesidades de poblaciones de cultivar cierto tipo alimentos, manifestando a su vez el requerimiento de armonizar sus espacios en donde el proceso de cultivo se realiza. El presente trabajo, propone una alternativa de muro ecológico implementando botellas PET, que busca armonizar un espacio y cultivar algunas plantas aromáticas afines para una familia indígena desplazada.

El muro ecológico propuesto no tiene impacto ambiental negativo considerable, tiene una vida útil de dos años rotativos y pocas actividades de mantenimiento a lo largo del tiempo. Según los análisis presentados, en términos costo beneficio, el muro ecológico planteado es la mejor opción respecto a gastos de fabricación, tiempo de mantenimiento preventivo y armonización de espacios.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de plásticos a lo largo del tiempo ha causado problemas a nivel de residuos sólidos en distintas comunidades, este producto ha sido utilizado para la creación de empaques, frascos, envolturas y lo que conocemos hoy como las botellas PET (tereftalato de polietileno), las cuales

son fabricadas fácilmente. En búsqueda de distintas soluciones a esta generación de residuos plásticos se han realizado construcciones a base de este tipo de botellas con el fin de disminuir el volumen que llega a los rellenos sanitarios; estos son conocidos como muros ecológicos en donde, aparte de las botellas las cuales son tanto ligeras como resistentes, se utilizan también algunas envolturas que ayudan a brindar peso y estabilidad a las mismas [1].

A diferencia de un muro verde que se encarga de establecer algunas plantas ornamentales para mejorar el ambiente paisajístico en edificios o apartamentos, los muros ecológicos se encargan de utilizar materiales que es posible reciclar y así brindar estabilidad a la construcción de dichos muros.

Para este proyecto se pretende implementar un sistema combinado de muro tanto verde como ecológico, utilizando botellas PET de 3L en donde, unas serán rellenas con escombros de ladrillo y envolturas cortadas y otras servirán como soporte de algunas plantas como plantas medicinales, que se podrán utilizar para remedios caseros o ritos sagrados; los cuales se implementan en comunidades indígenas. En este caso, el proyecto será construido para el beneficio de la Comunidad Indígena Wounaan, provenientes del Chocó, que se encuentra ubicada en la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá D.C. Con el fin de conocer la eficiencia y economía en la implementación de estos sistemas, se realizó un estudio económico, en donde se hizo necesario la identificación de impactos ambientales más significativos para cada una de las etapas del proyecto y así comparar la viabilidad económica con y sin externalidades.

II. METODOLOGÍA

Este estudio inicia con una metodología cualitativa, en donde se identifican todos los factores ambientales, físicos, económicos, sociales y bióticos que se ven afectados por la implementación de este sistema de muro mixto. Con la implementación de un criterio de valoración, se realiza un

estudio cualitativo-cuantitativo que permite identificar la gravedad de los impactos; ya que en este caso, se utiliza una matriz diseñada por Conesa donde se evalúan 10 parámetros diferentes para obtener un valor más preciso sobre la importancia de cada impacto y cuando se relaciona la actividad de una etapa del proyecto con cualquier factor ambiental que pueda verse afectado. Para identificar la viabilidad y rentabilidad del proyecto, se opta por un análisis costo-beneficio en donde se tienen en cuenta las externalidades generadas por los impactos más significativos durante la implementación del proyecto. Dicho análisis se logra mediante los siguientes parámetros.

A. Lista de chequeo

Identifica todos los impactos generados durante la implementación del proyecto, en donde existe una correlación directa entre factores y las actividades de cada una de las etapas del desarrollo del mismo. En esta etapa son identificados todos los posibles impactos que se pueden generar para las tres fases del proyecto a realizar: diseño, construcción e implementación.

TABLA I
LISTA DE CHEQUEO PARTE I

IMPACTOS GENERADOS	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN	IMPLEMENTACIÓN	ESPECIFICACIONES
En el suelo				
Afectación y deterioro		x		Un aumento en la compactación del suelo debido a la construcción sobre la placa de cemento
En el agua				
Estancamiento de agua lluvia		x		Cuando exista una época de alta precipitación el tanque de almacenamiento se saturara, generando reboses y atracción de vectores plaga
Consumo de agua		x	x	Esta es consumida en los procesos de la preparación de la arcilla y la limpieza de las botellas.
En el flora				
Sobresaturación de agua en las plantas	x		x	Puede generar el descomposición de las plántulas.
Deshidratación de las plantas	x		x	En épocas de escasez de lluvias, lo que genera quema y un aspecto amarillento
Producción de plantas medicinales			x	Se genera bienestar al brindarles una forma fácil de obtener sus plantas medicinales más usadas.
Ahorro en el consumo de agua			x	Con el sistema de riego sustentable se busca la reducción en el consumo de agua.
En general				
Contaminación auditiva		x		Se genera en la etapa de demolición y construcción del muro y vigas.
Contaminación visual		x	x	Se genera en la construcción con los escombros y el material que será usado para la construcción del muro.
Alteración de la calidad del aire (Polvo)		x		Durante el llenado de botellas, ya que uno de los materiales usados es el escombro de ladrillo.

TABLA II
LISTA DE CHEQUEO PARTE II

IMPACTOS GENERADOS	DISEÑO	CONSTRUCCIÓN	IMPLEMENTACIÓN	ESPECIFICACIONES
En la fauna				
Atracción de vectores plaga		x	x	Las plantas tienden a atraer varias diversidad de insectos y mosquitos que pueden representar un peligro para la comunidad indígena.
En el ambiente social				
Cambio de cultura			x	Se genera una nueva forma de pensar de las personas, brindando nuevas herramientas para la solución de problemáticas actuales
Cambio de costumbres			x	Se da un cambio en las costumbre de cultivo y agricultura de la sociedad.
Educación ambiental		x	x	En la etapa de implementación se les enseña sobre el cuidado de las plántulas y las maneras de cultivo
Problemas de convivencia ciudadana			x	Se puede generar envidia y discordia con las familias aledañas por la implementación de este sistema.
En el ambiente económico				
Consumo de agua y suministro de plantas medicinales.			x	Existe un ahorro en el consumo de agua, pero se generan gastos para la compra de aditivos nutricionales para las plántulas.
Mantenimiento del Muro			x	Se realiza directamente en las botellas con cultivos y en el sistema de riego.
Otros				
En el paisaje	x		x	Se puede mejorar el aspecto estético dentro de la propiedad.
Problema estructural del muro	x		x	Se pueden presentar problemas con la arcilla si existiese un evento de lluvia prolongado.

B. Matriz cualitativa-cuantitativa (Conesa)

Con este método se le da un valor a cada uno de los impactos, en donde se estudian 10 parámetros, I: intensidad; EX: extensión; MO: Momento; PE: Persistencia; RV: Reversibilidad; RB: Recuperabilidad; SI: Sinergia; AC: Acumulación; EF: Efecto y PR: Periodicidad; ya teniendo los valores se procede al uso de la ecuación 1 para obtener la importancia de cada uno de los impactos.; estos valores son asumidos con respecto a los factores estudiados, y así finalmente, se identifican cuáles impactos son los más significativos en cada una de las actividades realizadas durante las 3 fases del proyecto (Tabla III). Los impactos más relevantes se someten a un estudio de identificación de externalidades, para darles un valor monetario y tenerlos en cuenta en el análisis costo beneficio.

$$I = \pm(3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+RB) \quad (1)$$

TABLA III
MATRIZ CUALITATIVA-CUANTITATIVA CONESA

Categoría	Subsistema Ambiental Componente ambiental		Factor ambiental	Etapas del proceso																		
				Etapas																		
				Sub-etapas							Sub-etapas											
Medio Físico	Medio Inerte	Aire	Materiales particulados																			
			Contaminación acústica																			
			Calidad del aire (polvo)																			
			Macrofauna																			
			Suelo	Compactación de suelo																		
	Medio Biótico	Eflora	Producción de especies aromáticas																			
	Medio Perceptual	Paisaje	Mejora arquitectónica de la zona																			
	Medio Socio-Económico y Cultural	Medio Socio Cultural	Cultura	Cambio de costumbres																		
Medio Económico		Humanos y estéticos	Educación																			
		Economía	Consumo de agua																			

C. Análisis costo-beneficio

Esta metodología ayuda a visualizar la viabilidad del proyecto, en donde se tuvieron en cuenta los todos los costos de construcción del sistema de muro mixto, los beneficios de manera monetaria que este sistema representa y las externalidades que se estudiaron en el procedimiento anterior [2]. Para este análisis se identificó la relación costo- beneficio (B/C), en donde:

- $B/C < 1$, se acepta.
- $B/C > 1$, se rechaza.

D. Costo Beneficio con Externalidades

Se realiza el mismo proceso de costo-beneficio, en donde se incluyen los valores de las externalidades que provienen de los impactos más significativos (tanto negativos como positivos), durante las tres etapas que se plantean para el desarrollo de este proyecto. En este punto, las externalidades positivas son sumadas a los beneficios y las externalidades negativas son sumadas a los costos; con el fin de verificar cual es el verdadero costo-beneficio que genera la construcción del muro mixto, en donde se tienen en cuenta otros valores.

III. RESULTADOS

A. Matriz cualitativa-cuantitativa (Conesa)

En la etapa de selección de diseño se observa que el valor más significativo con respecto a las otras variables evaluadas en la matriz de Conesa pertenece al componente de suelo, que sería la macro fauna con un valor de importancia de -33 (Tabla V), esto ya que dependiendo del diseño seleccionado se afecta negativamente a la fauna que se puede encontrar en el sector. Esta misma etapa genera valores altos para la compra de las plántulas y se observa que para la demolición del muro existente en la zona donde se pretende implementar el diseño, se podrían generar impactos significativos, debido a los altos valores de importancia con respecto a la

producción de material particulado y la generación de polvo que se va a producir por el desarrollo de la actividad, brindando valores de -55 y -58 respectivamente (Tabla V). Así mismo se presentan valores de importancia de -137 en la producción de material particulado y -42 por la generación de contaminación acústica, durante la actividad de transporte de material (Tablas VI y VII); se evidencia que la mayoría de impactos significativos de naturaleza (-), se dan en la fase de construcción.

De igual manera se identifica que las actividades de realización de diseño y selección de material presentan los valores más altos correspondientes a -45 y -38 de importancia en relación con el cambio de las costumbres de la comunidad (Tabla V), esto por el espacio tan reducido en el cual se pretende implementar el sistema de muro mixto, otra causa son los materiales con los cuales se quiere construir el muro ya que son productos pos-consumo por lo que no son convencionales para este fin. En este mismo parámetro se encuentran valores altos en la educación (42 y 40 respectivamente), este se casó se toma como una importancia positiva ya que aumenta e incentiva a las comunidades sobre el buen manejo de materiales reciclables y su implementación en construcción.

En el caso de la compactación del suelo se presenta un valor de -72 de importancia para la estabilización del terreno durante la fase de construcción, en donde la mejora arquitectónica y la acomodación de vigas presentan valores de 59 y 78 positivos respectivamente (Tabla VI); el llenado de botellas tanto de estructura como de cultivo presentan resultados favorables de 55 y 56 respectivamente (Tablas VII y VIII).

Durante la etapa de construcción se evidencian los impactos negativos más significativos, iniciando con la producción de material particulado y polvo (-55 y -137) (Tablas V y VI), siendo los factores en el aire con mayor afectación. Con respecto al factor agua, se evidencia un alto consumo de este recurso para la mezcla de la arcilla, mostrándose como un impacto negativo (-52) (Tabla VIII), que debe ser controlado durante el desarrollo de la etapa para evitar problemas de derroche y malgasto del recurso. En el suelo se ven problemas de falta de infiltración de agua (-72) (Tabla VII), debido a la compactación del mismo y a la nivelación que es realizada en concreto, todo esto con el fin de garantizar una excelente estructura del muro y evitar problemas de quiebres o fisuras en el mismo debido al paso del tiempo y a la actividad que se piensa implementar en el muro mixto.

Finalmente, en la etapa de Implementación son evidenciados los impactos con mayor valor de importancia y de signo positivo, los cuales generan un bienestar en la comunidad, brindándoles un sustento alimentario a la mano y de confianza; de igual manera puede verse como una forma de producción económica, ya que estos productos podrían ser vendidos y distribuidos en el sector, para generar un sustento monetario que ayude en la economía de la comunidad, por otro lado se presenta un valor alto en la educación de diferentes generaciones sobre reutilización de material pos-consumo (43) (Tabla VIII), también se presentan valores positivos en la siembra de plántulas para la producción de especies aromáticas de 62 y 74 (Tabla IX).

B. Costo beneficio sin externalidades

Para este estudio se desarrolló dos metodologías de análisis costo- beneficio, una en donde son tenidas en cuenta las externalidades más significativas y la otra donde no son analizadas; los resultados de cada una son mostrados en la siguiente tabla:

TABLA X
ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO

Sin Externalidades		Con Externalidades	
B/C	2,04	B/C	1,1596
Costos	\$ 1.083.500,00	Costos	\$ 1.728.000,00
Beneficios	\$ 2.217.867,33	Beneficios	\$ 2.217.867,33

El primer beneficio encontrado es el ahorro en el consumo de agua que se genera gracias al sistema de recolección y distribución de agua del muro; siendo necesaria la búsqueda de los valores que son cobrados por la empresa de acueducto y alcantarillado de Bogotá por la prestación del servicio, encontrando un cargo fijo de \$ 2.505,79 pesos y \$ 511,75 pesos por metro cúbico de agua consumido, para el estrato 1 en la ciudad de Bogotá [3].

Del mismo modo se podría generar ganancia de la venta de estas plantas medicinales, en donde se asume un valor mínimo de venta de plantas medicinales de \$ 5.000 pesos a la semana, generando ingresos de \$ 240.000 al año.

Se compara con la implementación de una huerta en el suelo (cajas de madera), la cual tiene un costo de 32,69 euros con una medida de 100*100*20 cm, lo que implica que un metro cuadrado cueste \$ 102.589 pesos, con la cual no se cubre la totalidad de la producción del muro, generando la compra de muchas más y mayor espacio ocupado [4]. Para cumplir con la totalidad del área del muro se requerirían 17,5 metros cuadrados, lo que implica un costo de \$ 1.795.322, si se quisiera implementar este tipo de sistema.

La producción del material articulado en la fase de construcción y sus efectos adversos, fueron útiles para determinar costos de externalidades, los cuales no se tienen presentes en un análisis de costo normal; del mismo modo se evaluaron económicamente la contaminación visual, el mantenimiento de las botellas (fase de implementación) y la adecuación del sistema de riego. Acá se tomaron valores del costo de una cita médica, los medicamentos; el transporte; el costo de la tierra y cascarilla de arroz para el mantenimiento; los costos por algún cambio de tubería, entre otros.

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para el análisis de la matriz cualitativa- cuantitativa de Conesa se implementan los intervalos de valores de importancia según [5] el cual establece rangos para conocer los impactos que pueden producir las actividades al momento de poner en práctica el muro mixto en la comunidad. En la fase de construcción se presentan los valores negativos más altos que se encuentran en el rango entre 50 y 90 o mayores a estos valores, lo cuales son clasificados como factores

severos y críticos, debido a las actividades que son desarrolladas como lo son: estabilización del terreno, acomodación de vigas, transporte de material de construcción, entre otros. En este punto se puede evidenciar que la producción de material particulado y polvo, siendo estos los impactos ambientales más perjudiciales, ya que es generador de diferentes enfermedades respiratorias, con implicaciones graves en la salud a corto o largo plazo [6] ;de igual manera se evidencia la presencia de vectores plaga (insectos, ratones, mosquitos, etc), generando una problema de salud pública, debido a la acumulación de escombros, el estancamiento de agua y el uso de los empaques plásticos para el relleno de las botellas estructurales; generalmente estos vectores crecen o se ven atraídos por condiciones altas de humedad; lugares de concentración de calor con gran acumulación de residuos [7].

Por otro lado, el consumo de agua es el segundo factor ambiental que presenta los valores de signo negativo más altos, debido a su uso para la limpieza de las botellas y la producción de la arcilla (pañete de la pared). Estos valores se encuentran entre rangos de 45 a 60, por lo que también son considerados severos y se deben tener presentes al momento de desarrollar las actividades que impliquen el uso de este recurso, debido a la actual escasez en muchas zonas del país; y a las campañas de uso eficiente y ahorro de agua que son promovidas alrededor del territorio nacional, teniendo presente, que el uso primordial es el del consumo humano [8].

Como impactos positivos se encuentran la producción de plantas medicinales y especias, evidenciándose valores mayores a 40, indicando un impacto moderado o severo; esta producción agrícola no solo traerá seguridad alimentaria a la comunidad, sino que también puede representar una valiosa fuente de ingreso, por la posible venta de productos. Acá se hace necesario el uso de técnicas agrícolas sostenibles, para evitar el uso de fungicidas e insecticidas, que pueden generar repercusiones de salud en los habitantes de la comunidad y problemas de toxicidad en los alimentos [9].

Otro impacto benéfico para la comunidad es la mejora arquitectónica, esto corresponde al llenado de las botellas estructurales y de cultivo, la acomodación de los ladrillos ecológicos y el sembrado de las plántulas, valores que son mayores a 50 y son considerados severos; este muro mixto no solamente busca suplir una necesidad alimentaria en la comunidad, sino que también se busca mejorar el entorno en el cual ellos viven, debido a que están acostumbrados a una vida de campo, en donde pueden convivir mutuamente con la naturaleza y seguir sus tradiciones de producción agrícola [10].

El análisis costo beneficio nos muestra la viabilidad de ejecución del proyecto, para este estudio se usaron 2 análisis, uno que incluye las externalidades y otro que no, en donde se obtuvo un B/C de 1,15 y 2,04 respectivamente; como ambos valores son mayores a 1 se acepta la ejecución del proyecto, mostrando la viabilidad de construcción del mismo [11]. Este valor se obtiene de la valoración económica de costos y beneficios, así como, de las externalidades más significativas debido a la construcción del proyecto que se obtienen de los impactos más relevantes de la matriz de impacto ambiental

que se generó con el método cualitativo-cuantitativo de Conesa.

V. CONCLUSIÓN

Para la implementación del muro mixto se debe minimizar el tiempo de construcción, con el fin de disminuir los impactos que este puede producir a la salud humana como al ambiente donde se pretende implementarlo, ya que si se disminuye su tiempo, este puede no tener repercusiones en las familias pertenecientes a la comunidad, relacionado con enfermedades respiratorias que generalmente puedan afectar a los menores de 5 años [6]. De igual forma reduce la cantidad de vectores que se pueden encontrar en un periodo de tiempo más corto eliminando la posibilidad de contraer alguna enfermedad que se transmite por los mismos.

Se debe reducir el consumo de agua para la elaboración del muro, con el fin de minimizar gastos del mismo implementando lo mínimo posible en diferentes actividades que obligatoriamente necesitan de este recurso y dándole prioridad al agua potable implementada para consumo humano.

Con la implementación del muro y gracias a los estudios elaborados, se puede estimar que lo que se produzca a largo plazo puede ser benéfico para los integrantes de la comunidad Wounaan, siendo un ingreso monetario para ellos y también mejorando las condiciones de vivienda de la zona donde se pretende su implementación, esto con el fin de que preserven la utilización y siembra de las plantas y no olviden sus costumbres ancestrales.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha sido posible gracias al apoyo y asesoría de la profesora Mónica Echavarría y la ingeniera Jenny Alarcón., también a la Universidad Manuela Beltrán que nos brindó las herramientas para desarrollar este trabajo.

También agradecemos al arquitecto Iván Silva y a su esposa, quienes nos asesoraron con su gran experiencia en permacultura, para el diseño del muro.

REFERENCIAS

- [1] A. Fernandez, «Ladrillos Ecologicos,» 07 07 2008. [En línea]. Available: http://www.consumer.es/web/es/medio_ambiente/urbano/2008/08/07/179119.php. [Último acceso: 02 03 2016].
- [2] A. Cerda, «Análisis costo beneficio,» Chile, 2010.
- [3] EAAB-ESP, «Atencion al ciudadano,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/portal/tut/p/c5/hY47Do>

- JQEEXXwgpmeF8oiSKgwNMgCjTkxRDE8LEwJuxeI0NMI0ee88MFDBtr99NrV_N0OsWMihEaZlJEifoJk4HjupagiJ4ZnXguyo3n-EyGilpcEEnMkxOmCcWArrSv872fhMd3NgaK26GKPBORf_k_8xxYRYE2B-6CtIVS84hE5BDIRE-3bPDxNuq1rcRnl2G. [Último acceso: 20 03 2016].
- [4] LEROY MERELIN, «leroymerlin.es,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.leroymerlin.es/fp/16769963/huerto-de-suelo-wood-suelo?idCatPadre=593074&pathFamiliaFicha=011701>. [Último acceso: 20 03 2016].
 - [5] J. Toro, «METODOLOGIA CUALITATIVA: Análisis Constructivo de la Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia (propuesta de mejora),» Universidad de Granada, Granada, 2009.
 - [6] T. GAVIDIA, J. PRONCZUK y P. D. SLY, «Impactos ambientales sobre la salud respiratoria de los niños. Carga global de las enfermedades respiratorias pediátricas ligada al ambiente,» *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, pp. 99-108, 2009.
 - [7] J. R. DOMÍNGUEZ, «LAS ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR VECTOR EN MÉXICO,» *Universidad Nacional Autonoma de Mexico*, 2009.
 - [8] P. Torres, C. H. Cruz y P. J. Patiño, «ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA EN FUENTES SUPERFICIALES UTILIZADAS EN LA PRODUCCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO. UNA REVISIÓN CRÍTICA,» *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 2009.
 - [9] M. H. Badii y J. Landeros, «Plaguicidas que afectan a la salud humana y la sustentabilidad,» *Cultura Científica y Tecnológica*, 2007.
 - [10] G. A. Rodríguez, «LA CONSULTA PREVIA CON PUEBLOS INDIGENAS Y COMUNIDADES AFRODESCENDIENTES EN COLOMBIA,» *Universidad del Rosario*, 2010.
 - [11] SEDATU, «Análisis financiero,» 2013. [En línea]. Available: http://www.sra.gob.mx/sraweb/datastore/programas/2013/tecnicos/5_GLOSARIO_TERMINOS_2013.pdf. [Último acceso: 30 05 2015].