



REVISTA  
BUENAS PRÁCTICAS  
**AMBIENTALES y**  
**SOCIALES**



Departamento de Gestión Ambiental  
y Responsabilidad Social.

**Dirección**

David Idrovo Landy

**Coodinación**

María Teresa León  
Marco Brito Montero

**Comité de revisión técnica**

José Jara Alvear  
CELEC EP MATRIZ  
Pablo Guzmán Cárdenas  
CELEC EP HIDROPAUTE  
Valeria Arcos Hervas  
CELEC EP COCA CODO SINCLAIR  
René Parra Narváez  
Docente Investigador  
Universidad San Francisco de Quito

**Colaboración Técnica**

Universidad San Francisco de Quito  
Departamento de Ingeniería Ambiental

**Fotografías**

Archivo CELEC EP

**Diseño y diagramación**

Esteban Parra Luzuriaga

**Empresa Pública Estratégica**

**Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP**

Cuenca, Ecuador

Junio 2019

1 Edición

[www.celec.gob.ec](http://www.celec.gob.ec)

(+593) - 3700 190



# CONTENIDO

- 04 Estudio de análisis de ruido de los aerogeneradores de la Central Eólica Villonaco.
- 14 Factibilidad del uso de lechuguín del embalse Mazar para la elaboración de compost.
- 26 Manejo de escombreras sin abandono como buena práctica ambiental, durante la construcción de la Central San Antonio del Proyecto Hidroeléctrico Mazar Dudas
- 38 Buenas prácticas ambientales y manejo de recursos para obtener el reconocimiento ambiental "Punto Verde" en la Central de Generación Termoeléctrica Guangopolo.
- 50 Biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos por derrames de la estación de servicio en el campamento Guarumales.
- 58 Plan de acción para el rescate de peces en el embalse de la Central Hidroeléctrica Manduriacu, durante los desalojos de sedimentos.
- 67 Proyecto de inclusión social "El Mercadito del Huerto Ilaló".

La Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP, es protagonista de la transformación que se vive en el sector energético; este proceso de cambio se desarrolla de manera permanente con mística de servicio, transparencia y eficacia, orientada en el eje de desarrollo productivo del país.

Con liderazgo y compromiso trabajamos día a día en la ejecución de nuevos y ambiciosos proyectos que nos permiten garantizar la generación y transmisión de energía a nivel nacional, siempre priorizando la gestión social y ambiental en las zonas de influencia.

La Corporación desarrolla sus procesos con un eficiente modelo de gestión, basado en la integridad personal y la protección de medio ambiente. Las buenas prácticas, como se expone en la presente publicación, propician un desarrollo sustentable; además de constituir un claro ejemplo para las presentes y futuras generaciones.

Integramos una empresa estratégica sólida y nos sentimos orgullosos de ser partícipes de una gestión que impulsa el progreso a través del aprovechamiento responsable de nuestros recursos naturales.



**Arq. Robert Simpson N.**  
Gerente General  
Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP

# Central Eólica VILLONACO

## Estudio de análisis de ruido de los aerogeneradores de la Central Eólica Villonaco.

### Resumen

La Central Eólica Villonaco aporta con beneficios energéticos y ambientales al país, ya que genera energía eléctrica utilizando un recurso renovable como es el viento, y aporta a la reducción de emisiones de gases efecto invernadero; sin embargo, uno de los impactos que merece especial atención y que ha sido poco estudiado en el Ecuador, es el ruido que emiten los aerogeneradores. Por lo que el objetivo de este trabajo es presentar los resultados del análisis y monitoreo del ruido (nivel de presión sonora equivalente) de la Central Eólica Villonaco y su impacto sobre el ambiente.

Para conocer los niveles de presión sonora equivalente de los aerogeneradores de la Central Villonaco y su distribución en las comunidades cercanas, se tomaron muestras de ruido con un sonómetro en diferentes puntos identificados como emisores (aerogeneradores) y receptores (comunidades), luego estos datos fueron procesados en el software Profeta SONIC-COMPLETE, para generar el “mapa de ruido de la Central Villonaco” que proyecta los niveles de presión sonora equivalente en diferentes puntos de interés.

Los resultados indican que en Uriguanga, Rumicorral y Payanche (comunidades del área de influencia de la Central), los niveles de presión sonora equivalente, para la jornada diurna fluctúa entre los 40 y 60

decibeles (dB), por lo tanto por debajo de 65 dB que es el límite máximo establecido en la normativa ambiental; para la jornada nocturna los niveles de presión sonora equivalente se presenta entre los 47 a 57 dB, es decir supera los 45 dB, siendo este el límite máximo para la jornada nocturna, determinado en la normativa ambiental. Ante esta situación se analizó otras fuentes de emisión de ruido del aerogenerador, que no dispongan de un sistema de mitigación, identificando así al ventilador axial del sistema de enfriamiento del convertidor de potencia, como punto focal de ruido. Se analizó una alternativa de control, la misma que consiste en una cabina de insonorización con silenciador acústico, luego de proyectar virtualmente este escenario, se observó una atenuación de 10 a 12 dB, principalmente en los receptores, esto permitirá reducir los niveles de presión sonora equivalente, a valores por debajo del límite (45 dB) establecido en la normativa ambiental, en la jornada nocturna.

En el presente año CELEC EP GENSUR implementará esta alternativa de control de ruido en el aerogenerador Nro. 11, luego se medirá y evaluará los resultados, para verificar si cumple con las proyecciones del estudio y en caso de ser efectivos, la cabina de insonorización se aplicará en todos los aerogeneradores de la Central Villonaco.



### 1. Introducción

La Central Eólica Villonaco se ubica en la línea de cumbre del Cerro Villonaco en la provincia de Loja, se conforma de 11 aerogeneradores que aprovechan el viento para la generación de energía eléctrica, en el 2017 generó 66.096 GWh de energía que se distribuyó a los usuarios (residencias, comercios e industrias), a través del Sistema Nacional Interconectado (CELEC EP, 2018a). La Central se destaca no solo por sus beneficios energéticos y económicos, sino también por su aporte a la conservación del ambiente, porque utiliza un recurso renovable como es el viento, además de su contribución a las reducciones de emisiones de gases efecto invernadero en 38.052 toneladas equivalentes de CO2 por año (CELEC EP, 2015), ya que está registrada como proyecto Mecanismo de Desarrollo Limpio ante la Convención de Naciones Unidas para el Cambio Climático.

La operación y mantenimiento de la central se realiza en el marco de la prevención y mitigación de los impactos ambientales, en base al Plan de Manejo regulado por el Ministerio del Ambiente; sin embargo, uno de los impactos que merece especial atención es el ruido de los aerogeneradores, el mismo que debe ser estudiado, analizado y monitoreado para comprender los posibles efectos sobre el ambiente y las personas.

Los aerogeneradores Goldwind GW70/1500 están equipados con tecnología “direct drive” (generador magnético sincrónico multipolo de accionado directo), es decir sin caja multiplicadora, para el proceso de generación de energía, además su diseño

aerodinámico y la aplicación de programas periódicos de mantenimiento, contribuyen para que el ruido se mantenga en “niveles aceptables” en los alrededores de la Central; por estas razones podemos decir que el control de ruido en la fuente (aerogeneradores) ha sido implementado desde la fase misma de diseño y fabricación.

Para conocer los niveles de presión sonora equivalente (ruido) que emiten los aerogeneradores y su influencia en las personas y el ambiente, en función de la normativa ambiental; la Unidad de Negocio CELEC EP-GENSUR, realizó el “Estudio de ruido de los aerogeneradores de la Central”, que consistió en la medición de muestras de ruido de los emisores (aerogeneradores) y en receptores (Uriguanga, Rumicorral y Payanche), estos datos fueron procesados en el software Profeta SONIC-COMPLETE, para obtener el mapa de ruido de la Central, que proyecta los niveles de presión sonora equivalente de los aerogeneradores y su distribución en las poblaciones cercanas; y con ello conocer las áreas más afectadas.

El objetivo de este artículo es presentar los resultados del estudio de ruido de los aerogeneradores de la Central Eólica Villonaco (Torres, 2017), la alternativa de control de ruido estudiada y la proyección de la atenuación de los niveles de presión sonora equivalente, que se espera alcanzar.

## 2. Método

El estudio se realizó en la Central Villonaco, específicamente en las plataformas de implantación de los aerogeneradores (emisores de ruido), así como en los exteriores de las viviendas existentes en las comunidades (receptores de ruido) de Uriguanga, Rumicorral y Payanche que son áreas potencialmente afectadas, el mapa de ubicación geográfica del área de estudio se detalla en la Figura 1.

Para evaluar el ruido de los aerogeneradores (emisores) de la Central Villonaco y su posible afectación a los trabajadores de la central y a las personas que habitan en las comunidades (receptores) cercanas, se tomó como referencia las disposiciones establecidas en el Anexo 5 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (Acuerdo Ministerial 097-A,

2015), respecto a los niveles máximos de ruido (nivel de presión sonora equivalente) en función del uso de suelo, aplicando el criterio “agrícola residencial” que determina 65 decibeles (dB) para el período diurno (De las 07:01 a las 21:00 horas) y 45 dB para el nocturno (De las 21:01 a las 07:00 horas), esto debido a que el suelo en las comunidades, se destina a viviendas, huertos familiares, pastizales y bosques; además se incluyó la normativa de seguridad y salud ocupacional (Decreto Ejecutivo 2392, 1986), respecto al nivel de presión sonora equivalente de 85 dB, para una jornada de 8 horas.

El procedimiento para evaluar el ruido incluyó ensayos de campo y simulaciones computacionales, que se detallan a continuación.

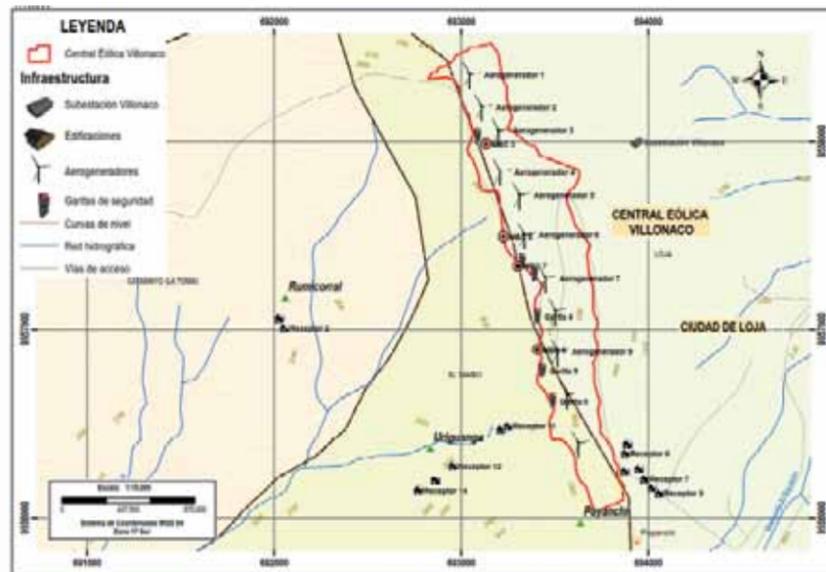


Figura 1: Mapa de ubicación geográfica del área de estudio de ruido de los aerogeneradores de la Central Eólica Villonaco. Fuente: Torres (2017)

## 2.1. Ensayos de campo

Siguiendo los lineamientos de las normas internacionales IEC 61400-11 (IEC, 2011) e ISO 8297 (ISO, 1994), con la ayuda de un sonómetro CIRRUS, CR: 162C; Clase 2 (ver figura 2), se realizaron 99 mediciones de ruido (presión sonora equivalente, tonalidad y ruido de fondo) en todos los emisores (11 aerogeneradores), además de 23 muestras de ruido en los receptores (Uriguanga Rumicorral y Payanche), distribuidos en jornada diurna y nocturna; procesando un total 122 muestras en el mes de febrero de 2017, paralelamente en cada punto de muestreo se levantaron datos de ubicación geográfica. Las mediciones nivel de presión sonora equivalente se realizaron con los aerogeneradores en operación, mientras que el ruido de fondo, con los aerogeneradores detenidos. (Torres, 2017).



Figura 2: Ejemplo del monitoreo de ruido emisor, aerogenerador # 4 de Central Villonaco, receptor exterior de una vivienda del barrio Uriguanga. Fuente: Torres (2017)

## 2.2. Simulaciones computacionales



Con la información levantada en campo se creó una base de datos espacial georreferenciada (Referirse a figura 1), que se importó al software Profeta SONIC-COMPLETE, para el proceso de modelamiento y predicción del nivel de presión sonora equivalente de los aerogeneradores y la proyección hacia a los receptores.

A continuación se resume los principales módulos utilizados del software. Se inicia con una delimitación del área de estudio (Modulo CELL Perside), luego se proyecta los niveles de presión sonora equivalente en los emisores, según la metodología descrita en la norma ISO 3744 (ISO, 2010) aplicada en el Modulo G-Pot, después mediante simulación numérica, se realiza el mapa de ruido para cada emisor según la norma ISO 9613 (ISO, 1996) aplicada en el Modulo Profeta-SONIC\_VM; y finalmente se proyecta el nivel de ruido en el área circundante, aplicando la simulación numérica del módulo MessiahSONIC.

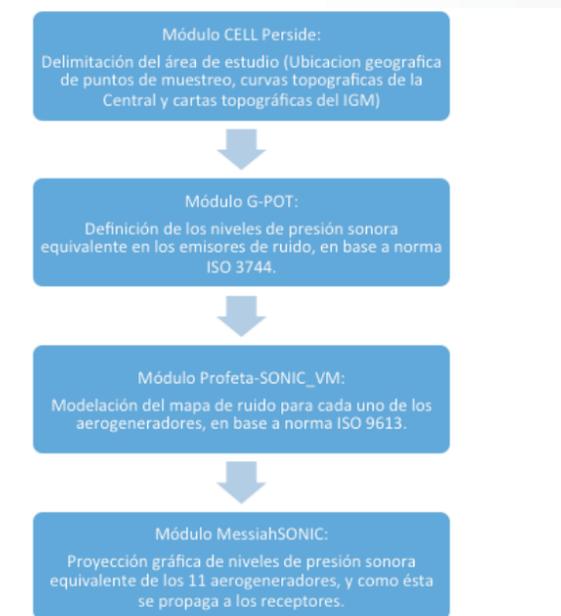


Figura 3: Módulos del software Profeta SONIC-COMPLETE. Fuente: Basado en Torres (2017)





Estudio de análisis de ruido de los aerogeneradores de la Central Eólica Villonaco

### 3. Resultados

Los resultados de la simulación con el Modulo G-POT en los emisores (base de los aerogeneradores) se muestran en la figura 4. En donde se observa que en el 100 % de los aerogeneradores, los niveles de presión sonora equivalente (LeqT), tanto en el día como en la noche, superan los 85 dB; que es el nivel permitido en una jornada de 8 horas (limite jornada/8h). (Torres, 2017).

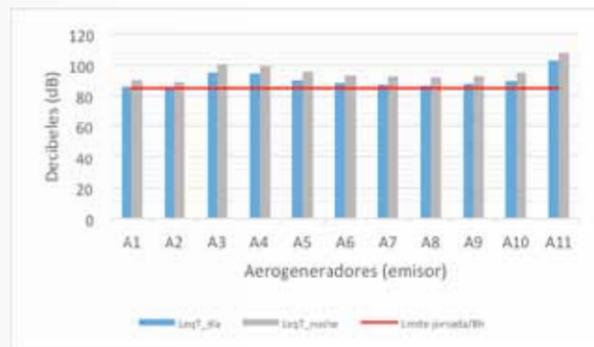


Figura 4: Niveles de presión sonora equivalente (LeqT) calculados en los aerogeneradores. Fuente: Basado en Torres (2017)

En los receptores, los resultados del módulo G-POT para todos los casos estudiados en la jornada diurna, el nivel de presión sonora equivalente (LeqT), se encuentra bajo los 65 dB, mientras que para la jornada nocturna, el 100% de casos esta sobre los 45 dB. (Torres, 2017).

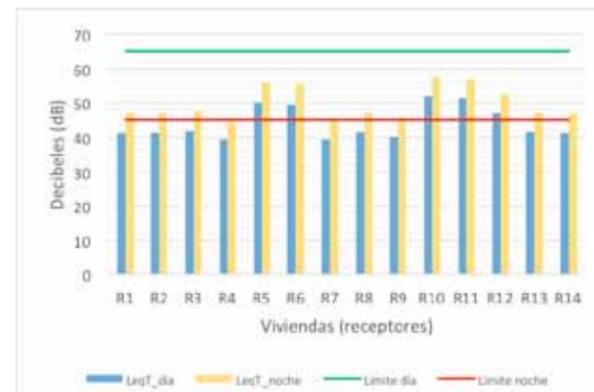


Figura 5: Niveles de presión sonora equivalente (LeqT) en los receptores. Fuente: Basado en Torres (2017)

### 3. Resultados

Con el Módulo Profeta-SONIC\_VM, se modeló el mapa de ruido de la Central Villonaco, el cual indica los niveles de presión sonora equivalente de los 11 aerogeneradores y su distribución hacia los receptores en la jornada diurna y nocturna. En la figura 6 se presenta el mapa de ruido para la jornada diurna; mientras que en la figura 7 se detalla el mapa de ruido para la jornada nocturna, donde se puede observar que en los receptores (Uriguanga Rumicorral y Payanche) el nivel de presión sonora equivalente supera los 45 dB.

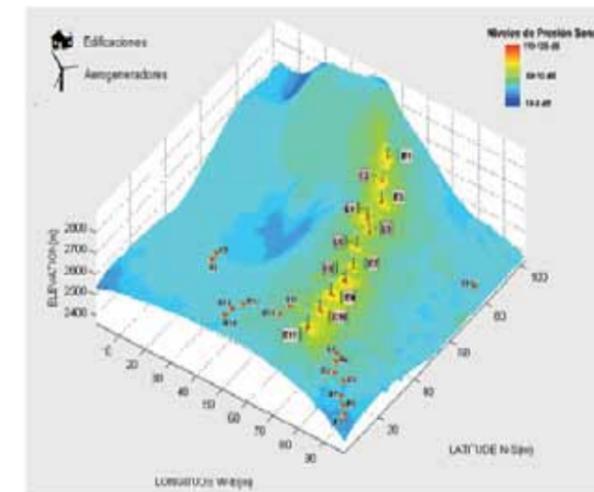


Figura 6: Mapa de niveles de presión sonora equivalente (ruido) de la Central Villonaco; jornada diurna. Fuente: Torres (2017)

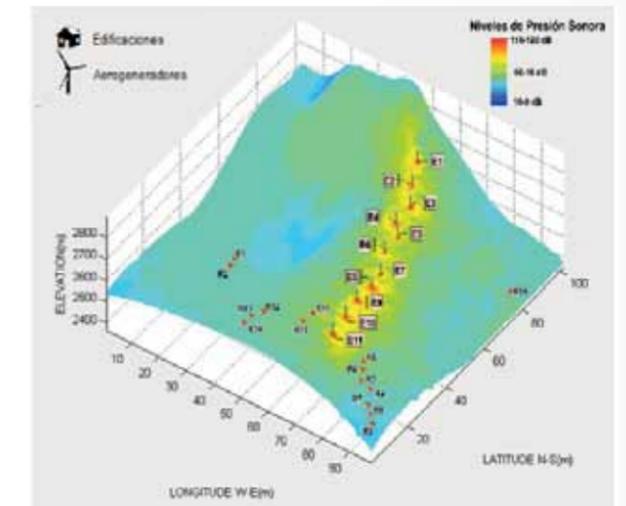


Figura 7: Mapa de niveles de presión sonora equivalente (ruido) de la Central Villonaco; jornada nocturna. Fuente: Torres (2017)





### 3. Resultados

Con el objeto de disminuir el ruido en jornada nocturna en los receptores, se diseñó una cabina de insonorización en los aerogeneradores, provista de un silenciador acústico con paneles absorbentes en su interior, esta cabina se instalará en la parte exterior del aerogenerador, a la altura del ventilador axial (punto focal de ruido) permitiendo que el aire caliente que extrae esta máquina puedan conducirse hacia el exterior, atenuando el ruido y sin comprometer el flujo del aire del sistema de enfriamiento del aerogenerador.

Para comprobar los resultados esperados de la cabina, se realizó una modelación virtual en el software Profeta SONIC-COMLETE (Módulo Zum-ON), tomando en cuenta las nuevas condiciones acústicas, una vez implementada la solución propuesta en todos los aerogeneradores, se observó una disminución de los niveles de presión sonora equivalente de hasta 12 dB para el 100% de casos estudiados en los receptores, situación que se puede observar en las figuras 9 y 10.

### 4. Discusión

El nivel de presión sonora equivalente calculado en la base de los aerogeneradores, en jornada diurna y nocturna fluctúa entre los 86 a 105 decibeles (dB), por tanto supera los 85 dB que es el límite permitido en una jornada laboral de 8 horas, sin embargo esta situación no representaría un riesgo para la salud del personal de mantenimiento de la Central, ya que las tareas de mantenimiento que implican una duración de hasta 8 horas de trabajo, se realizan con el aerogenerador fuera de servicio, es decir sin ruido de la fuente. Por otro lado, algunas tareas tales como supervisión y mantenimiento menor que se realizan con el aerogenerador en operación, el tiempo de exposición del personal al ruido es de dos horas (CELEC EP, 2018b); y con el uso de la protección auditiva, el nivel de presión sonora equivalente se atenúa hasta en 30 dB.

A pesar que en el 100% de los receptores, el nivel de presión sonora equivalente supera los 45 dB, es necesario recalcar que las muestras de ruido se tomaron en los exteriores de las viviendas de las comunidades de Rumicorral, Uriguanga y Payanche, conforme la normativa ambiental (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015) que recomienda tomar muestras de ruido en los puntos críticos de afectación (receptores), a una distancia de por lo menos 1.5 metros de las paredes de edificios o estructuras para evitar “reflejar el sonido”; por tanto los niveles de presión sonora equivalente determinados en el presente estudio, podrían percibirse en menor intensidad al interior de las viviendas de estos sectores, si tomamos en cuenta que las barreras físicas (paredes, techos y tumbados) atenúan el ruido.

Es necesario continuar con los monitoreos de ruido de los aerogeneradores durante toda la vida útil de la Central Eólica Villonaco y plantearse futuras líneas de investigación, para conocer cuáles son los niveles de presión sonora equivalente de los aerogeneradores, que perciben las personas de las comunidades de Rumicorral, Uriguanga y Payanche, cuando se encuentran al interior de sus viviendas, principalmente en la jornada nocturna; y con ello evaluar posibles afectaciones en su salud.



Figura 8: Modelo virtual de cabina de insonorización. Fuente: Torres (2017)

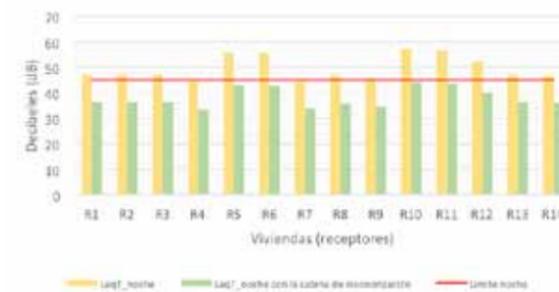


Figura 9: Nivel de presión sonora equivalente (LeqT) en los receptores, con la cabina de insonorización. Fuente: Torres (2017)

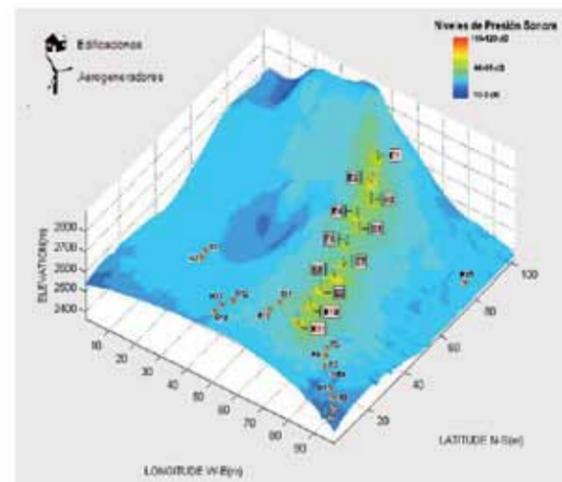


Figura 10: Mapa de niveles de presión sonora equivalente de la Central Villonaco, una vez instalada la cabina de insonorización, jornada nocturna. Fuente: Torres (2017)





## 5. Conclusiones

El nivel de presión sonora equivalente calculado en la base de los aerogeneradores, fluctúa entre los 86 a 105 decibeles (dB), por tanto supera los 85 dB, que es el límite permitido en una jornada laboral de 8 horas (Decreto Ejecutivo 2393, 1986); sin embargo, esta situación no representaría un riesgo significativo para la salud del personal de operación y mantenimiento, ya que las tareas que implican una duración de hasta 8 horas de trabajo en el aerogenerador, se realizan con éste fuera de servicio, es decir, con la fuente sin emitir ruido y con la obligación de usar el equipo de protección auditiva, por parte del personal.

En los receptores (viviendas del barrio Uriguanga, Rumicorral y Payanche), para todos los casos estudiados en la jornada diurna, los niveles de presión sonora equivalente se encuentra entre los 40 y 60 decibeles dB, es decir, en valores inferiores a los 65 dB; mientras que para la jornada nocturna, los niveles de presión sonora equivalente se presenta entre los 47 a 57 dB, sobre los 45 dB que es límite máximo permitido para la jornada nocturna (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015).

Tomando en cuenta los niveles de presión sonora equivalente generados en jornada nocturna, se identificó que el ventilador axial (ubicado en la base del aerogenerador, que cumple la función mantener una temperatura regularizada), es una maquina industrial que emite un ruido que fluctúa entre los 90 a 110 dB y que no dispone de un sistema de atenuación; consecuentemente el ruido mecánico de

este componente, asociado al ruido aerodinámico del aerogenerador, pueden generar un efecto sinérgico, que probablemente este incidiendo para que el ruido se propague hasta llegar a los barrios aledaños a la Central, en niveles que superan el límite máximo de 45 dB, establecidos en la normativa ambiental.

Como alternativa de atenuación de ruido para el ventilador axial, se diseñó una cabina de insonorización con silenciador, que está conformada por estructura metálica y material absorbente acústico (paneles absorbentes) interno, que cumple la función de absorción (transformación de la energía acústica en calorífica) de ruido. Se realizó un “modelamiento virtual” del diseño, construcción e instalación de la cabina de insonorización y una vez proyectado este escenario, se observó que los niveles de presión sonora equivalente, fluctúan entre los 33 a 44 dB, en los exteriores de las viviendas de los barrios del área de influencia de la Central, permitiendo de esta manera que se cumpla con lo establecido en la normativa ambiental de 45 dB, como límite máximo para la jornada nocturna en estos sectores.

Es necesario construir e instalar un prototipo de cabina de insonorización en un aerogenerador para medir, monitorear y comprobar si el nivel de presión sonora se atenúa en todos los escenario posibles (velocidad y dirección del viento, aerogenerador en operación o parado) y alcanzando los resultados propuestos en el modelamiento digital.

### Autores

Estudio de análisis de ruido de los aerogeneradores de la Central Eólica Villonaco

#### Ricardo Fernando Amaya Pogo

ricardo.amaya@celec.gob.ec; CELEC EP GENSUR, Departamento de Gestión Social y Ambiental.

Ricardo Amaya Pogo de profesión Ingeniero en Gestión Ambiental, designado como Especialista de Gestión Social y Ambiental de la Central Villonaco, realizó las funciones de planificación y desarrollo de actividades relacionadas con el análisis y monitoreo del ruido de los aerogeneradores de la Central Eólica Villonaco.

#### Alexis Eduardo Torres Palacios

alexis@dbas.com.ec; Consultor Especializado en Sonido y Acústica; contratado por CELEC EP GENSUR para la ejecución de “Estudio de análisis de ruido de los aerogeneradores de la Central Eólica Villonaco”





# Central Hidroeléctrica MAZAR



Factibilidad del uso de lechuguín del embalse Mazar para la elaboración de compost.

## Resumen

*Euchornia crassipes* es una planta acuática que crece a un ritmo acelerado en los embalses de agua. Este es un motivo de preocupación en el embalse de Mazar, manejado por CELEC EP HIDROPAUTE. Este embalse se llenó en el 2010 y se han eliminado aproximadamente 40 hectáreas de esta especie. Hoy en día, se lleva a cabo un mantenimiento constante para evitar problemas operativos (generación de sedimentos) debidos a la proliferación de la *E. crassipes*.

El Plan de Manejo Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Mazar busca propuestas orientadas a la utilización de la biomasa vegetal en la producción de fertilizantes orgánicos y biogás. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el contenido de nutrientes y la calidad ambiental del compost elaborado a partir de *E. crassipes*, extraída del embalse de Mazar.

El contenido de metales pesados y la caracterización de nutrientes fueron optimizados por medio de un enfoque de diseño experimental. Las variables aplicadas para este fin fueron: el tiempo de fermentación, la dosis de inóculo de microorganismos (beneficios) y la dosis de abono. Los resultados obtenidos del proceso de compostaje nos permitieron relacionar las condiciones aplicadas para preparar compost, con un cierto contenido en metales pesados y un porcentaje de nutrientes.

Los resultados obtenidos mostraron un bajo nivel de macronutrientes en el compost resultante. Sin embargo, este suplemento puede ser considerado como un mejorador del suelo o fuente de materia orgánica. El contenido de metales pesados fue bajo en los productos obtenidos. Estos resultados nos permiten concluir que el uso de *E. crassipes* como fuente para compost es factible y recomendable para mejorar la actividad biológica del suelo. El contenido de nutrientes puede ser mejorado con otros tratamientos como la adición de excretas de animales domésticos ricos en nitrógeno, fósforo y potasio.

## 1. Introducción

El término *eutrofización* se deriva de la raíz griega que significa “bien nutrido”. Este término describe una condición de reservorios que involucra un exceso de crecimiento vegetal. Las condiciones eutróficas de un cuerpo de agua pueden conducir a severos deterioros del ecosistema. Aunque la eutrofización es un fenómeno natural, las actividades antropogénicas pueden acelerar grandemente el proceso (Manahan, 2010)

La proliferación de macrófitas constituye un serio problema para los embalses en donde las condiciones climáticas y de calidad de agua así lo permiten. Este es el caso de los embalses Amaluza y Mazar del proyecto Paute (CELEC EP, 2012). Esta situación podría agravarse si es que no se toman medidas necesarias.

Entre los principales problemas de los embalses mencionados está la tasa anual de sedimentos ingresados. Parte importante de este problema son los sedimentos generados por la materia orgánica procedente de la capa de macrófitas, y que en el año 2011 y 2012 ocupó aproximadamente 40 ha del embalse Mazar (CELEC EP, 2012). Una extensa cobertura de macrófitas provoca una evapotranspiración superior a la que normalmente ocurre en superficies de agua libre pero varían grandemente debido a la temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y las características de infestación del Jacinto de agua (Labrada et al., 1996). Sin embargo, las pérdidas por evapotranspiración varían grandemente debido a la temperatura, la humedad relativa, la velocidad del viento y las características de la infestación.

El embalse Mazar se encontraba cubierto en el sector de Sacre, Cantón Guachapala por una tupida alfombra de “Lechuguín”, situación que a más de ser un paisaje exótico fuera de lo común, involucra serios problemas de desplazamiento de embarcaciones. A pesar de no ser el causante directo de malos olores, el crecimiento excesivo de capa vegetal origina que cantidad de basura se acumule en la cola del embalse generando mal aspecto, malos olores y proliferación de mosquitos.

Por lo tanto se deben buscar estrategias que permitan reducir y a la vez aprovechar el lechuguín de los embalses de CELEC EP y de esta forma reducir la generación de sedimentos provenientes del ciclo de vida de esta especie. Al momento, se realiza extracciones mecánicas de lechuguín y parte de esta biomasa es destinada a elaboración de compost para su posterior utilización en sitios destinados a programas de reforestación, recuperación de escombreras, aprovechamiento de la comunidad local, por tal motivo fue necesario el estudio de uso y factibilidad, que incluye análisis de metales pesados y nutrientes para su segura aplicación en ámbitos agrícolas, forestales y ambientales.

A la fecha (año 2018) el embalse Mazar se encuentra libre de macrófitas acuáticas y esta metodología de extracción mecánica y tratamientos de compostaje se está replicando en el embalse Amaluza.

El objetivo de este artículo es mostrar los resultados obtenidos de la evaluación y factibilidad de uso del lechuguín para la producción de compostaje y su uso.



## 2. Metodología

### 2.1.- Ubicación del embalse Mazar

El Proyecto Hidroeléctrico Mazar está ubicado al sureste del Ecuador en el límite entre las provincias de Azuay y Cañar. El sitio de las obras se encuentra aproximadamente en el Km 105 de la carretera Cuenca – Paute – Guarumales (Figura 1).

### 2.2 Proceso de elaboración de compost a partir de lechuguín.

El proceso de compostaje de lechuguín que se propone y que se implementó en CELEC EP HIDROPAUTE en el periodo 2012-2013 se desarrolló de acuerdo al siguiente esquema:

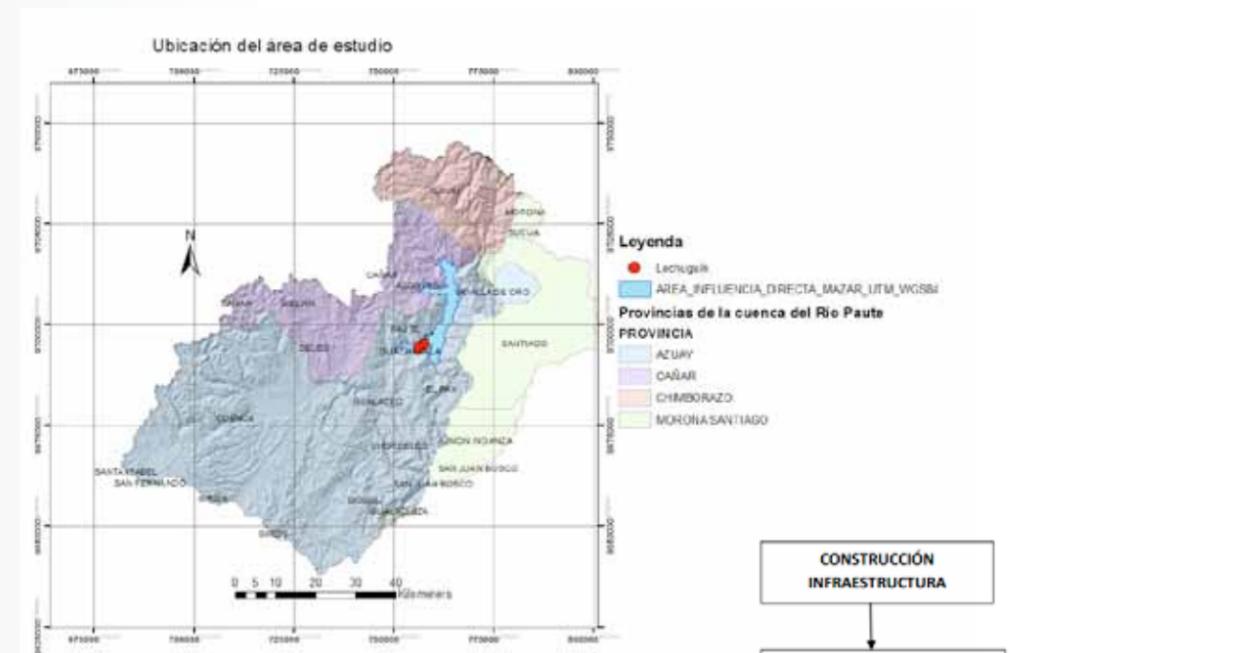


Fig. 1 Mapa del área de proliferación de vegetación acuática en el embalse Mazar. Fuente: Autor



Figura 2.- Detalles del proceso de elaboración de compost. Fuente: Autor.

### 2.3 Diseño experimental

Se aplicó un diseño factorial completo  $2^3$  con tres repeticiones para cada experimento, con el fin de establecer la influencia de las variables en el contenido de metales pesados y nutrientes del compost obtenido del lechuguín según el proceso descrito en la Figura 2. Se analizó un total de 24 unidades experimentales. En un diseño factorial las influencias de todas las variables experimentales, factores y efectos de interacción son investigadas. Los niveles mínimo y máximo asignados a cada variable permiten definir un dominio experimental razonable para la investigación (Lundsted, 1998).

Las variables investigadas y los niveles máximo y mínimo aplicados en el diseño del experimento se presentan a continuación.

La aplicación del diseño experimental  $2^3$  permitió el desarrollo de ocho tratamientos, con las condiciones que se describen a continuación.

Tabla 1. Variables y niveles de medición.

| VARIABLES                         | NIVELES        |                |
|-----------------------------------|----------------|----------------|
|                                   | Máximo         | Mínimo         |
| Tiempo de fermentación            | 135 días       | 60 días        |
| Adición de abono *                | 25 kg/cama     | 12.5 kg/cama   |
| Inóculo de Microorganismos (EM)** | 54 litros/cama | 27 litros/cama |

\*\* Microorganismos eficaces™ (EM™), \* Abono de pollo

Tabla 2. Tratamientos aplicados al desarrollo de compost de lechuguín.

| Experimento | Adición abono | Tiempo de fermentación | Inoculo microorganismos |
|-------------|---------------|------------------------|-------------------------|
| 1           | -1            | -1                     | -1                      |
| 2           | 1             | -1                     | -1                      |
| 3           | -1            | 1                      | -1                      |
| 4           | 1             | 1                      | -1                      |
| 5           | -1            | -1                     | 1                       |
| 6           | 1             | -1                     | 1                       |
| 7           | -1            | 1                      | 1                       |
| 8           | 1             | 1                      | 1                       |

Nota: -1 dosis baja; 1 dosis alta

Un total de ocho experimentos correspondientes a dos niveles de la aplicación de abono, dos niveles de tiempo de compostaje y dos niveles del inóculo de microorganismos fue aplicado para elaboración del compost. Estos experimentos se realizan en los extremos del dominio experimental. Las columnas no están correlacionadas sino que son ortogonales, a niveles mínimos y máximos. El modelo permite estimar un efecto independientemente de los otros. Para el cálculo de los efectos se utiliza el promedio de la varianza de los tres valores aplicado para el cálculo de la varianza total cuya raíz cuadrada representa el error experimental.





## 2.4 Caracterización Química del Compost obtenido a partir de E. crassipes.

Se extrajeron muestras representativas de cada unidad experimental, las cuales fueron caracterizadas en diferentes parámetros. Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Análisis Ambientales de la Universidad del Azuay. Se monitorearon parámetros como humedad, materia orgánica y nitrógeno total. Además se cuantificó el contenido de metales: Aluminio, Calcio, Cobre, Cromo Total, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Níquel, Plomo, Potasio, Sodio y Zinc.

Tabla 3. Modelo matemático. Parámetro

|         | Modelo   | Nivel de significación |        |
|---------|--|------------------------|--------|
|         |  | 95%                    | 90%    |
| pH      | $7.09 + 0.0045 X - 0.764 Y + 0.0029 Z - 0.044XY + 0.031XZ - 0.033 YZ + 0.015 XYZ$        | 0.68                   | 0.58   |
| Humedad | $54.30 - 0.67542X - 6.87958Y - 0.68Z - 0.51XY - 0.006XZ + 0.61YZ + 0.23XYZ$              | 7.23                   | 6.24   |
| Fósforo | $1089.45 + 70.7375X + 1002.79Y + 309.1475Z + 91.965XY + 130.9XZ + 328.91YZ + 122.4 4XYZ$ | 985.31                 | 850.03 |
| Amonio  | $50.397 - 2.65X - 21.10Y + 0.14Z + 3.001XY + 1.996XZ + 1.375YZ - 4.80XYZ$                | 22.77                  | 19.64  |

X: adición de abono (kg/cama), Y: tiempo de fermentación (días), Z: inóculo microorganismos (litros/cama)

No hubo diferencias significativas de los experimentos en el contenido de metales (K, Ca, Cu, Fe, Mg, Na, Zn): las variables adición de abono e inoculación de microorganismos no influyeron en los resultados al igual que la variable tiempo de fermentación. (Tabla 4). Tampoco hubo diferencias significativas en los niveles de Potasio al 90 y 95 %, pero se observa que la variable tiempo puede influir en los contenidos de Potasio disminuyendo estos a través del tiempo de compostaje. (Fig. 5)

## 3. Resultados

### 3.1 Análisis de parámetros de acuerdo al Diseño Experimental 2<sup>3</sup>

El análisis de los parámetros obtenidos permitió desarrollar los siguientes modelos matemáticos, en función de las variables estudiadas (Tabla 3) La variable Y (tiempo de fermentación) fue significativa al 90 % y 95% en pH (fig. 3); 90 % en humedad (Fig. 4); al 90 % en Amonio, al 90 % en fósforo (Fig. 5)

Tabla 4. Metales evaluados

| Experimento | Metales evaluados (ppm) en compost elaborado mediante diseño experimental 2 <sup>3</sup> |         |       |          |          |        |       |
|-------------|--|---------|-------|----------|----------|--------|-------|
|             | Potasio  | Calcio  | Cobre | Hierro   | Magnesio | Sodio  | Zinc  |
| 1           | 7734.15  | 4503.75 | 5.3   | 2315.75  | 1443.38  | 405.71 | 33.44 |
| 2           | 6153.53  | 5015.96 | 6.01  | 2990.073 | 1287.50  | 206.73 | 42.29 |
| 3           | 4414.72  | 4202.19 | 5.01  | 2824.83  | 1188.81  | 250.84 | 22.92 |
| 4           | 4797.85  | 4393.15 | 7.16  | 2398.52  | 1153.92  | 268.95 | 42.40 |
| 5           | 6819.44  | 4730.73 | 5.86  | 2990.84  | 1204.16  | 295.35 | 33.53 |
| 6           | 5601.50  | 4854.39 | 2.63  | 3166.35  | 1242.83  | 158.11 | 23.99 |
| 7           | 5196.21  | 3646.54 | 9.28  | 2501.12  | 1156.43  | 301.65 | 37.77 |
| 8           | 4597.33  | 3803.36 | 4.61  | 1990.51  | 1115.05  | 262.88 | 40.38 |

\*Promedio de las tres repeticiones

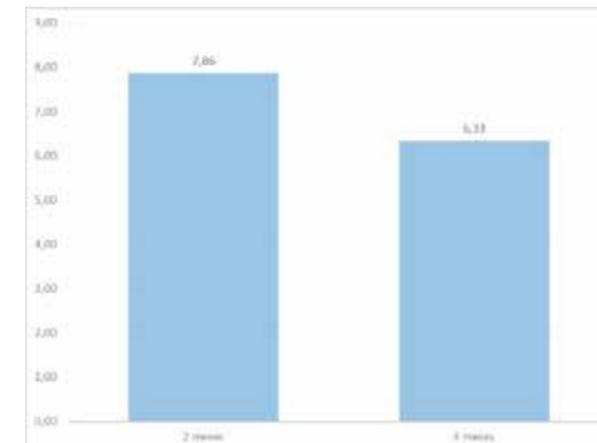


Figura 3. Valor de pH a los 2 y 4 meses de compostaje

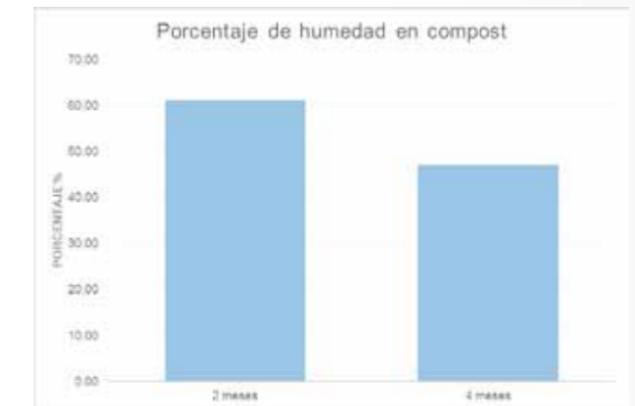


Figura 4. Porcentaje de humedad en compost a los 2 y 4 meses.

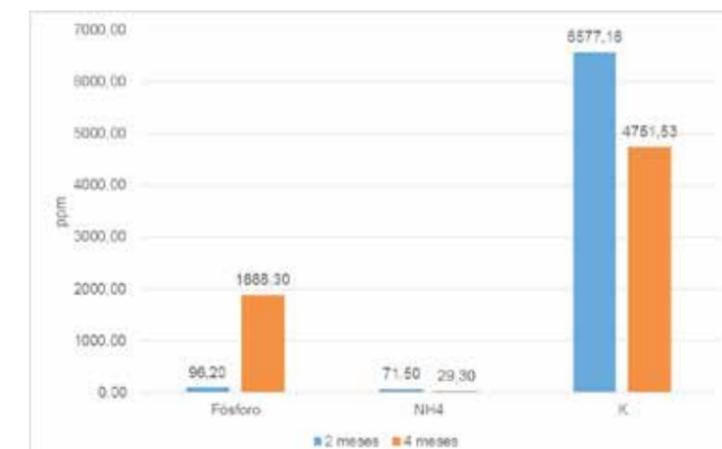


Figura 5. Contenido de Fósforo, Amonio y Potasio a los 2 y 4 meses de compostaje

## 4. Discusión

### pH

No hubo diferencias significativas por la aplicación de diferentes dosis de abono y el inóculo de microorganismos (benéficos) (ver tabla 3) sin embargo, en la variable tiempo de fermentación existe diferencias significativas en que los experimentos 3, 4, 7 y 8 (compost de 135 días) presentan valores de pH más ácidos que en los tratamientos de compostaje de 60 días. Se concuerda con otros autores Iñiguez G, et al. (2004), en que menciona que los valores de pH durante el proceso de descomposición cumplen una fase de acidificación con el tiempo de compostaje hasta llegar a una neutralización.

### Humedad

Hubo diferencias significativas en la variable tiempo de fermentación y en el contenido de humedad del compost (ver tabla 3), el compost sometido a 135 días presentó menor porcentaje de humedad por tener mayor tiempo de secado. Se coincide con datos publicados por otros autores Wu et al. (2000), en que al inicio del proceso presentan valores de humedad más altos y que el compost va perdiendo paulatinamente humedad con el tiempo.

### Materia Orgánica

En la presente investigación no hubo diferencias en el contenido de materia orgánica y no varió significativamente en el tiempo de 60 días y 135 días. Tampoco hubo significancia con las otras dos variables. Sin embargo; en estudios realizados por Defrieri, R. L. et. al. (2005) y Carrielo M. et. al. (2005) la materia orgánica disminuyó considerablemente en el tiempo de compostaje.

### Cenizas

No hubo diferencias significativas en ninguno de los tratamientos.

### Nitrógeno

No hubo diferencias significativas en el contenido de Nitrógeno con ninguna de las tres variables.

### Amonio

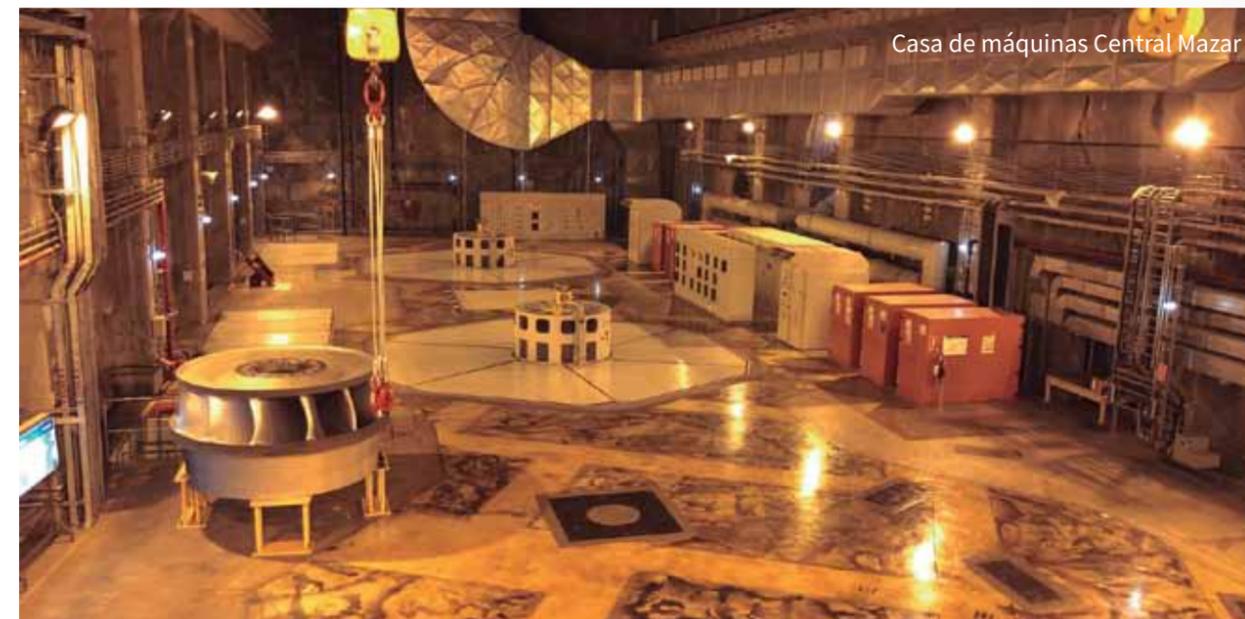
Hubo diferencias significativas en cuanto al contenido de amonio (ver tabla 3). El compost producido en 60 días presentaba niveles de amonio más altos que el compost elaborado en 135 días, lo que prueba claramente la pérdida de amonio en el tiempo de compostaje, por lo que se concuerda con Zubillaga, M. (2004); que concluye que las pérdidas de amoníaco durante el proceso de compostaje, se relacionan con los días de compostaje.

### Fósforo

Hubo diferencias significativas en el contenido de fósforo (ver tabla 3). Los niveles de fósforo fueron mayores en el compost obtenido en 135 días. Al ser el fósforo un nutriente con poca movilidad, no hubo pérdidas por lixiviación, y se obtuvo una mayor concentración de este elemento con la pérdida de humedad.

### Metales

Al igual que en estudios realizados por Ingelmo, F. (2006), no hubo disminución o cambios significativos en el contenido de metales (cadmio, plomo, cobre y zinc) en el proceso de compostaje. En la presente investigación tampoco hubo diferencias significativas de los tratamientos en el contenido de metales ( $K^+$ , Ca, Cu, Fe, Mg, Na, Zn) (ver tabla 4). Las variables adición de abono e inóculo de microorganismos no influyeron en los resultados al igual que la variable tiempo. No se detectaron en los análisis la presencia de metales como Níquel, Plomo, Cadmio y Mercurio. A pesar de no haber diferencias significativas en los niveles de potasio, se puede observar en los resultados obtenidos, que los niveles de Potasio disminuyen a través del tiempo de compostaje.



## 5. CONCLUSIONES

La biomasa generada por el crecimiento de *E. crassipes* en las condiciones actuales en el embalse Mazar es una fuente adecuada para el desarrollo de compost, útil en el acondicionamiento de suelos agrícolas, especialmente los de baja cantidad de materia orgánica. No se detectaron metales pesados por lo que puede ser utilizado como mejorador de suelos.

Si bien es cierto los niveles de nutrientes encontrados en el compost no son altos comparados con el resto de abonos orgánicos comerciales; sin embargo, se recomienda utilizarlo como mejorador de suelo al realizar un importante aporte de materia orgánica y de microorganismos.

Las dosis aplicadas de abono no alteraron el contenido de nutrientes y metales del compost.

Las inoculaciones de microorganismos (benéficos) no alteraron la calidad de nutrientes del compost ni tampoco se observaron principios de bioremediación a las dosis aplicadas.

La única variable que presentó cambios en los contenidos de nutrientes, humedad y pH fue la variable tiempo de fermentación.





Represa Mazar

## 6. RECOMENDACIONES

Una vez realizados los análisis y haber verificado que no fueron detectados niveles de metales pesados se recomienda el compostaje como alternativa a la disposición final de los lechuguines extraídos del embalse Mazar. Sin embargo, se deben realizar periódicamente análisis del contenido de metales tanto en las macrófitas como en el agua del embalse.

Se recomienda realizar nuevas investigaciones en compost con nuevas dosis de abono o diferentes relaciones Carbono/Nitrógeno.

No se encontraron contenidos altos de metales pesados, sin embargo se recomienda a las empresas hidroeléctricas realizar análisis periódicos de calidad de agua y del lechuguín de los embalses para sus posibles aplicaciones y usos.

Realizar investigaciones sobre los microorganismos presentes en el lechuguín, para verificar su calidad y contenido microbiológico. Se recomienda realizar investigaciones con la inoculación de microorganismos de diferentes géneros, tanto de casas comerciales, cepas locales de la zona o de microorganismos presentes en otros abonos orgánicos.

Para realizar sistemas de compostaje, se recomienda una preclasificación del lechuguín al tener este contenido indeseado (basura plástica, basura orgánica, materiales corto punzantes como vidrios latas) como consecuencia de la contaminación del río Paute y su acumulación en ciertas zonas del embalse Mazar.

Tomar las medidas de seguridad adecuadas para la manipulación del lechuguín y el proceso de compostaje. Se recomienda utilizar guantes, mascarillas, botas en los trabajos a realizarse en el compost y verificar medidas de higiene adecuadas después de manipular el compost.



Factibilidad del uso de lechuguín del embalse Mazar para la elaboración de compost

### Registro fotográfico



Foto 1. Proliferación de lechuguín en el embalse Mazar.



Foto 2. Recolección de lechuguín con maquinaria.



Foto 3. Traslado de Lechuguín al sector de Don Julio.



Foto 4. Picado de lechuguín.



## Registro fotográfico



Foto 5. Volteo para aireación del material.



Foto 6. Control con barreras físicas para evitar dispersión de lechuguín.



Foto 7. Invasión de lechuguín en embalse Mazar en el sector de Sacre.



### Autor

Factibilidad del uso de lechuguín del embalse Mazar para la elaboración de compost

#### **Pedro Alvarado C.**

Universidad del Azuay, Maestría en Gestión Ambiental,  
Cuenca, Ecuador.

Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP Cuenca - Ecuador.  
(E-mail: pedroalvaradoc1@hotmail.com).  
Dr. Piercosino Tripaldi Cappelletti.  
Director.



## Proyecto Hidroeléctrico Mazar Dudas

Manejo de escombreras sin abandono como buena práctica ambiental, durante la construcción de la Central San Antonio del Proyecto Hidroeléctrico Mazar Dudas.

### Resumen

La Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP Unidad de Negocio HIDROAZOGUES ejecuta el Proyecto Hidroeléctrico Mazar Dudas, ubicado en la provincia del Cañar, cantón Azogues, parroquias: Rivera, Pindilig, Taday y Luis Cordero. Aprovecha el potencial de los ríos Pindilig y Mazar para generar 20.82 MW de potencia con un aporte de 125,3 GWh de energía media anual para la provincia de Cañar y la región.

Este proyecto Mazar Dudas está compuesto por dos aprovechamientos: uno en la cuenca del río Mazar con dos Centrales en cascada “Alazán” de 6,23 MW y “San Antonio” de 7,79 MW y una tercera en la cuenca del río Dudas con la Central “Dudas” de 7,40 MW. En el año 2017, finalizó la obra civil de la Central San Antonio, en la cual para el manejo de los escombros generados durante el proceso constructivo, se consideró la implementación de escombreras cuya estabilidad es de importancia fundamental debido a las condiciones geológicas y geotécnicas del terreno, condiciones climáticas y a la geomorfología que caracterizan a la zona del proyecto, exigiendo prever aspectos de manejo que exceden lo establecido por la normativa vigente.

Para garantizar la estabilidad en las escombreras, la implementación se fundamentó en el análisis

geotécnico. A partir de las conclusiones favorables obtenidas de éste análisis, se plasmó el diseño civil con un sistema de drenaje subterráneo y superficial y estructuras de contención. Para finalizar con la sistematización de estas condiciones en un Plan de Manejo Ambiental específico contemplado desde la selección del sitio hasta el cierre, en donde se incluyó la revegetación de las áreas utilizando los conceptos de sostenimiento, control de erosión y recuperación del paisaje.

Transcurridos 12 meses de la finalización de la implementación de las escombreras, que incluyen la época de mayor precipitación (meses de abril a septiembre) una vez evaluadas las escombreras y la infraestructura, presente en ellas, se ha constatado que éstas han mostrado un comportamiento estable, tanto los drenajes subterráneos como superficiales están cumpliendo con su función, no se han presentado variaciones en la estructura del suelo y la revegetación se ha prendido de tal forma que el suelo está protegido contra la precipitación, escorrentía y erosión.

La aplicación del esquema de manejo demostrado en este documento ha permitido disponer los escombros de una manera planificada y ordenada, facilitando el seguimiento y control durante el proceso constructivo y cierre.



Tanque de carga, tubería de presión y descarga del aprovechamiento San Antonio

### Introducción

La Central San Antonio está ubicada en la parroquia Rivera. Se compone de una captación con un azud de 22.9m x 4.8m, aproximadamente a 47m aguas abajo del puente de la vía Matrama – Rivera – Mazar; le sigue un desarenador de doble cámara de 9.6m x 79m sobre la margen izquierda del río Mazar; continúa con una conducción a gravedad sobre la misma margen izquierda de 4.084m, formada por un canal rectangular de hormigón, cinco acueductos, un túnel, nueve tramos de tubería de PVC y un tramo con tubería metálica y marcos H que se empalman a un tanque de carga de 8.6 m x 44.5 m con una descarga de 352m, éste se conecta a una tubería de presión de 371m y diámetro 1.200mm; la cual, se enlaza a una casa de máquinas con un grupo turbina - generador y concluye en un canal de restitución de 2.2m x 7.43 m hacia el cauce del río Mazar.

La construcción de este sistema ha implicado desde el punto de vista ambiental, varias actividades que en ocasiones han impactado a la comunidad cercana al proyecto, siendo una de las actividades de mayor impacto la generación de escombros, la cual mediante la adecuada gestión puede mitigarse en su impacto, evitando los problemas relacionados al transporte y destino final de escombros. Sin embargo, la concepción tradicional durante la ejecución de

obras tiende a que el material sea depositado en sitios que ofrecen menor resistencia al conflicto y mayor beneficio económico, poniendo en segundo plano las consecuencias ambientales que surgen de manera inmediata, a mediano o a largo plazo y que influyen de manera negativa en los diferentes recursos, infraestructuras y población.

En general los proyectos de construcción dentro de su Plan de Manejo Ambiental (PMA), cuentan con un subplan para el manejo de desechos, gracias a la regulación del Ministerio del Ambiente (MAE), una directriz relevante para considerar durante la ejecución de las actividades de desalojo, transporte y disposición final de escombros; no obstante, la regulación del MAE suele ser muy general para su aplicación a escombreras, así en la práctica las disposiciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) son las que ofrecen mayor claridad con respecto al manejo de escombros, haciendo referencia a especificaciones generales de control ambiental para los sitios de disposición de sobrantes inertes (escombreras), siendo ésta la única herramienta de la normativa local que considera el tema, así en la figura 1 se muestra un diagrama que ilustra las consideraciones necesarias para implementar una escombrera:

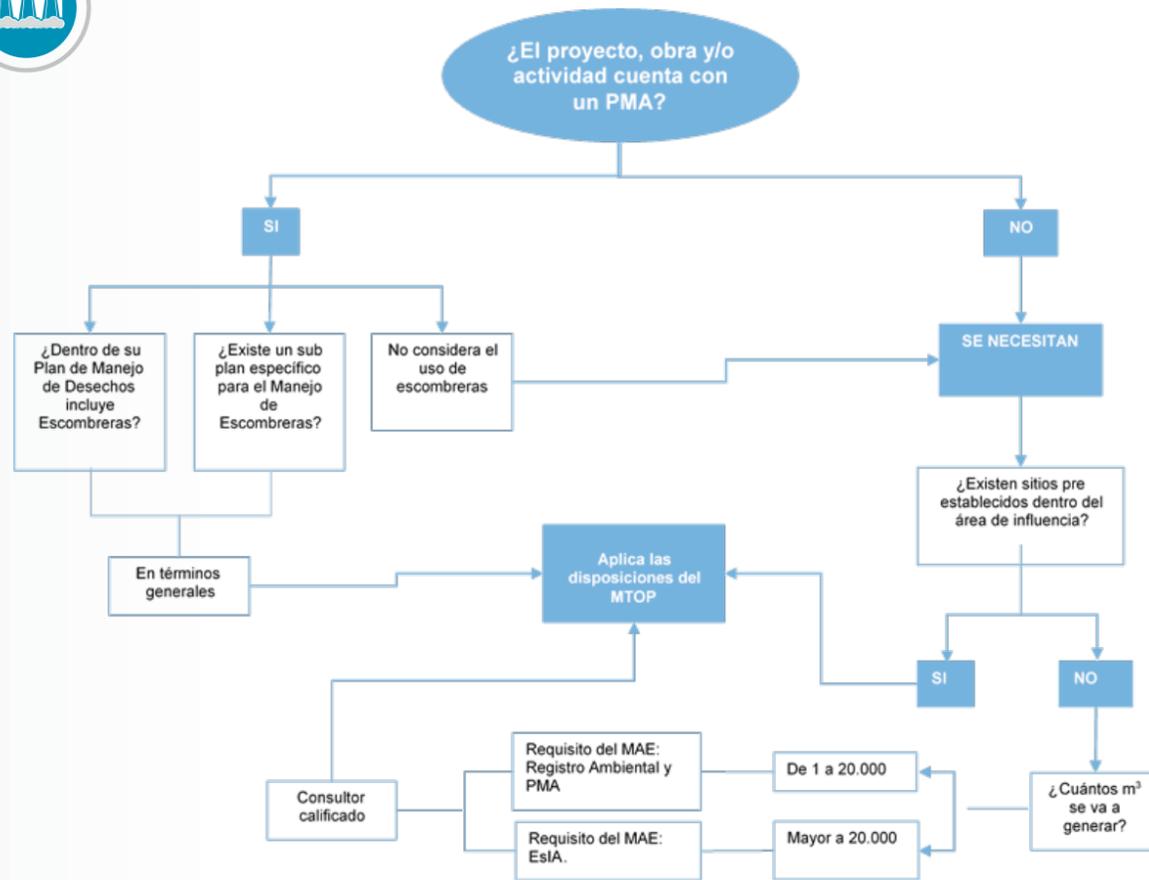


Figura 1. Diagrama de análisis para la implementación de una escombrera, el diagrama se limita a la aplicación de la normativa existente en su regulación y análisis de impacto (MAE) y en la aplicación de medidas (MTOP).

La normativa emitida por el MTOP establece lineamientos generales que omiten aspectos específicos derivados de la diversidad espacial y temporal de nuestro entorno, por ejemplo, las hidroeléctricas en su mayoría se encuentran en zonas con elevada pluviosidad y pendiente alta (estribaciones montañosas), lo que conlleva a suelos saturados cuyo equilibrio es muy delicado y tiene una propensión a producir movimientos de masas, convirtiéndose en un reto para la implementación de escombreras.

Este es el caso de la Central San Antonio, localizada dentro de una área con depósitos aluviales, coluviales o deslizamientos antiguos, asentados sobre pendientes

inclinadas de rocas metamórficas (Cuenca, 2016) y clima con precipitación media anual de 1.440 mm, una temperatura que varía desde los 1 °C hasta los 29 °C y una humedad relativa del 64 % (EIA, 2011). Para su construcción durante el período de junio 2016 a julio 2017, la Unidad de Negocio CELEC EP HIDROAZOGUES estimó una generación de 37.000m<sup>3</sup> de escombros procedentes de remanentes de suelo y material pétreo.

A través de un equipo multidisciplinario se analizó la situación y se emprendió una metodología de trabajo que se la puede denominar como “Escombreras Sin Abandono” con el aporte de la Contratista AG Construcciones Cía. Ltda.

## Método

Dentro del marco de implementación de una escombrera se definen tres etapas: planificación, construcción y cierre, y mantenimiento y monitoreo, lo anterior con el objeto de proporcionar un seguimiento continuo desde su concepción sin término de plazo. La inclusión de una etapa de abandono no es considerada debido a las consecuencias que se pueden derivar de la falta de seguimiento y monitoreo de las condiciones de funcionamiento, como consecuencia del abandono.

En este trabajo, a fin de obtener una ilustración clara de cada una de las tres etapas para la central San Antonio, éstas se explican con el enfoque en una de las cuatro escombreras implementadas, denominada “Escombrera 1”.

## Etapa 1. Planificación

El Plan de Manejo Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Mazar Dudas establece el uso de escombreras en términos muy generales. Así, para determinar la viabilidad en su implementación, se definió durante la fase de formulación del contrato un alcance a los trabajos de construcción con la asignación de costos directos para el manejo de escombreras, contemplándose principalmente el tendido de material, drenajes y la rehabilitación ambiental con la consecuente creación de rubros y especificaciones técnicas.

Una vez identificados los puntos de generación de materiales se proyectaron los volúmenes de material inerte (excedente) a ser tratados. En el caso de la Escombrera 1, la proyección estimada llegó a 12.000 m<sup>3</sup> de escombros producidos durante las excavaciones y limpiezas de la estabilización de taludes y desalojos de los frentes de trabajo para la construcción del tanque de carga y tubería de presión.

Conocido el volumen y tipo de material de escombros a tratarse (mezcla de limo y arcilla) se definieron los sitios de emplazamiento, considerándose accesos, distancias de acarreo y los criterios de estabilidad valorados a través de un informe geotécnico, el cual se desarrolló a través de una valoración minuciosa en el sitio de implementación y el análisis de suelo mediante una calicata.

Para la Escombrera 1, se obtuvo un suelo cubierto por una delgada capa de vegetación propia del sitio, que alcanzó hasta los 10 cm de espesor, a continuación un suelo orgánico hasta los 50 cm de profundidad, luego un coluvial con una mezcla de fragmentos de roca metamórfica sub-angulares en matriz limo-arcillosa que alcanzó hasta los 1,20 m de profundidad y, un fundamento rocoso (esquisto micáceo de composición sericítica) muy meteorizado y fracturado. En estas condiciones, la evaluación de su comportamiento mecánico arrojó una capacidad suficiente para soportar la masa de escombros proyectada.

Así, la Escombrera 1 fue emplazada dentro del área de influencia del proyecto, en predios de la Unidad de Negocio CELEC EP HIDROAZOGUES que forman parte de la zona del tanque de carga. El sitio comprende un área de 4.786 m<sup>2</sup>, cuenta con un acceso secundario desde la vía principal del tanque de carga. El terreno es regular con una pendiente inclinada y está formado por roca metamórfica tipo 3 (intermedio) según la clasificación geomecánica, posee afloramientos de agua infiltrada y limita con una quebrada que dista a menos de 50 m del perímetro.



## Etapa 1. Planificación



Figura 2. Emplazamiento de la Escombrera 1, terreno natural. Sector Santo Tomás de la parroquia Rivera (Fotografías: Manuel Cuenca, Javier Rodríguez, Pablo Saquicela)

Con base en este fundamento se abordó el diseño civil para garantizar la estabilidad de la Escombrera 1 (ver Figura 3), se diseñaron dos muros de protección con estructuras tipo “terramesh” y se diseñó un encausamiento de aguas con drenajes superficiales y subterráneos para evitar la erosión de los suelos por infiltración y arrastre de sedimentos.

El muro principal (G1, ver figura 4) que resulta ser el sostén de la escombrera, comprende un muro semicircular cuya convexidad se orientó hacia la parte superior del talud con dimensiones de 22 m de longitud x 4,50 m de alto. El segundo muro (G2) consiste en un muro lineal de dimensiones de 42 m de longitud x 5 m de alto.



Figura 3. Diseño Civil de la escombrera 1 (Diseño: Oscar Acosta. Plano: Luis Castro)

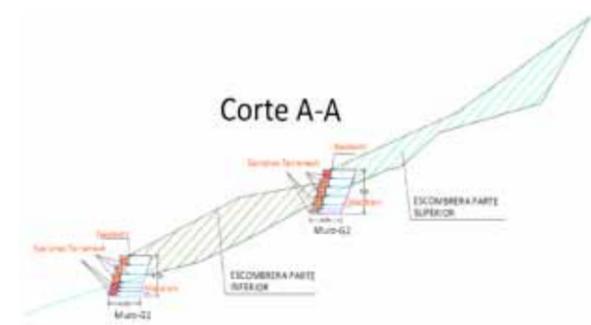


Figura 4. Corte longitudinal, contiene el detalle de los muros (G1 y G2) de gavión del diseño civil de la Escombrera 1. (Diseño: Oscar Acosta. Plano Luis Castro)

El diseño de los muros dividen al sitio en dos sectores: un sector inferior conformado por G1 para la disposición de 5.000 m<sup>3</sup> de escombros en forma radial y, un sector superior soportado por el G2 para la disposición de los 7.000 m<sup>3</sup> restantes de escombros en forma rectangular.

Los taludes se diseñaron para un ángulo < 35° (1:5 en horizontal y 1 en vertical) con un Factor de Seguridad > 1.

Para el encausamiento de las aguas, se diseñó un sistema compuesto por un subdrenaje tipo espina de pescado cuya sección es 1,20 x 1,50 m para el eje y 0,60 x 0,60 m para sus ramificaciones y un sistema final comprendido por un drenaje superficial de 205 m de cunetas de coronación (terrocemento) y 482 m de cunetas laterales de hormigón (Figuras 5 y 6)



Figuras 5 y 6. Dimensiones de las secciones del sistema de drenaje subterráneo. F5 subdren de 0,60 m x 0,60 m; F6 subdren de 1,20 m x 1,50 m (Diseño: Oscar Acosta. Plano: Luis Castro)

Manejo de escombreras sin abandono como buena práctica ambiental, durante la construcción de la central San Antonio del proyecto hidroeléctrico Mazar Dudas

Si bien las protecciones con muros y drenajes permiten estabilizar los escombros depositados sobre el terreno, este equivale a un sostenimiento interno subterráneo en el que se asegura la estabilidad del material.

Para mantener las condiciones superficiales que apuntalen la estabilidad interna de la escombrera, se analizó la colocación de vegetación con funcionalidad y recuperación del paisaje, puesto que al cierre el área queda desprotegida aún después de adicionarse la cobertura vegetal que se removió; por tanto, para asegurar y garantizar el funcionamiento, se proyectó la revegetación pensando en el sostenimiento a nivel superficial del terreno con el enraizamiento de plantas, controlando el ingreso de agua de escorrentía y precipitación. Se optó por una cobertura vegetal de rápido crecimiento a fin de brindar protección directa al suelo en el menor tiempo posible, para prevenir la formación de canales preferenciales de escorrentía por erosión y aumentando la evapotranspiración, lo cual implica controlar la infiltración y saturación de los suelos.

El diseño de cobertura vegetal proyectado para la Escombrera 1, se presenta en la figura 8.

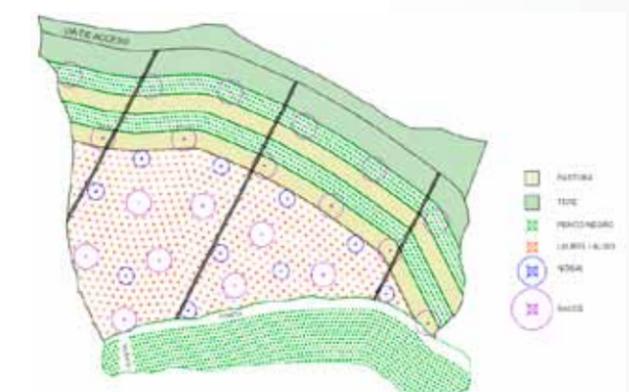


Figura 7. Diseño de revegetación para el sector superior de la escombrera 1, se nota una combinación de especies aptas para las condiciones de clima y mantenimiento de la zona pero que también permiten controlar los efectos de la precipitación, la escorrentía y la infiltración. (Diseño: Picuña & Ortiz, Sandra Torres. Plano Adrián Pulgarín)



Además, se consideró como primera alternativa para siembra de plantas a especies propias de la zona. A continuación, se detalla la cobertura vegetal y especies usadas en cada uno de los componentes de la escombrera.

### Revegetación en taludes

Los taludes por la pendiente expuesta son los espacios más sensibles a desprendimientos de material por lo que se consideró:

- Una franja de amortiguamiento con tepe (chamba) de kikuyo *Pennisetum clandestinum*, desde la parte superior;
- Franjas de control ante escorrentías y arrastre de material pétreo, con un primer sostenimiento aplicando penco negro *Agave americana* plantado a tresbolillo;
- Franjas de cobertura total para la protección contra el impacto de las precipitaciones y para la preparación del suelo a fin de atraer la vegetación natural de la zona con la siembra de raygrass *Lolium perenne*, al boleó;
- Zona de arborización para el sostenimiento del material, plantada a tresbolillo con especies de aliso *Alnus acuminata*, laurel de cera *Morella pubescens*, nogal *Junglans regia* y sauce *Salix alba*.

### Revegetación en bermas

En estas áreas se aplicó vegetación arbustiva con arrayanes *Myrcianthes hallii*.

Figura 8. Escombrera 1 implantada en el sector del Tanque de Carga - Central San Antonio. Se visualiza la conformación de los gaviones que contienen el volumen de escombros depositados. Proceso Constructivo. (Fotografía: Javier Rodríguez)

## Etapa 2. Construcción y Cierre

Siguiendo los lineamientos tanto del informe geotécnico, diseño civil, diseño de revegetación, plan de manejo ambiental, como de las especificaciones técnicas ambientales y civiles de cada rubro, la construcción y cierre de las escombreras fueron ejecutadas por la empresa contratista con la supervisión de la fiscalización directa de CELEC EP HIDROAZOGUES y el área de Gestión Social y Ambiental de la misma, involucrando la participación de equipos multidisciplinarios (geólogos, ingenieros civiles, ingenieros ambientales, agrónomos e industriales).

La construcción de la Escombrera 1 (Ver figura 8), se inició con la formación del primer muro de gaviones terramesh (G1) y la conformación del subdrenaje espina de pescado para toda el área de la escombrera que descarga sus aguas en la quebrada adyacente. Finalizados estos trabajos se vertió y tendió el primer volumen de material (5.000 m<sup>3</sup>). Posteriormente, se construyó el segundo muro de gaviones terramesh (G2) sobre el cual se vertió y tendió el material restante (7.000 m<sup>3</sup>). La capa vegetal removida se tendió finalmente. La compactación empleó un tractor de oruga con el cual se pasó de 7 a 12 veces, estableciéndose el bermeado y taludeado acorde al diseño.



Consolidado este proceso, se intervino inmediatamente con el cierre de la escombrera protegiéndola del agua lluvia y escorrentía con el sistema de drenaje superficial y la revegetación del área (Ver figura 9). Para ésta última, se analizó física y químicamente el suelo; conocida su composición se sembró la vegetación con la aplicación de nutrientes y riego adecuados.



Figura 9. Escombrera 1 implantada en el sector del Tanque de Carga - Central San Antonio. Se visualiza el área revegetada con el sistema de drenaje superficial. Proceso de Cierre. (Captura con dron: Manuel Cuenca)

## Etapa 3. Monitoreo y Mantenimiento

Las escombreras requieren que luego de su cierre se desarrollen actividades de monitoreo y mantenimiento que garanticen sus condiciones de estabilidad y funcionamiento, y permitan sostener un registro de la ubicación y estado. En el caso de la Central San Antonio, la empresa contratista hasta la recepción definitiva de la obra tiene que dar mantenimiento. Por ello, la fiscalización previno la formulación por parte de la contratista de un plan de mantenimiento posterior al cierre de las escombreras. Este plan consta del mantenimiento civil con la limpieza y reparación de drenajes a fin de evitar taponamientos y el mantenimiento de la revegetación con riego, adición de nutrientes minerales y actividades culturales (control fitosanitario, poda, coronamiento, tutoro, abonadura, etc.)

Estas actividades culminarían con la entrega de la obra; sin embargo, las estructuras de sostenimiento, obras de drenaje y revegetación requerirán de monitoreo y mantenimiento, ante lo cual se aplicará el plan de mantenimiento para garantizar la funcionalidad de los sistemas de drenaje y de la cobertura vegetal.

En la Escombrera 1, se monitoreó el prendimiento de las especies de manera periódica (a partir de la siembra cada 15 días por tres meses y cumplido este tiempo una vez por mes). Con el registro fotográfico, verificándose el estado del follaje, ancho del tallo, condición fitosanitaria, hidratación y fijación en el suelo, todo esto registrado en informes y formatos de campo, mediante los cuales se ha exigido a la empresa contratista el mantenimiento oportuno y adecuado, además de la limpieza de cunetas.



## Resultados

La construcción y cierre de la Escombrera 1, se realizó en dos fases: una fase inicial, sección inferior, constituida por el primer muro de gaviones terramesh G1 que soporta 5.000 m<sup>3</sup> de material tendido, formando 3 bermas y 3 taludes revegetados con 3.293 árboles y arbustos y 1.678 m<sup>2</sup> de área plantada (kikuyo y raygrass), con un sistema de drenaje superficial que recoge el agua lluvia y escorrentía en cada berma a través de cunetas de hormigón que descargan a la quebrada adyacente. En una fase final, se trabajó en la sección superior, compuesta por un segundo muro de gaviones terramesh G2 que contiene 7.000 m<sup>3</sup> de material restante, formando un solo talud que conecta a la escombrera con la vía de acceso, revegetado con 2.725 árboles y arbustos y 5.438 m<sup>2</sup> de área plantada, mismo que contiene un drenaje de 3 cunetas de terrocemento a lo largo de la pendiente que se conecta con el drenaje de la sección inferior para su descarga.

Transcurrido un tiempo aproximado de un año, ésta escombrera al igual que las otras 3, no han presentado cambios en su forma ni en su funcionalidad durante el período de alta precipitación. No obstante los buenos resultados obtenidos hasta la actualidad, la estabilidad debe ser monitoreada constantemente para lo cual se deberá analizar la posibilidad de implementar instrumentación complementaria adecuada.

Pese al control en el proceso constructivo, aspectos como la compactación de los materiales no se determinaron con precisión, principalmente por falta de disposiciones que la regulen por tipo de suelo, granulometría, nivel de saturación y capacidad de la escombrera. Tampoco se analizó una matriz de riesgos para el diseño en caso de fallar el sistema de drenaje o presentarse fenómenos sísmicos; consideraciones que

se deberían contemplar y prever en la implementación de una escombrera.

El rápido prendimiento de las especies revegetadas (3 meses), ha contribuido notablemente en el control de los flujos de agua (precipitación, escorrentía, infiltración), en la retención de las partículas de suelo a nivel superficial y sostenimiento del suelo, lo cual se puede apreciar a simple vista, pues no se evidencia erosión, movimiento de materiales, ni pérdida de especies o cambios en la fisonomía por hinchamiento o hundimiento.

Con el constante mantenimiento a las obras de infraestructura y revegetación se está garantizando un adecuado funcionamiento, más no su estabilidad, ya que ésta depende de otros factores como las condiciones climáticas. Por lo que, el monitoreo post cierre debe considerar los siguientes aspectos:

- El comportamiento de la masa de suelo a través de un monitoreo que involucre la determinación de cambio y vulnerabilidad en las condiciones de estabilidad ante clima extremo;
- Las condiciones de funcionamiento de drenajes, determinación de eficiencia y arrastre de finos;
- El estado de la vegetación y funcionamiento con un control de especies, monitoreando el tamaño, follaje, enraizamiento, edad, comportamiento durante las estaciones, entre otros.

Son necesarios índices que definan el comportamiento de las escombreras con diferentes factores, partiendo de un diseño que incluya las condiciones de

estabilidad, drenaje y cobertura vegetal. El alcance, periodicidad y nivel de investigación dependerán de la entidad interesada en los resultados, por ejemplo la Unidad de Negocio CELEC EP HIDROAZOGUES en su última auditoría ambiental, se le pidió dar seguimiento periódico al estado de la revegetación con informes al Ministerio del Ambiente, lo cual conlleva mantener el monitoreo y trabajo sobre la vegetación. Es así que al considerarse escombreras sin abandono, la empresa asume indirectamente responsabilidad sin plazo con el compromiso de vigilar su estabilidad y funcionalidad, pudiendo hacerse mantenimientos civiles, mantenimientos de revegetación, monitoreos geológicos, bióticos, e investigaciones.

La implementación de las escombreras en predios propios de la Unidad de Negocio Hidroazogues fortaleció el cumplimiento de los diseños, asegurando el cumplimiento de los aspectos técnicos y minimizando las improvisaciones por intervención de agentes externos al proyecto. Generalmente, en la contratación de procesos constructivos, la Contratista es la responsable de la búsqueda de áreas, de las negociaciones para el uso de sitios, de las metodologías de trabajo y diseños, lo cual toma tiempo y en muchos casos este proceso se convierte en el motivo de suspensión y retraso de los trabajos, en tanto, contar con la disponibilidad de sitios dentro de predios propios facilita la proyección, planificación y uso inmediato con un manejo y responsabilidad directa de la Contratante, lo que no sucede cuando se implementan sobre terrenos pertenecientes a terceros en los que se escatiman costos y no existe una normativa específica que establezca el uso de suelo sobre escombreras, quedando abierto a conflictos sociales y problemas ambientales.

La asignación de costos directos para el manejo de escombreras ha sido el éxito para concienciar al personal técnico de la importancia de un manejo adecuado desde un concepto de ingeniería, lográndose un compromiso al implementar las escombreras con un nivel técnico desde su planificación hasta el mantenimiento, con el desarrollo de un trabajo organizado y controlado por la participación multidisciplinaria. Cabe recalcar que es obligación de la autoridad ambiental, a través de sus técnicos, el hacer cumplir las obligaciones ambientales a las que se encuentran sometidos todos los involucrados, indiferentemente de la existencia o no de rubros para el manejo de escombreras; no obstante, el éxito de la implementación de una escombrera también depende, en términos económicos, de su concepción dentro del presupuesto del proyecto, obra o actividad.

Comúnmente las escombreras están consideradas presupuestariamente, pero se las incluyen dentro de los costos indirectos, así se generan aspectos de incertidumbre al momento de controlar el cumplimiento de las actividades.

De la implementación de las escombreras resultó la siguiente documentación necesaria para una gestión adecuada de escombros y manejo de escombreras: Rubros contractuales, Especificaciones Técnicas de Obra Civil, Especificaciones Técnicas Ambientales para Especies Herbáceas, Arbóreas y Arbustivas, Informe Geotécnico, Diseño Civil, Diseño de Revegetación, Plan de Manejo Ambiental específico de Escombreras, Plan de Mantenimiento de Revegetación y Obras Civiles, Informe del Estado de la Revegetación e Informe de Escombreras, cada uno soportado.

## Conclusiones

La incorporación del manejo de escombreras desde la planificación de un proyecto presenta mejores resultados que desarrollarla durante la ejecución del mismo.

La disposición de escombros y manejo de escombreras seguirá siendo una problemática ambiental y social, mientras no se cambie la forma en que se conciben, pues son consideradas en la mayoría de los casos “actividades de costos indirectos”; es decir, medidas o acciones en segundo plano, cuando éstas son actividades de riesgo con alto impacto en la construcción por daños al ambiente, sociales y con repercusión en el mediano y largo plazo, si es que no se monitorean y mantienen, convirtiéndose en un pasivo ambiental. Se deben considerar estrategias de implementación en las que se analice la importancia e impacto desde la planificación en la economía del proyecto, así como en los aspectos de ejecución, cierre, mantenimiento y monitoreo.

Es necesario buscar mecanismos para garantizar la gestión de escombros con la implementación de escombreras dentro de un marco de responsabilidad social y calidad ambiental, aplicando soluciones apropiadas en sus diferentes etapas, buscando el funcionamiento óptimo y cumpliendo la normativa, sin que ésta se convierta en el único objetivo, evitando que el problema trascienda a conflictos de índole social, político y económico.

Para la implementación de una escombrera, se debe considerar y sustentar en el diseño: la geotecnia del sitio de emplazamiento; la obra civil con la

metodología del tendido y compactación de material, sistemas de contención y protección, sistemas de drenaje subterráneo y superficial; el sostenimiento y protección del suelo aplicando sistemas dinámicos de vegetación y el uso del suelo posterior al cierre con la participación activa de técnicos de las diferentes áreas como geología, civil, seguridad industrial, social y ambiental, desde su planificación.

La proyección del uso de suelo de las escombreras como áreas de recuperación paisajista y de ecosistemas, es una alternativa estratégica de compensación y mitigación a corto, mediano y largo plazo, al impacto ocasionado por un proceso constructivo de obra civil, con la rehabilitación ambiental por la pérdida de la cobertura vegetal como establece el MTOP; empero, la revegetación en una escombrera no puede ser limitada a ésta función. Las plantas por sus características, aportan integralmente en la funcionalidad - paisaje - ecosistemas.

Se pueden considerar los siguientes 10 rubros como básicos para incluirse en toda planificación económica con manejo de escombreras: Área plantada; Árboles y Arbustos; Cunetas de coronación; Cunetas laterales de hormigón; Drenes; Geotextil; Gaviones; Material Filtrante; Tendido de material y Transporte.

La metodología propuesta en tres etapas: Planificación, Construcción y Cierre, y, Mantenimiento y Monitoreo, proporciona un seguimiento continuo sin el abandono de la escombrera.

### Autores:

Manejo de escombreras sin abandono como buena práctica ambiental, durante la construcción de la central San Antonio del proyecto hidroeléctrico Mazar Dudas

#### **Sandra Torres**

sandra.torres@celec.gob.ec  
CELEC EP HIDROAZOGUES  
DEPARTAMENTO DE FISCALIZACIÓN

Sandra Magali Torres Abad, ingeniera ambiental y asistente de seguridad y salud laboral del Departamento de Fiscalización para la terminación y puesta en operación de la Central San Antonio, supervisa, verifica y controla el cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental y normativa relacionada a la gestión ambiental, seguridad industrial y salud laboral del proyecto por parte de la empresa contratista. Participó directamente en la implementación de las escombreras con la coordinación, revisión de la documentación, diseño de la revegetación, supervisión de los trabajos durante el proceso constructivo, cierre, monitoreo y mantenimiento.

#### **Viviana Merchán**

viviana.merchan@celec.gob.ec  
CELEC EP HIDROAZOGUES  
ÁREA DE GESTIÓN SOCIAL Y AMBIENTAL

Viviana Elizabeth Merchán Illescas, de profesión ingeniera ambiental. Trabaja como Especialista Ambiental en el Área de Gestión Social y Ambiental en CELEC EP HIDROAZOGUES, se ha desempeñado como supervisora de seguridad salud y ambiente y en la Jefatura de Seguridad, Salud y Ambiente de la Fiscalización de HIDROAZOGUES durante la construcción del proyecto hidroeléctrico Mazar Dudas, actualmente se encarga de la ejecución, seguimiento, control del Plan de Manejo Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Mazar Dudas.





# Central Termoeléctrica Guangopolo

Buenas prácticas ambientales y manejo de recursos para obtener el reconocimiento ambiental “Punto Verde” en la Central de Generación Termoeléctrica Guangopolo.

## Resumen

En la Central Termoeléctrica (CT) Guangopolo se han buscado mecanismos para manejar de mejor manera los recursos naturales y disminuir los impactos negativos causados al ambiente. El Ministerio del Ambiente a través del Acuerdo Ministerial (AM) N° 140 permite a distintas instituciones privadas y públicas obtener el “Reconocimiento Ambiental Punto Verde” por demostrar un adecuado uso de los recursos de energía, agua, papel, desechos y combustibles.

En la CT Guangopolo a partir del año 2014 se inició la medición de consumo de los distintos recursos solicitados por la normativa, se demostró durante dos años una gestión adecuada enfocada a la disminución y optimización en el uso de dichos recursos, producto de lo cual se obtuvo el “Reconocimiento Ambiental Punto Verde” el cual ha sido sujeto de seguimiento; durante el año 2017 se ha demostrado que las políticas aplicadas permitieron disminuir el consumo eléctrico, el papel de oficina, el consumo de combustible (diésel y gasolina) y los residuos con respecto a la línea base.

Las actividades realizadas, la capacitación continua y la aplicación de los lineamientos del AM 140 han motivado y permitido al personal manejar conceptos de eficiencia energética, disminución de recursos y sostenibilidad. En el proceso se han encontrado oportunidades de mejora como ha sucedido con el consumo de agua que se espera reducir en los siguientes años. El “Reconocimiento Ambiental Punto Verde” permite impulsar institucionalmente la optimización en el uso de recursos y la sostenibilidad ambiental.



## 1. Introducción

CELEC EP Unidad de Negocio TERMOPICHINCHA a través del Departamento de Gestión Social y Ambiental consciente de la necesidad de minimizar los desechos, el consumo de recursos y que son necesarios mecanismos que permitan implementar estrategias que aporten a la sostenibilidad ambiental, ha encontrado en las herramientas desarrolladas por el Ministerio del Ambiente, plasmadas en el Acuerdo Ministerial No. ° 140, una oportunidad para plantear un mejor manejo de los recursos.

El “Reconocimiento Ambiental Punto Verde” es un incentivo creado con el fin de fomentar buenas prácticas ambientales en todas las actividades productivas y de servicios; este reconocimiento se encuentra vigente desde el año 2010 y desde entonces más de 100 instituciones han obtenido esta certificación, incorporando a su gestión beneficios, tanto de responsabilidad social y ambiental, económicos, imagen institucional y sostenibilidad.

Este trabajo plantea dos fases, una explicativa sobre el marco legal y los pasos a seguir para obtener el reconocimiento en cumplimiento con el Acuerdo Ministerial No. ° 140 y la segunda fase que documenta la aplicación práctica sobre la base de las actividades realizadas para disminuir el consumo de recursos por parte del personal que se encuentra en la CT Guangopolo.

El objetivo principal de este artículo es difundir los incentivos ambientales y las actividades realizadas en la Central Guangopolo para contribuir con la disminución de los indicadores de consumo de recursos solicitados por el Ministerio del Ambiente para otorgar la certificación.



## 2. Método

Los mecanismos para obtener el "Reconocimiento Ecuatoriano Ambiental Punto Verde" se describen en el CAPITULO III del Acuerdo Ministerial 140, en el Art. 61 se aclaran las responsabilidades del postulante entre las cuales se indica que se debe ingresar información veraz y puntual; y a su vez la Autoridad Ambiental Distrital revisa los datos enviados.

Actualmente, todo el ingreso de datos tanto para obtener la certificación, como para subir avances anuales se realiza a través del Sistema Único de Información Ambiental (SUIA) que es una herramienta automatizada desarrollada por el Ministerio del Ambiente que permite mantener control sobre los diferentes procesos de regularización ambiental.

### 2.1. Procedimiento para postular al "Reconocimiento Ecuatoriano Ambiental Punto Verde"

A continuación se presenta el flujo a seguir en el proceso de postulación al "Reconocimiento Ecuatoriano Ambiental Punto Verde".

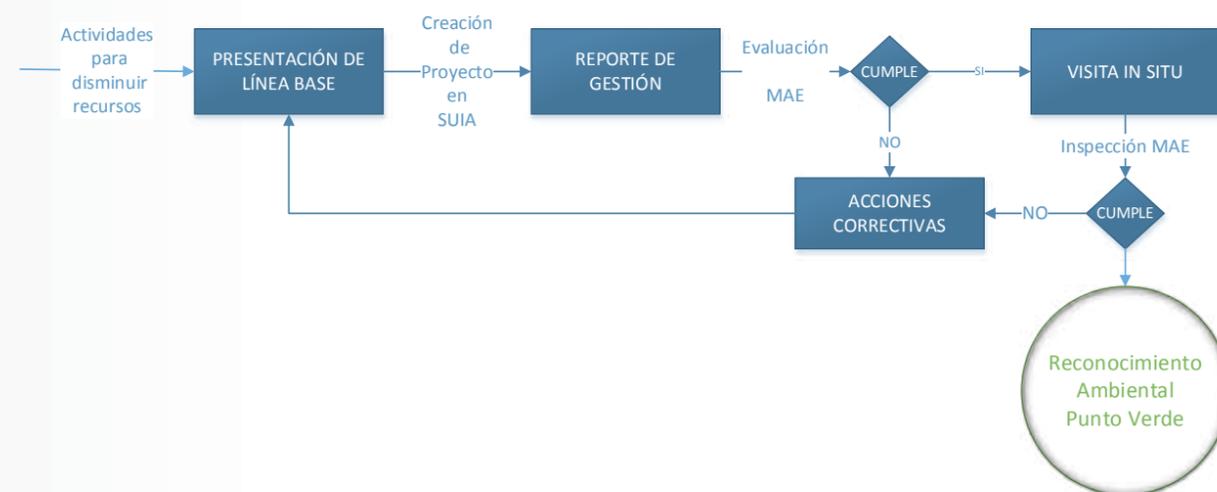


Figura 1. Diagrama de flujo con los pasos principales de acuerdo a la normativa para conseguir el Reconocimiento Ecuatoriano Ambiental Punto Verde.



### 2.1.1. Actividades realizadas en la Central Termoeléctrica Guangopolo

En virtud de que es fundamental la participación de todos los funcionarios que laboran en la CT Guangopolo, la iniciativa punto verde ha impulsado el trabajo conjunto de distintas áreas como son el área de servicios generales y gestión ambiental. Como primera actividad se formó un comité de buenas prácticas ambientales con personal de todas las áreas de la central y se realizó una medición de consumo de recursos para establecer la línea base y determinar las actividades adecuadas para iniciar la reducción de los indicadores.

A continuación se detallan las medidas tomadas con respecto a cada recurso:

#### - Consumo de Energía

La CT Guangopolo por su naturaleza no recibe factura de consumo de energía eléctrica para sus instalaciones y, por tanto, no ha llevado el control continuo de consumo, sin embargo la energía consumida por mes es necesario cuantificarla; para realizar esta medición se colocaron dos medidores que permiten llevar los datos de consumo de la zona administrativa y del laboratorio de control químico. Los datos de consumo son recopilados de manera manual cada mes.

La línea base se desarrolló con los datos del año 2014, estableciéndose un indicador que da cuenta de la energía consumida con relación al número de personas que labora en las instalaciones (kWh/persona), esto de acuerdo a lo solicitado en el Sistema Único de Información Ambiental.

Además, se acompañó con una campaña para reforzar la concienciación del personal, a través del comité de buenas prácticas ambientales, los que se encargaron en cada área de activar líneas de acción para

incrementar el apagado de los equipos de trabajo, el uso de luz natural y evitar encender luces innecesarias, desconectar los equipos sin uso, entregar linternas a los guardias para vigilia nocturna, capacitación continua para crear una cultura de ahorro energético en el personal, y se ha priorizado la compra de equipos eléctricos que cumplen normas de eficiencia energética.

#### - Consumo de Agua

La medición del consumo de agua en la Central Guangopolo, se realiza a través de dos medidores que marcan el consumo (m<sup>3</sup>) de los usuarios de zona administrativa y laboratorio de control químico, como evidencia se mantiene el histórico de facturas de agua.

El indicador sugerido por la normativa y el Sistema Único de Información Ambiental (SUIA) es m<sup>3</sup> / persona, y para la línea base se lo realizó con datos del año 2014.

Como medio de contraste de las mediciones que realiza la empresa de agua potable, cada mes se toman los datos de consumo de cada medidor.

El comité de buenas prácticas ambientales implementó una campaña a través del departamento de comunicación de la empresa sobre el buen manejo del agua, evitar dejar la llave abierta al realizar actividades de aseo, dejar de lavar los vehículos en la empresa, colocar en los tanques de los sanitarios botellas llenas de tierra para la disminución del consumo al tirar de la cadena e iniciar un proceso de estudios para hacer uso de las aguas lluvias para el sistema sanitario en inodoros que aún no se ha puesto en marcha.

### - Consumo de Combustibles

Los datos de consumo de combustibles debe diferenciar los consumos de diésel y gasolina (Acuerdo Ministerial N.º 140), el registro de consumo es suministrado por las estaciones de combustible con las cuales la Unidad de Negocio mantiene contratos, el recuento mensual del consumo de los distintos combustibles lo procesa el departamento de servicios generales.

Los datos son reportados mensualmente hacia el departamento de gestión social y ambiental, esto permite desarrollar el indicador galones/vehículo (SUIA).

Las medidas que se tomaron en consenso entre el comité de buenas prácticas ambientales, la gerencia y la subgerencia administrativa fueron: dar un mayor seguimiento a la entrega de salvo conductos a los servidores públicos, realizar los mantenimientos preventivos y predictivos a los vehículos para evitar consumos excesivos por ineficiencia del motor y reemplazar el consumo de gasolina EXTRA de 87 octanos por SUPER de 92 octanos.

### - Consumo de Papel

El consumo de papel se realiza contabilizando las resmas que se han sacado de la bodega de la central.

El indicador de cumplimiento es kg de papel / persona, por lo que se debe multiplicar el número de resmas por el peso de cada una (2,339 kg) para obtener el valor de consumo mensual en kilogramos, y a su vez dividir este valor obtenido para la cantidad de personas que han laborado en la central Guangopolo, este indicador puede ser mensual, trimestral, semestral o anual.

La reducción de consumo de papel se realizó a través de una política cero papel para documentos internos, se puede realizar impresiones solo en caso de emergencia o por solicitud de los organismos de control (ej. Contraloría) y debe imprimirse en ambas caras del papel, el control al personal se realiza mediante el software de las impresoras el que registra la cantidad de impresiones por usuario lo cual se relaciona directamente con cada funcionario, esto complementado con una campaña de difusión mensual del personal que más impresiones realiza, conocida como lista negra de impresiones.

### - Manejo de Residuos

Para el manejo de residuos se siguió todos los lineamientos del Acuerdo Ministerial N.º 140, se creó indicadores de generación de desechos no gestionados, desechos orgánicos, reciclables y peligrosos por año.

Se eliminaron los basureros independientes de cada oficina y en su lugar se colocaron acopios de papel y cartón, plástico, desechos no reciclables, orgánicos, pilas y baterías, así como el centro de acopio de desechos peligrosos adecuado para las instalaciones de la central.

Se contactó con gestores autorizados para la entrega de reciclables y mediante un convenio interinstitucional con EMASEO (Empresa Pública Metropolitana de Aseo) se optó por hacer la entrega de la mayor parte de residuos a la Asociación de Recicladores Manos Unidas de la ciudad de Quito, quienes son recicladores base asociados que cuentan con apoyo municipal, hacen el servicio de recolección de todo residuo reciclable en diferentes puntos limpios de la ciudad.

## 3. Resultados y Discusión

A continuación se presentan los resultados de la gestión realizada entre los años 2014 – 2017 para obtener el Reconocimiento Ambiental Punto Verde en la CT Guangopolo y de los diferentes parámetros analizados y solicitados en el Acuerdo Ministerial 140:

### - Consumo de Papel

Tabla 1. Consumo de papel por resmas y kilogramos durante el período evaluado por la Autoridad Ambiental Nacional

| CENTRAL GUANGOPOLO | AÑO      |        |        |        |
|--------------------|----------|--------|--------|--------|
|                    | 2014     | 2015   | 2016   | 2017   |
| RESMAS             | 609      | 366    | 210    | 161    |
| KILOGRAMOS         | 1 424.45 | 856.07 | 491.19 | 376.58 |

En la Tabla 1 se puede apreciar la disminución en número de resmas desde que se aplicó el Plan de Buenas Prácticas Ambientales en la CT Guangopolo, el indicador evaluado fue kg de papel / funcionario para mantener una mejor relación de consumo, este indicador se puede evidenciar en la siguiente figura:

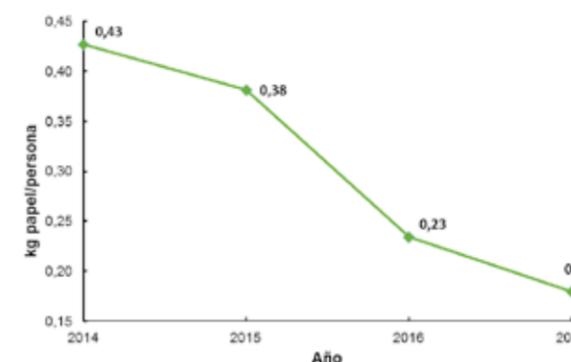


Figura 1. Indicador de consumo de papel por funcionario en CT Guangopolo 2014 – 2017, la tendencia durante todo el período es decreciente.

La figura 1 muestra que el indicador de consumo de papel ha disminuido consistentemente durante los cuatro años de evaluación, los indicadores de consumo de papel han cambiado de 0,43 kg/persona a 0,18 kg/persona con una reducción de 0,25 kg/persona en el período de análisis, lo cual equivale a -58% del valor

inicial. El período de mayor reducción corresponde a 2015-2016 con -0,15 kg/persona, la menor reducción se registra para el período 2016-2017 con -0,05 kg/persona.

En una comparación de resultados con los de la Central Termoeléctrica Quevedo II donde los indicadores se redujeron por encima del 90%, en la CT Guanpolo se logró una disminución menor, al respecto cabe notar que cada institución responde a diferentes circunstancias que involucran aspectos subjetivos como los de comportamiento e involucramiento del personal, así como los relacionados a las actividades y estrategias para reducir el consumo son diferentes, y la respuesta a dichas estrategias está afectada por las condiciones propias de cada central, las cuales incluyen el entorno laboral.



### - Consumo de Combustible

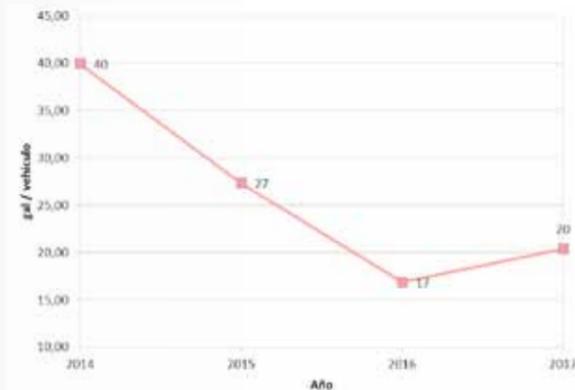


Figura 2. Indicador de consumo de Gasolina por vehículo en la CT Guangopolo 2014 -2017, existe una disminución consistente en el período de análisis.

El indicador de gasolina demuestra una disminución porcentual de -50% con respecto al consumo inicial. Esto demuestra el efecto positivo de las medidas tomadas para reducción de consumo entre las que destacan el aumento de rendimiento mediante mantenimientos adecuados y consumo de gasolina super para optimizar la relación distancia versus consumo.

En el período 2014-2016 la disminución de consumo es consistente con una disminución mayor para el período 2014 -2015 (-13 gal/vehículo), para el último año de análisis existe un ligero incremento del 17% con respecto al año 2016, esto puede ser causado por el desarrollo del Proyecto Geotérmico Chachimbiro que incrementó las salidas de los vehículos hacia la Provincia de Imbabura durante todo el 2017, debido a las diferentes inspecciones realizadas por distintos profesionales, cabe destacar que el proyecto se encuentra ubicado en una zona alta y de difícil acceso.

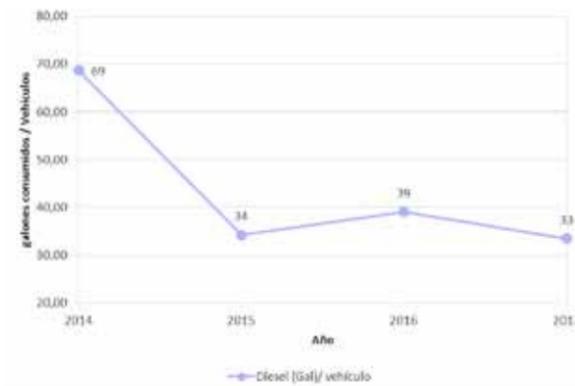


Figura 3. Indicador de consumo de diésel por vehículo en la CT Guangopolo 2014 - 2017.

El indicador de diésel muestra una disminución drástica en el primer año, reduciéndose el 51% del consumo del 2014, manteniendo cierta estabilidad en los tres siguientes años (2015-2018), sin embargo entendiendo que durante el año 2017 se incrementó el número de viajes a diferentes proyectos, es entendible que el indicador no haya continuado disminuyendo.

Los indicadores de consumo de gasolina y diésel están acorde a los lineamientos solicitados por el Ministerio del Ambiente, sin embargo este año se plantea llevar un análisis de kilometraje, que permita verificar los incrementos o decrementos en consumo relacionados a los recorridos considerando las variaciones en las actividades de la Unidad de Negocio. Cabe notar que debido a las políticas de austeridad no se puede realizar el cambio del parque automotor por vehículos de mayor eficiencia (ej. eléctricos), sin embargo al momento la Unidad de Negocio tiene un vehículo híbrido donado por el gobierno Japonés, el cual servirá como referente para la comparación de consumo.

### - Consumo de Energía Eléctrica

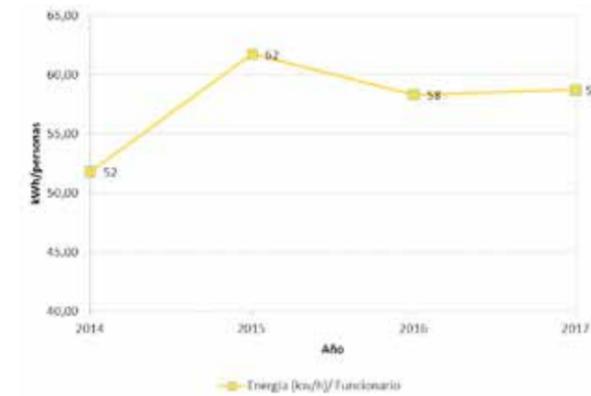


Figura 4. Indicador de consumo de Energía por persona en la CT Guangopolo 2014 - 2017, se muestra un incremento en este indicador.

El indicador de consumo de energía eléctrica en la CT Guangopolo se vio afectado por la ampliación y construcción del Laboratorio de Control Químico, así se le considera una oportunidad de mejora lo cual necesita establecer un plan que permita disminuir el consumo en 2018, a pesar de seguir aumentando equipos en el Laboratorio.

La ampliación de instalaciones como el Laboratorio de Control Químico, que ha incrementado tanto su infraestructura física como los equipos de análisis, han influenciado en el incremento en el indicador, sin embargo otra de las causas que han afectado los números son las rondas nocturnas que realizan los guardias de seguridad, pues se dejan encendidas las luces de ciertas zonas de la Central para mantener la iluminación y vigilia; es por esto que se ha planteado la instalación de un sistema de detección de movimiento para que las luces se enciendan automáticamente en las noches en el caso que haya intrusos.

El indicador kWh/funcionarios no ha disminuido, sin embargo el consumo neto de kWh se ha reducido en un 28,59% con respecto a 2014, pues pasó de un consumo de 172.703,15 kWh en 2014 a 123.321,29 kWh en 2017, esta reducción de kWh no se ve reflejada en el indicador debido al cambio en la cantidad de funcionarios (disminución) y que muchas de las actividades de mayor consumo probablemente estén relacionadas a actividades en las áreas de producción en las que el consumo energético es independiente del número de funcionarios presentes.



### - Consumo de Agua Potable

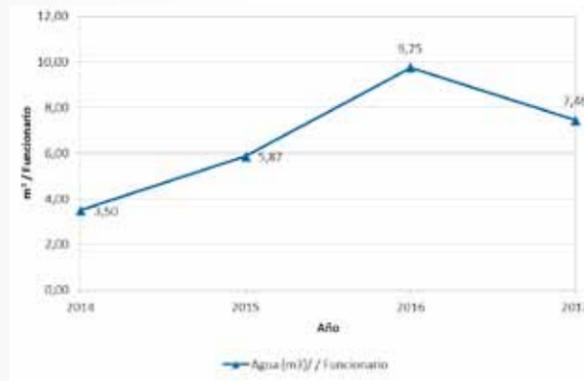


Figura 5. Indicador de consumo de agua por persona en la CT Guangopolo 2014 - 2017

A pesar de la disminución del personal entre 2014 y 2016, el consumo de metros cúbicos de agua potable de manera contradictoria incrementó, y esto a su vez influyó al indicador aumentándolo prácticamente al triple entre estos años. A partir de abril 2017 se empezó a socializar los indicadores de consumo al comité de buenas prácticas ambientales, quienes aportaron con distintas ideas para intentar disminuir este indicador, como: se colocó botellas con agua en los tanques de los inodoros, también una campaña de ahorro de recursos a través de capacitación y se evitó usar agua para lavado de vehículos.

Estas actividades permitieron que en 2017 se redujera el consumo en 6 051 m<sup>3</sup> con respecto a 2016, es una cifra muy significativa que aún puede mejorar, sin embargo las medidas tomadas referentes a la reducción del consumo de agua enfocadas en su mayor parte a la concienciación, no han sido suficientes.

Para el año 2018 se ha planteado medidas de seguimiento para verificar que no haya fugas en las tuberías, y se han planteado varios proyectos de seguimiento; y hay un proyecto para el aprovechamiento de las aguas lluvias como fuente de agua para inodoros de la zona administrativa.

### - Generación de residuos

Finalmente en la Figura 6 se tiene la generación de residuos domésticos, para el período 2014 - 2017.

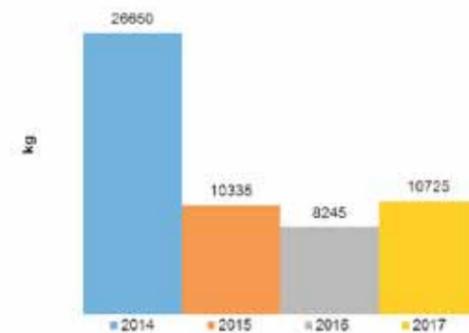


Figura 6. Cantidad total de residuos domésticos para el periodo 2014 - 2017

La Figura 6 muestra el impacto de la implementación de las medidas al inicio del proceso, reduciéndose desde la línea base del año 2014 el 61% con respecto al valor inicial y continuando la tendencia a la baja hasta el año 2016. Para el año 2017 existe un cambio en la tendencia, debido al incremento de visitas ligadas al centro de capacitación, se aspira disminuir en 2018 a través de una campaña en el centro de capacitación que permita a los visitantes conocer los lineamientos de buenas prácticas ambientales, mientras disfrutan de su estadía en la central. Según un estudio realizado por la Secretaría del Ambiente en el 2015 la producción per cápita de un habitante promedio de la ciudad de Quito es 0,842 kg/día/hab, para poder comparar con el consumo del personal de Guangopolo, se ha obtenido el mismo indicador para los cuatro años de análisis, según la siguiente Tabla:

Tabla 2. Indicador per cápita de consumo de residuos

| Central Guangopolo | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|--------------------|------|------|------|------|
| kg/día/funcionario | 0,78 | 0,77 | 0,65 | 0,71 |

Como se puede apreciar en la tabla el índice de generación per cápita de los funcionarios de la CT Guangopolo siempre ha permanecido por debajo del quiteño promedio.

## 4. Conclusiones

Para obtener el reconocimiento ambiental Punto Verde se requiere de un conjunto de actividades que permitan mejorar la gestión de los recursos, desarrollando un plan de seguimiento mediante indicadores específicos solicitados por el SUIA, evaluando periódicamente el comportamiento de consumo de recursos, y en caso de encontrar desviaciones no esperadas tomar acciones correctivas. Sin embargo los indicadores presentan ciertas debilidades, pues dependen mucho del número de trabajadores, y en caso de disminuir drásticamente el personal como sucedió en 2015 los indicadores se pueden incrementar. Es necesario un indicador que evalúe, a más de la relación con el número de funcionarios, la eficiencia de los equipos o áreas de trabajo para que no se den distorsiones por ejemplo con la construcción de nuevas áreas que no han implicado un incremento de personal.

Las acciones tomadas han permitido disminuir el consumo de energía eléctrica en un 28,59% con respecto a 2014, sin embargo esta disminución no se ha reflejado en los indicadores que sugiere el Acuerdo Ministerial N.º 140; por lo que para lograr esta deseada disminución se mantiene un proyecto para disminuir el consumo en rondas nocturnas de guardiana.

Las políticas de reducción de impresiones adoptadas en la CT Guangopolo, han permitido reducir en un 58% el consumo de resmas de papel que se sacan desde bodega; y a través del software de las impresoras se ha realizado un seguimiento y reporte mensual de las personas que más imprimen en el predio de la CT Guangopolo. Para mantener indicadores bajos en 2018 se plantea realizar un indicador de impresiones por área.

La política de eficiencia energética también contempla la reducción del consumo de combustibles fósiles, el cambio a gasolina "Super", los mantenimientos preventivos periódicos, el seguimiento interno a las solicitudes de salvoconductos que antes eran semanales y ahora son diarios han reducido el

consumo de gasolina en un 50% y de Diésel en un 51%; el 2018 ha iniciado con nuevas directrices para la obtención de salvoconductos que se espera mejoren aún más los indicadores de desempeño.

El manejo de desechos en la CT Guangopolo tuvo su mayor impacto al año siguiente de la implementación de las Buenas Prácticas Ambientales, hicieron que disminuya en un 61% la cantidad de residuos generados, sin embargo en 2017 la cantidad de desechos se incrementó; al buscar las causas se determinó que el mayor incremento fue en el mes de mayo debido al evento de celebración de los 40 años de Guangopolo que generó una cantidad muy grande de residuos que aumentaron los indicadores, se espera para 2018, volver a bajar el indicador.

La reducción del consumo de agua en la central todavía no es significativa, sin embargo el 2017 ha sido el primer año en el cual los indicadores han disminuido con respecto a años anteriores, por lo que se espera poder mejorar aún más estos indicadores en el 2018 realizando actividades pertinentes a la reducción del uso de agua.

En la Central Guangopolo la aplicación de Buenas Prácticas Ambientales para la reducción de consumo de recursos, ha servido para realizar un correcto manejo de datos, y sobre todo disminuir el consumo de algunos recursos importantes como papel, combustibles y energía, así como reducir la generación de desechos.

Se recomienda principalmente buscar y evaluar más parámetros e indicadores, pues los que sugiere el SUIA tienen ciertos inconvenientes en la evaluación, también se sugiere a los nuevos proponentes para obtener este "Reconocimiento Ambiental Punto Verde" que desarrollen un cronograma de actividades diferenciado por cada recurso a evaluar, para de esta manera evitar que haya parámetros exitosos y otros que no se han reducido de manera adecuada.

## Registro fotográfico



Trabajos realizados con grapas en desuso.



Entrega de toallas de mano, Punto Verde.



Reconocimiento ambiental "Punto Verde" otorgado por el Ministerio del Ambiente (MAE).



Manualidades, reutilización de papel.

Buenas prácticas ambientales y manejo de recursos para obtener el reconocimiento ambiental "Punto Verde" en la central de generación termoeléctrica Guangopolo.



Grupo de trabajo de CELEC EP TERMOPICHINCHA para obtener el reconocimiento ambiental "Punto Verde" en la central de generación termoeléctrica Guangopolo.

## Autor

Buenas prácticas ambientales y manejo de recursos para obtener el reconocimiento ambiental "Punto Verde" en la central de generación termoeléctrica Guangopolo.

### Diego Granda

diego.granda@celec.gob.ec  
CELEC EP TERMOPICHINCHA  
Departamento de Gestión Social y Ambiental

Diego Gustavo Granda Albuja; Ingeniero Químico con mención en Gestión Ambiental y Metalurgia Extractiva de la Escuela Politécnica Nacional, Auditor Interno ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 y OHSAS 18001:2007, se desempeña en la CELEC EP Unidad de Negocio Termopichincha como Especialista de Gestión Social y Ambiental donde se ha encargado de la iniciativa "Punto Verde" para mantener la certificación en la CT Guangopolo, para esto ha desarrollado indicadores que permitan visualizar la tendencia de consumo de todos los parámetros que evalúa el organismo de control y tomar medidas correctivas o encontrar las justificaciones en caso de que los datos no demuestren una continua disminución.

# Campamento Guarumales CELEC EP HIDROPAUTE

“Biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos por derrames de la estación de servicio en el campamento Guarumales de CELEC EP HIDROPAUTE.”

## Resumen

Se evaluó el efecto de la materia orgánica (Compost) y Biosurfactante (Ácido Húmico) para la biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos de la Estación de Servicio de Combustible del campamento Guarumales – CELEC EP HIDROPAUTE, producto del progresivo deterioro en las instalaciones de los tanques subterráneos de la estación de servicio, los cuales han causado percolaciones de gasolina hacia la superficie del lugar. Se definieron metodologías y líneas base aplicables para remediación in situ en el campamento Guarumales.

Para el desarrollo del proceso de biorremediación mediante la técnica de compost, se propuso 4 tratamientos y dos parcelas testigo.

La investigación empezó con un valor promedio de 21.958 mg/kg de Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) y presentó una concentración promedio final de 2.423,5 mg/kg de TPH, reduciéndose 19.534,5 mg/kg con el Tratamiento 1 (Materia Orgánica 6 lb + Surfactante 4 lb), siendo éste el tratamiento más eficiente, con una remoción del 88.96 %. Por otra parte, en concordancia con otras investigaciones, no hubo diferencia significativa en las concentraciones de plomo al inicio y final de la investigación.

En los testigos, las concentraciones de TPH presentaron un valor promedio final de 6.747,5 mg/kg, reduciéndose 15.210,5 mg/kg.

## 1. Introducción

El deterioro de los tanques subterráneos de la estación de servicio del campamento de Guarumales de la central Molino, ha causado percolaciones de gasolina hacia la superficie. CELEC EP HIDROPAUTE decidió apoyar la presente investigación para establecer metodologías para el adecuado manejo de suelos contaminados, mediante biorremediación de suelos con el fin de cumplir las normativas ambientales vigentes.

El campamento de Guarumales tiene un gran potencial para la ejecución de esta tecnología, debido a que produce considerables cantidades de residuos orgánicos, provenientes de la cocina y servicio de alimentación de la central Molino, desbroces de vegetación del campamento y otras instalaciones, generando grandes cantidades de biomasa. Además, cuenta con una unidad de compost para el tratamiento de los desechos orgánicos. El compost obtenido puede ser utilizado en el proceso de biorremediación de suelos en fase sólida.



## 2. Método

### 2.1 Ubicación del área de estudio

El área de estudio está ubicada en el Campamento Guarumales de la empresa CELEC EP HIDROPAUTE, perteneciente al cantón Sevilla de Oro de la provincia del Azuay (Figura 1).

El campamento cuenta con una estación de servicio para el despacho de gasolina. En este lugar (Figura 2) se encuentra el área contaminada (8 m<sup>2</sup>), de donde se extrajo aproximadamente 4 m<sup>3</sup> para ser trasladado al lugar experimental de tratamiento.



Figura 1: Ubicación del área de estudio



Figura 2: Área contaminada con hidrocarburos

## 2.2 Lugar experimental

El lugar experimental consta de un vivero (9m x 5m x 2,50m), construido de acero (bases) y plástico (paredes y techo) para mantener las parcelas experimentales en condiciones adecuadas (temperatura, precipitación) y albergar 10 parcelas con suelo contaminado durante el periodo de investigación (Figura 3).



Figura 3: Invernadero plástico

## 2.3 Tratamientos

La investigación llevó a cabo una valoración de una técnica biológica para el tratamiento de suelo contaminado con hidrocarburos. Se trabajó con cuatro tratamientos, con dos réplicas de cada uno, más dos parcelas de testigo. El número de tratamientos está dado por el diseño experimental  $2^k$  realizado en el programa minitab y se obtienen 4 diferentes combinaciones (Tabla 1). Los tratamientos fueron aplicados a las parcelas con suelo contaminado. Cada tratamiento contó con una réplica, para asegurar la homogeneidad dentro de cada población y minimizar el error experimental (Galbiati Riesco, 2005).

Este diseño experimental cuenta con dos factores y dos niveles.

### Factores

A: Materia Orgánica (Compost); B: Biosurfactante (Ácido Húmico).

### Niveles

Se consideraron 2 niveles: Alto; Bajo

### Variables de respuesta

Para la investigación se tuvo en cuenta dos variables de respuesta:

Hidrocarburos Totales de Petróleo (TPH) y Plomo.

Tabla 1: Tratamientos experimentales

| FACTORES         | DOMINIO EXPERIMENTAL                        |          |
|------------------|---|----------|
|                  | Baja (-)                                    | Alta (+) |
| Materia Orgánica | 3 lb  | 6 lb     |
| Biosurfactante   | 0.50 lb                                     | 4 lb     |
| TRATAMIENTOS     | COMBINACIONES DE DOSIS ( S - C)             |          |
| Tratamiento 1    | Materia Orgánica 6 lb + Surfactante 4 lb    |          |
| Tratamiento 3    | Materia Orgánica 3 lb + Surfactante 4 lb    |          |
| Tratamiento 5    | Materia Orgánica 6 lb + Surfactante 0.50 lb |          |
| Tratamiento 7    | Materia Orgánica 3 lb + Surfactante 0.50 lb |          |

## 2.4 Aplicación de tratamientos

Las dosis correspondientes a cada tratamiento fueron aplicadas cada 30 días de iniciado el proceso de biorremediación. Se adicionaron las dosis correspondientes obtenidas del diseño estadístico  $2^2$  a cada parcela, con la finalidad de estimular la producción microbiana.

Para optimizar el proceso de biodegradación se realizaron 3 visitas semanales durante la investigación. En cada visita se realizó aireación manual con una pala de jardinería (Figura 4), y a su vez se aplicó 10 litros de agua (pH: neutro) a cada una de las parcelas, a excepción de las parcelas testigo.



Figura 4: Proceso de aireación manual y aplicación de agua

## 2.5 Parámetros de medición

Los parámetros medidos en todos los bloques experimentales, se indican en la Tabla 2.

Tabla 2: Parámetros de medición

| ÁNÁLISIS | PARÁMETROS DE CONTROL | UNIDAD | MÉTODO DE ANÁLISIS      |
|----------|-----------------------|--------|-------------------------|
| Químicos | TPH                   | mg/kg  | EPA 8015 D / MM-S-23    |
|          | Plomo                 | mg/kg  | EPA 6020 B / MM-AG/S-39 |

## 2.6 Análisis de muestras

Las muestras de suelo de cada tratamiento fueron enviadas al laboratorio en fundas herméticas (Figura 5).



Figura 5: Muestras selladas y etiquetadas.

### 3. Resultados

#### 3.1 Caracterización inicial de las muestras

Los resultados de las propiedades químicas, físicas y microbiológicas de las muestras iniciales de los tratamientos se presentan en la Tabla 3. Los resultados de la homogenización de la muestra arrojaron una concentración de 23.108 mg/kg TPH en los 4 tratamientos y en los 4 tratamientos restantes (réplicas) arrojaron una concentración de 20.808 mg/kg TP. Ambos valores se encuentran por encima del límite máximo permisible tanto para uso agrícola (<2.500 mg/kg) y uso industrial (<4.000 mg/kg) (RAOHE, 2010).

Tabla 3: Resultados iniciales de los tratamientos

| PARÁMETROS                                   | Valor inicial muestra 1 | Valor inicial muestra 2 |
|--|-------------------------|-------------------------|
| Temperatura                                  | 19                      | 19                      |
| pH (unidades)                                | 5.42                    | 5.42                    |
| % Humedad                                    | 16.01                   | 16.01                   |
| Microorganismos mesófilos aerobios (U.F.C/g) | 5.80E+6                 | 5.82E+6                 |
| TPH (mg/kg)                                  | 23108                   | 20808                   |
| Plomo (mg/kg)                                | 59                      | 50                      |
| Textura Suelo                                | Arcillosa               | Arcillosa               |

#### 3.2 Hidrocarburos totales de petróleo

La Figura 6 indica la evolución de los TPH en cada uno de los tratamientos, incluyendo el testigo durante la fase de investigación.

Se inició la investigación con un valor promedio de 21.958 mg/kg de TPH (valores iniciales). Los resultados del tercer mes muestran un promedio de reducción de 12.200,1 mg/kg de TPH, siendo T1 la opción que presentó la mayor reducción. Al sexto mes, los resultados arrojan una reducción promedio de 19.041 mg/kg de TPH, siendo T1 la opción con los mejores resultados, llegando a un valor de 2.423,5 mg/kg al final de la investigación (89 % de reducción).



Fig. 6: Comportamiento de los TPH durante la investigación.

#### 3.3 Plomo

No hubo diferencias significativas en los valores de plomo (Figura 7).



Figura 7: Comportamiento del Pb

#### 3.4 Eficiencia de los tratamientos durante la biorremediación de TPH

Como indica la Figura 8, T1 (88,96%) y T5 (88,47%) fueron las opciones con mayor porcentaje de degradación en la descomposición de TPH. Además, el testigo presenta un valor porcentual de 69,27 %. El estudio elaborado por Corona (2005) presenta resultados semejantes en un proceso de metabolismo de los microorganismos que utilizan moléculas hidrocarbúricas como fuente de energía.

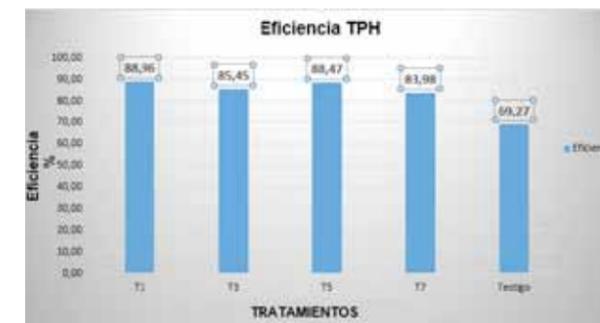


Figura 8: Eficiencia de tratamientos en TPH.

### 4. Conclusiones

El promedio de reducción de TPH en el primer trimestre fue de 12.173,25 mg/kg (55,4%), el cual es mayor a la reducción promedio presentada al segundo trimestre, que fue de 6867.87 mg/kg (31,3%). Estos resultados indican que con el tiempo se mantiene una reducción, aunque más lentamente.

Los valores promedio de T1 (6 lb de compost + 4 lb de surfactante) son los que alcanzaron la mayor disminución de TPH, llegando a un porcentaje de reducción del 89% al final de la investigación.

Los microorganismos son pieza fundamental en la reducción de TPH. Se evidencia un incremento de los microorganismos durante el tratamiento, con un valor inicial de 5,81E+6 UFC/g, hasta alcanzar un valor de 3,24E+7 UFC/g con T1. El incremento de microorganismos es directamente proporcional al porcentaje de reducción de TPH.

El suelo contaminado testigo no alcanzó una reducción suficiente a los 6 meses, si se compara con los límites de la normativa de la RAOHE.

No hubo diferencias significativas en los niveles de plomo.

Se demuestra que la técnica de biorremediación es eficiente para el tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos.





## 5. Recomendaciones

Mayor control en la unidad de compostaje del campamento de Guarumales, ya que se encontró materiales no biodegradables que dificultan un correcto proceso de compostaje.

Construir un pequeño invernadero para la remediación de suelo en el campamento Guarumales, con el fin de mantener un mejor control de temperatura y humedad, en la biorremediación con compost.

### Autores:

“Biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos por derrames de la estación de servicio en el campamento Guarumales de CELEC EP HIDROPAUTE”

#### **Carlos Santiago Flores Barreto**

Nacido en Cuenca Ecuador en el año de 1992 inició sus estudios en el colegio Cesar Dávila Andrade y posteriormente en la Universidad de Cuenca donde obtuvo el título de Ingeniero Ambiental en el año 2017.

#### **Jorge Patricio Mendoza Siguenca**

Nacido en Cuenca Ecuador en el año de 1993 inició sus estudios en el colegio Cesar Dávila Andrade y posteriormente en la Universidad de Cuenca donde obtuvo el título de Ingeniero Ambiental en el año 2017.

#### **Tutor: Pedro Alvarado Carrión**

pedro.alvarado@celec.gob.ec; CELEC EP Hidropaute; Unidad de Gestión Social y Ambiental



# Central Hidroeléctrica MANDURIACU

“Plan de acción para el rescate de peces en el embalse de la Central Hidroeléctrica Manduriacu, durante los desalojos de sedimentos.”

## Resumen

En enero de 2018 se desalojaron los sedimentos de la Central Hidroeléctrica Manduriacu. Para esta actividad, el área de gestión ambiental y social elaboró un plan de acción para el rescate de peces del embalse, con el fin de mitigar los impactos sobre el ecosistema, en el área de influencia de la central. Este trabajo identificó las mejores condiciones ambientales para realizar el desalojo de sedimentos. Para la ejecución de esta actividad, se realizó una prueba piloto del rescate de peces, que sirvió de base para poner en marcha el plan de acción propiamente para estos eventos. Como resultado se obtuvo un total de 11.299 peces pertenecientes a 7 especies, 4 familias y 4 órdenes. Esta diversidad representa aproximadamente al 10 % de la ictiofauna de la vertiente occidental ecuatoriana, y al 0.8 % del total de especies ictiológicas de agua dulce del Ecuador Continental. Se evidencia que el plan ha dado resultados positivos en minimizar el impacto de mortalidad de peces en el embalse y en el área de influencia directa de la central. Ha permitido también una interacción del grupo de trabajo con las autoridades locales y nacional, y también con las comunidades dentro y fuera del área de influencia de la central.

## 1. Introducción

La Central Hidroeléctrica Manduriacu se ubica en el límite de las provincias de Pichincha e Imbabura, cantones Quito y Cotacachi; y parroquias Pacto y García Moreno (Figura 1). Cuenta con una potencia nominal de 60 MW con dos unidades tipo Kaplan, llegando a su potencia efectiva máxima a 65 MW.



UBICACIÓN GEOGRÁFICA CENTRAL HIDROELÉCTRICA MANDURIACU  
E: 732363.54 - N: 10023761.979

Figura 1: Ubicación de la Central Hidroeléctrica Manduriacu



Esta central capta las aguas del río Guayllabamba mediante una presa de hormigón compactado con rodillo de 60,4 m de altura sobre cimientos, una longitud de coronación de 371 m y un ancho de 8 m. Por sus características se denomina una central de pasada.

La cuenca del río Guayllabamba presenta un alto deterioro ambiental, debido a un importante aporte de sedimentos. Por este motivo, la calidad del agua presenta restricciones importantes tanto para consumo humano, la vida acuática, agricultura, recreación e incluso usos industriales.

La Corporación Eléctrica del Ecuador, a través de la Unidad de Negocio Coca Codo Sinclair, con la finalidad de cumplir con la normativa ambiental vigente, los requisitos y obligaciones adquiridas en el Estudio de Impacto Ambiental, Plan de Manejo Ambiental y Licencia Ambiental No. 012/12 del 15 de mayo de 2012, realiza la ejecución y seguimiento a los programas indicados en los mencionados documentos.

Para mitigar los impactos negativos sobre la ictiología y el ecosistema, generados por el desalojo de sedimentos, se ejecutó un plan de acción que incluyó

actividades antes, durante y después del desalojo de sedimentos; manteniendo una estrecha coordinación con las áreas técnicas de la central Manduriacu. Para este aspecto, es importante controlar la velocidad con la que se abren las compuertas, a fin de mantener un caudal apropiado.

En la fase de campo del plan se efectuaron recorridos permanentes a lo largo del perímetro del embalse, para identificar mediante observación directa, la presencia de peces y así determinar los puntos de rescate.

Para evitar su muerte, los peces deben ser rescatados y mantenidos en cautiverio, con un control adecuado de la temperatura, alimentación y condiciones de vida.

Las actividades vinculadas a esta práctica fueron difundidas a las autoridades ambientales competentes, actores institucionales, personal de la Corporación Eléctrica del Ecuador y comunidades del área de influencia.



## 2. Método

Se realizó el rescate de peces, en actividades planificadas antes, durante y después del mismo. Esta fase se desarrolló del 6 al 15 de enero de 2018. Mientras que las maniobras de operación para esta actividad se efectuaron del 5 al 16 de enero de 2018, concluyendo con el llenado del embalse. A continuación se detallan las acciones para esta fase:

- Verificación de equipos, implementos e infraestructura usada durante la prueba piloto.
- Colocación de cintas y conos en los sitios de trabajo, zonas de riesgo y puntos de rescate de peces.
- Se efectuaron reuniones de coordinación con las áreas involucradas (Tabla 1).

Tabla 1: Recursos humanos y económicos.

| Recurso humano - Áreas principales |   |  |
|------------------------------------|---|--|
| No.                                | Denominación  | Especialistas  |
| 1                                  | Gestión Social y Ambiental - CELEC EP                       | Biólogo, Ing. Ambiental, Socióloga   |
| 2                                  | Jefatura de la Central Hidroeléctrica Manduriacu - CELEC EP | Ing. Eléctrico, Ing. Civil, Ing. Mecánico  |
| 3                                  | Equipo técnico contratado                                   | Especialista en ictiología, Biólogo y pescadores de la zona de influencia de la central hidroeléctrica |
| 4                                  | Equipo de monitoreo contratado                              | Ing. Ambiental y Laboratorio acreditado  |
| Recurso humano - Áreas de apoyo    |   |  |
| No.                                | Denominación  | Especialistas  |
| 1                                  | Seguridad Industrial y Salud Laboral - CELEC EP             | Especialistas en Seguridad Industrial, médicos y paramédicos   |
| 2                                  | Comunicación - CELEC EP                                     | Especialistas en Comunicación y Diseño   |
| 3                                  | Subgerencia de la Producción - CELEC EP                     | Ing. Mecánico, Ing. Eléctrico e Ing. Civil   |
| Recurso económico                  |   |  |
| No.                                | Denominación  | Monto sin IVA*   |
| 1                                  | Informes técnicos, de los equipos contratados [4] [5].      | \$5175.44  |
| 2                                  | Equipos e implementos (Tabla 1)                             | \$4966.35  |
| 3                                  | Otros**   | \$200.00   |

"Plan de acción para el rescate de peces en el embalse de la Central Hidroeléctrica Manduriacu, durante los desalojos de sedimentos".

- Los días del 5 al 6 de enero de 2018 se lavaron y llenaron cinco tanques.
- Se inició el rescate de peces y la búsqueda de pozas de agua en los puntos señalados en la Tabla 2. Los puntos de muestreo cubrieron entre 100 a 300 m de longitud. Se procedió a recolectar peces en el día y noche del 6 al 14 de enero del 2018, dando prioridad a las zonas donde el nivel de agua disminuía más rápidamente.

Tabla 2: Puntos de rescate de peces

| No. | Descripción  | Tipo de muestreo  |
|-----|--|-------------------|
| 1   | Río Huaycuyacu: aguas arriba del puente cerca de la cascada                        | Diurno y nocturno |
| 2   | Río Huaycuyacu: aguas abajo del puente   | Diurno y nocturno |
| 3   | Embalse: frente al Centro de Investigación   | Diurno y nocturno |
| 4   | Embalse: a 500 m del Centro de Investigación en dirección del puente de la represa | Diurno y nocturno |
| 5   | Embalse: en el puente de la represa  | Diurno y nocturno |
| 6   | Río Guayllabamba: 500 m aguas abajo del puente de la represa                       | Diurno            |
| 7   | Río Guayllabamba: canal de agua turbinada  | Diurno            |
| 8   | Río Manduriacu: en la confluencia con el río Guayllabamba                          | Diurno            |

- En el punto No. 5 de la Tabla 2, fue necesaria la utilización de líneas de vida (sogas y arneses) y chalecos salvavidas, para que los pescadores pudieran bajar por el talud hasta el espejo de agua, con seguridad.
- En los puntos No. 3 y No. 7 de la Tabla 2, se usó una canoa inflable para realizar la recolección de peces.

- Se colocaron redes de agallas en zonas angostas, ubicadas en los puntos No. 2 y No. 3, para evitar que los peces de aguas arriba del embalse bajen hacia la presa y orientarlos para que regresen a fuentes de agua como afluentes cercanos.
- El equipo técnico pescó y trasladó los peces hacia el Centro de Investigación, identificándolos de la misma forma que en la prueba piloto.
- En el tanque No. 2 se colocaron a los individuos recolectados en la noche del 6 de enero de 2018 y a los peces restantes se los distribuyó conforme lo indicado en la Tabla 3.

Tabla 3: Distribución de peces en los tanques por tamaños

| Tanque No. | Categorías de tamaños  |
|------------|--|
| 1          | Individuos grandes y medianos  |
| 2          | Individuos capturados en los puntos No. 2 Río Huaycuyacu: aguas abajo del puente, y No. 3 Embalse: frente al Centro de Investigación. Recolección nocturna |
| 3          | Individuos pequeños  |
| 4          | Individuos grandes   |
| 5          | Individuos pequeños  |

- Continuamente el personal de operación de la central hidroeléctrica informó al personal de Gestión Social y Ambiental, sobre la apertura de las compuertas de fondo y de los vertederos.
- Los días 7, 9 y 11 de enero de 2018, el equipo técnico, personal de Seguridad y Salud Laboral, y de Gestión Social Ambiental; realizaron la inspección desde aguas abajo de la presa hasta la confluencia del río Guayllabamba con el río Manduriacu. Esta actividad tuvo como finalidad el rescate de peces que hubiesen quedado atrapados y recoger aquellos que pudieron haber muerto.



- Los días 5, 8 y 18 de enero de 2018 se llevaron a cabo los muestreos de agua y sedimento, aguas arriba y abajo de la presa.
- Los peces fueron mantenidos en los cinco tanques del Centro de Investigación, durante diez días (6 al 16 de enero de 2018). En el último día se reintrodujeron al río Guayllabamba, en los puntos del No. 2 al No. 4 de la Tabla 2.
- Se cambió el agua en los tanques en los últimos cuatro días antes de la reintroducción de peces, debido a la descomposición de los restos de comida y material orgánico, que afectaron la calidad del agua.
- Los peces fueron alimentados con avena y termitas de los árboles de la zona. Pocos días antes de su reintroducción al embalse, los peces fueron alimentados con yuca rallada.
- Permanentemente el personal técnico estuvo pendiente del estado de los peces.

La Figura 2 presenta un diagrama con imágenes del proceso de rescate de peces.



Figura 2: Proceso de rescate de peces

### 3. Resultados

En abril de 2017 se realizó el primer rescate de peces, en el que se registraron 1.949 individuos pertenecientes a 10 especies, 6 familias y cinco órdenes. Se registraron dos especies introducidas: el pez espada *Xiphophorus hellerii* y la tilapia *Oreochromis niloticus*.

Como indica la Tabla 4, la especie más abundante fue el sábalo *Brycon dentex*, con 667 individuos, lo que representa el 34,2 % del total.

Tabla 4. Lista de especies registradas, nombre local y número de individuos rescatados en abril de 2017

| Orden/ Familia                  | Nombre científico                    | Nombre local    | No. Unidades |
|---------------------------------|--------------------------------------|-----------------|--------------|
| Characiformes / Characidae      | 1 <i>Astyanax festae</i>             | Hormiga de agua | 80           |
|                                 | 2 <i>Brycon dentex</i>               | Sábalo          | 667          |
|                                 | 3 <i>Bryconamericus brevirostris</i> | Doradilla       | 233          |
|                                 | 4 <i>Rhoadsia altipinna</i>          | Bunga           | 153          |
| Siluriformes/Heptapteridae      | 5 <i>Pimelodella cf. Modestus</i>    | Barbudo         | 284          |
| Loricaridae                     | 6 <i>Chaetostoma fischeri</i>        | Guaña           | 8            |
| Cyprinodontiformes /Poeciliidae | 7 <i>Xiphophorus hellerii</i>        | Pez espada      | 439          |
| Mugiliformes/ Mugilidae         | 8 <i>Agonostomus monticola</i>       | Lisa            | 9            |
| Perciformes                     | 9 <i>Andanoacara rivulatus</i>       | Vieja           | 75           |
| Cichilidae                      | 10 <i>Oreochromis niloticus</i>      | Tilapia         | 1            |
| <b>Total</b>                    | <b>10</b>                            |                 | <b>1.949</b> |

Como resultados de la ejecución del plan y rescate de peces durante enero de 2018, mismo que se realizó en tres sitios de muestreo en los cuales se concentraron poblaciones de peces nadando, aguas arriba de la represa (3 puntos, P1, P2, P3), sin embargo aguas abajo P4, no se identificaron peces nadando como ocurrió en el mes de abril del 2017.

En los sitios de rescate se obtuvieron 11.299 peces, pertenecientes a 7 especies, 4 familias y 4 órdenes.

Esta diversidad representa aproximadamente al 10 % de la ictiofauna de la vertiente occidental ecuatoriana (65 especies) (Jiménez et al., 2015), y al 0,8 % del total de especies ictiológicas de agua dulce del Ecuador Continental (824 sp.)(Jiménez et al., 2015).



Tabla 5. Lista de especies registradas, nombre local y número de individuos en enero de 2018.

| Orden/ Familia                   | Nombre científico                    | Nombre local    | No. Unidades  | %    |
|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------|---------------|------|
| Characiformes / Characidae       | 1 <i>Astyanax festae</i>             | Hormiga de agua | 2             |      |
|                                  | 2 <i>Brycon dentex</i>               | Sábalo          | 4323          | 38,2 |
|                                  | 3 <i>Bryconamericus brevirostris</i> | Cachuela        | 1549          | 13,7 |
|                                  | 4 <i>Rhoadsia altipinna</i>          | Doradilla       | 946           | 8,3  |
| Siluriformes/Heptapteridae       | 5 <i>Pimelodella cf. Modestus</i>    | Barbudo         | 824           | 7,2  |
| Cyprinodontiformes / Poeciliidae | 6 <i>Xiphophorus hellerii</i>        | Pez espada      | 3614          | 31,9 |
| Perciformes / Chichlidae         | 7 <i>Andanoacara rivulatus</i>       | Vieja           | 41            |      |
| <b>Total</b>                     | <b>7</b>                             |                 | <b>11.299</b> |      |

Los peces rescatados permanecieron en los tanques durante siete días (del 8 al 14 de enero del 2018). Las operaciones para el lavado del embalse iniciaron el 9 de enero de 2018. La liberación de los peces se realizó entre las 12h00 y 18h30 del 14 de enero.

La especie más abundante fue *Brycon dentex*, con 4.323 individuos rescatados, que representan al 38,2 % en relación al total de individuos. En segundo lugar se identifica a *Xiphophorus hellerii*, con 3.614 individuos, que representan al 31,9 % en relación al total de individuos. Luego aparece la especie *Bryconamericus brevirostris*, con el 13,7 %.

En el rescate de peces se registraron aproximadamente 11.000 individuos, mayor al registrado en el año 2017, ocasión que tuvo una captura de casi 2.000 peces.

Estos resultados evidencian que el plan de acción (rescate de peces) propuesto por el área de Gestión Ambiental y Social de CELEC EP COCA CODO SINCLAIR, ha dado resultados positivos para minimizar el impacto de mortalidad de peces en el embalse y área de influencia directa de la central. Sin embargo, es necesario mejorar continuamente los procedimientos y ampliar el área de acción con nuevos métodos de mitigación.

## 4. Conclusiones y Recomendaciones

Se confirmó en el rescate de peces que el orden más diverso es el de los CHARACIFORMES (Characidae), lo que concuerda con los resultados del monitoreo ambiental del año 2016 [6].

Se registró por primera vez al pez espada (*Xiphophorus hellerii*). Esta es una especie introducida, por motivo de un proyecto para el control biológico de mosquitos en las provincias del Guayas, El Oro y Manabí [7].

De las especies registradas durante el estudio no se registró ninguna considerada en peligro de extinción.

El método de rescate de peces funciona para embalses de tamaño pequeño o mediano, en los cuales, gracias a su forma natural, se puede acceder a puntos seguros para las personas.

Para mitigar el impacto de mortandad de peces en el embalse, se requiere realizar los lavados de los lodos de fondo con un caudal hídrico de ingreso al sistema de generación de 496,85 m<sup>3</sup>/s; una cota máxima del embalse de 492,60 msnm; en época de no actividades reproductivas y con acciones operacionales controladas.

**Las recomendaciones que se desprenden del presente proyecto son:**

- El monitoreo de calidad de agua y sedimento permitirá contar con información respecto a la

dinámica de los parámetros físicos y químicos. A partir de esta información se conocerán las condiciones y hábitos de vida de las especies en el río Guayllabamba.

- Es necesaria la coordinación entre todas las áreas involucradas y la difusión oportuna de las actividades a desarrollar, tanto a nivel interno como externo.
- Conocer la ecología de los peces y la razón de la mortalidad aguas debajo de la presa, mediante una investigación integral que permita determinar: especies, distribución, sensibilidad, razón de mortalidad.
- Con los resultados de la investigación, se puede proponer un programa o actividades para una reducción adicional de la mortalidad de peces aguas abajo del embalse.
- Para mantener el equilibrio ecológico de la cuenca media del río Guayllabamba, se deben efectuar esfuerzos interinstitucionales para integrar los planes de manejo ambiental.
- Ampliar el sistema de recirculación de agua en los tanques para mantener una concentración de oxígeno óptima.
- Ampliar las instalaciones que se utilizan para el rescate de peces.

## Autor:

"Plan de acción para el rescate de peces en el embalse de la Central Hidroeléctrica Manduriacu, durante los desalojos de sedimentos".

**Jahir José Valencia Larrea**  
jahir.valencia@celec.gob.ec  
CELEC EP Coca Codo Sinclair  
Área de Gestión Ambiental y Social

Nació en León, Nicaragua en 1978. Obtuvo el título de Biólogo Marino en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador en 2003; Máster en Gestión de Residuos en el Instituto de Investigaciones Ecológicas, España en 2005. Trabaja como especialista ambiental en CELEC EP COCA CODO SINCLAIR. Como parte del equipo realizó el plan de acción, ejecución y análisis de los resultados producto del rescate de peces.

### CO AUTORES

**Susan Andrea Feijoo Bermeo**  
susan.feijoo@celec.gob.ec  
CELEC EP COCA CODO SINCLAIR  
Área de Gestión Social y Ambiental

**Franklin Estuardo Salazar Montalvo**  
franklin.e.salazar@gmail.com  
Consultor  
CELEC EP COCA CODO SINCLAIR



## Proyecto de inclusión social "El Mercadito del Huerto Ilaló"

### Resumen

El proyecto "El Mercadito del Huerto Ilaló" constituye una iniciativa de apoyo comunitario que inició en septiembre del año 2017, y promueve la interacción de la comunidad del área de influencia de la Central Guangopolo con los colaboradores de la misma. Desarrolla espacios de comercio equitativo, participativo y solidario para los proveedores de productos alimenticios, revaloriza sus conocimientos ancestrales y promueve la igualdad de género en la dinámica económica familiar. Además, ofrece a los consumidores alimentos orgánicos, cultivados artesanalmente, en la comodidad de sus centros de trabajo.

### 1. Introducción

La Central Termoeléctrica Guangopolo opera cercana a la población del mismo nombre desde el 25 de abril de 1977, tiempo en el cual ha mantenido relaciones de respeto y confianza con los pobladores aledaños. Se encuentra ubicada en la Provincia de Pichincha, en el cantón Quito, parroquia Conocoto. Los barrios San Antonio del Tingo, La Rivera y las comunas Rumiloma, Sorialoma y La Toglla constituyen los principales actores ubicados en el área de influencia.

En las faldas del volcán Ilaló se ha congregado un grupo de mujeres, con quienes CELEC EP TERMOPICHINCHA ha trabajado en el fortalecimiento organizativo a fin de potencializar su trabajo para la obtención de diversos productos tradicionales, agrícolas y elaborados de consumo humano, mismos que han aprovechado el nicho de mercado existente en la Central Guangopolo, y han sido puestos a disposición de los colaboradores.

## 2. Método

A fin de llevar a cabo este proyecto en forma coordinada y articulada, entre los productores y consumidores, los siguientes pasos fueron ejecutados:

- Identificación de grupo de productores locales, mediante acercamientos con la Junta Parroquial de Guangopolo, toda vez que en el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquia Guangopolo 2015-2022, se indica que la agricultura es una de las principales actividades que dinamizan la economía en la parroquia.
- Presentación del proyecto a la gerencia de la unidad de negocio, y obtención de la correspondiente autorización para su implementación.
- Jornadas de socialización con los funcionarios de la central a fin de difundir el proyecto a ser ejecutado y los productos a ser comercializados.
- Envío de un listado semanal mediante correo electrónico de los productos disponibles para la entrega y los costos de los mismos.
- Recepción de pedidos.
- Entrega de los productos, en paquetes personalizados, a los funcionarios que laboran en la Central Guangopolo.



Personal del Huerto Ilaló, promocionando sus productos.



Funcionarios de la Central Guangopolo, recibiendo sus pedidos.

## 3. Resultados

A fin de promover un desarrollo económico participativo e incluyente y afianzar los lazos de buena vecindad con los actores del área de influencia de la Central Guangopolo, se implementó "El Mercadito del Huerto Ilaló", cuya concepción y desarrollo fue apalancado en el Plan de Desarrollo Nacional 2017-2021 "Toda una vida", en concordancia con los siguientes objetivos:

- *Garantizar una vida digna con iguales oportunidades*, mediante la dinamización de la economía local en función de las potencialidades de la zona.
- *Afirmar la interculturalidad y plurinacionalidad, revalorizando las identidades diversas*, a través del reconocimiento de prácticas y costumbres ancestrales de cultivo y comercialización de productos alimenticios tradicionales a fin de promover su consumo.
- *Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria*, mejorando el valor de usufructo del suelo y participando en forma colectiva y comunitaria.

Un grupo de mujeres oriundas de Guangopolo decidieron asociarse a fin de contribuir económicamente al hogar y formar el Huerto Ilaló (toma su nombre al estar ubicado en las faldas del volcán del mismo nombre). Esta agrupación está formada por cinco emprendedoras mujeres, quienes cuentan también con ayuda de sus familiares.

CELEC EP TERMOPICHINCHA, ha coordinado charlas en la comunidad de Guangopolo con el Instituto de Economía Popular y Solidaria, en temas de capacitación asociativa, administrativa y técnica para dirigir proyectos o emprendimientos económicos.

Los productos de cultivo tradicional eran brócoli, coliflor, tomate, pimientos, apio, cilantro, pepinillo, zucchini, chochos, remolacha, hierbas medicinales,

a los cuales se añadió productos de origen ancestral como miel de abeja, propóleo, tostado, chifles, habas, mermeladas, vino artesanal, rompopo, miel de penco, entre otros.



Productoras del Huerto Ilaló, de der. a izq.: Sra. Alicia Farinango, Sra. Silvia Paucar, Sra. Clara Gaullichico



Invernadero del Huerto Ilaló para el cultivo de tomates.

Las técnicas de cultivo que se emplean son netamente manuales. Los participantes labran la tierra con palas y azadones, sin emplear ningún tipo de maquinaria agrícola ni pesticidas. Es así como diferentes métodos han sido implementados: camas para las hortalizas, invernaderos para los tomates, sistemas de riego artesanales, abono natural que lo obtienen de sus animales (vacas, gallinas, cuyes, conejos). La agrupación cuenta con el asesoramiento, capacitación y asistencia por parte de la agencia de promoción económica de la Alcaldía Metropolitana, Conquito.

Dentro de los alimentos que se comercializan, se encuentra la bebida y miel de chawarmishky, obtenida de una especie de pencos que crecen en el lugar. Los comuneros han realizado charlas sobre el proceso que realizan hasta conseguir el producto terminado, compartiendo sus conocimientos ancestrales, reforzando a la vez su identidad cultural y manteniendo la memoria histórica de sus habitantes.

## Productos del Huerto Ilaló

| HORTALIZAS                      |                             |                        |
|---------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| <i>Acelga</i>                   | <i>Cilantro</i>             | <i>Limón mandarina</i> |
| <i>Ají</i>                      | <i>Col</i>                  | <i>Maggy</i>           |
| <i>Albaca</i>                   | <i>Coliflor</i>             | <i>Nabo Chino</i>      |
| <i>Apio</i>                     | <i>Espinaca</i>             | <i>Toronjil</i>        |
| <i>Cedrón</i>                   | <i>Frejol tierno</i>        | <i>Pimiento</i>        |
| <i>Cebollín</i>                 | <i>Frejol seco</i>          | <i>Perejil</i>         |
| <i>Choclo tierno desgranado</i> | <i>Hierba buena</i>         | <i>Papanabo</i>        |
| <i>Chochos</i>                  | <i>Harina de maíz cruda</i> | <i>Remolacha</i>       |
| <i>Tomillo</i>                  | <i>Hierba Luisa</i>         | <i>Rábano</i>          |
| <i>Tomate Riñón</i>             | <i>Lechuga de repollo</i>   |                        |

| SNACKS                |                     |                         |
|-----------------------|---------------------|-------------------------|
| <i>Chifles</i>        | <i>Habas de Sal</i> | <i>Pepa de Sambo</i>    |
| <i>Camote</i>         | <i>Maní dulce</i>   | <i>Tostado de dulce</i> |
| <i>Habas de Dulce</i> | <i>Mix salado</i>   | <i>Tostado de sal</i>   |

| JARABES                    | CÁRNICOS     | LICORES             |
|----------------------------|--------------|---------------------|
| <i>Miel de abeja</i>       | <i>Pollo</i> | <i>Rompopo</i>      |
| <i>Miel de chawarmisky</i> | <i>Cuy</i>   | <i>Vino de mora</i> |

## 4. Discusión

Este proyecto busca fomentar relaciones de beneficio mutuo. Por un lado, los colaboradores de CELEC EP TERMOPICHINCHA Central Guangopolo reciben en sus sitios de trabajo alimentos orgánicos, nutritivos y económicos, con el consecuente ahorro de tiempo y traslado.

Por otro, la comunidad mejora su calidad de vida al incrementar sus ingresos económicos a través del establecimiento de estrategias de comercio asociativo, justo, equitativo y solidario. Todo esto sin afectar su dinámica social y cultural, ya que todas las actividades se desarrollan en el lugar donde habitan, permitiendo que las madres continúen con el cuidado de sus hijos, convirtiéndose de consumidores en productores.

La producción de verduras, hortalizas y productos en general contribuye al autosustento comunitario, actividad que adicionalmente permite el empoderamiento de los agricultores y los motiva a ampliar el mercado de su emprendimiento agrícola, con los consecuentes productos derivados de sus cultivos.

## 5. Conclusiones

En el entorno comunitario, este proyecto ha contribuido a fomentar los lazos de solidaridad y trabajo en equipo. Los habitantes han debido organizarse para responder en forma oportuna a los requerimientos de sus clientes, reconfigurando su tejido social para mantener sus prácticas tradicionales.

La presencia de CELEC Termopichincha ha sido sin lugar a dudas, un elemento diferenciador en esta actividad comunitaria, ya que más del 50% de la producción es entregada a la Central Guangopolo. Se

debe destacar también que la implementación de esta práctica no ha representado erogación de recursos económicos para la institución, sino una gestión enmarcada en los preceptos de responsabilidad social y ambiental de la Corporación.

Es necesario recalcar el rol de las mujeres en este emprendimiento. Ellas se encuentran encabezando la organización, constituyéndose en un importante avance en la construcción de igualdad de oportunidades con un enfoque de género, a través de su aporte económico al hogar, sin descuidar sus actividades cotidianas que no les permitían desarrollar su potencial productivo.

A fin de dar continuidad y sobretodo, crecimiento a esta actividad productiva, se considerará realizar algunas acciones como por ejemplo, apoyar a la difusión de los productos que ofertan a través de la creación de catálogos informativos virtuales en donde se indique a los consumidores los beneficios de cada elemento ofertado, campaña para utilizar fundas reusables, encuestas de satisfacción con reuniones de retroalimentación de los resultados, entre otras. Al ser un proyecto reciente, aún no se han generado indicadores económicos, en una siguiente fase se medirá la variación en el ingreso del hogar.

A más de los beneficios económicos y nutricionales que ha significado la implementación del "Mercadito del Huerto Ilaló", regocija a CELEC EP TERMOPICHINCHA el eje integrativo que ha tenido, ya que permite juntar en un mismo espacio a promotores y consumidores, vecinos y colaboradores de quienes compartimos el mismo territorio: Guangopolo.



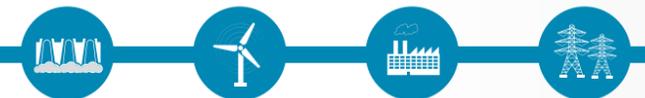
### Autor:

"Proyecto de inclusión social "El Mercadito del Huerto Ilaló"

**María Lorena Parreño Roldán**  
lorena.parreno@celec.gob.ec  
Jefe de Gestión Social y Ambiental  
CELEC EP TERMOPICHINCHA

María Lorena Parreño Roldán, Máster en Gestión Ambiental de la Universidad San Francisco de Quito, desarrolla sus actividades laborales en CELEC EP Termopichincha desde el año 2001, actualmente en el cargo de Jefe de Gestión Social y Ambiental. En el año 2017, en conjunto con el personal del Departamento de Gestión Social y Ambiental, fomenta el emprendimiento comunitario de los actores sociales de la Central Guangopolo, a través de la creación del proyecto de inclusión social denominado "El Mercadito del Huerto Ilaló".

## REVISTA BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES y SOCIALES



## Referencias

- **FACTIBILIDAD DEL USO DE LECHUGUÍN DEL EMBALSE MAZAR PARA LA ELABORACION DE COMPOST**

Manahan, S. (2010). Environmental Chemistry. Novena Edición. CRC Press. Taylor and Francis Group; pp. 167

Lundsdted, T., Seifert, E., Abramo, L., Bernt, T., Nystrom, A., Pettersen, J., Bergman, R. (1998). Experimental Design and Optimization. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 42, 3 – 40

Iñiguez G, Acosta N, Martinez, Parra J y Gonzalez O. (2004). Utilización de subproductos de la industria tequilera parte 7. Compostaje de bagazo de Agave y vinazas tequileras. Universidad de Guadalajara. pp. 9,10.

Zubillaga, Marta Susana; Civeira, Gabriela; Rimski-Korsakov, Helena; Lavado, Raúl S. (2004). Pérdidas de amoníaco durante el compostaje de biosólidos y su posible impacto ambiental. Buenos Aires; AIDIS Argentina.

Ingelmo, F., Molina, M<sup>a</sup>. J., Soriano, M<sup>a</sup>. D., Gallardo, A., Lapeña, L. (2008). Efecto del tiempo de compostaje en la biodisponibilidad de metales pesados en un compost elaborado con lodos de depuradora y virutas de madera. I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos Castellón, 23-24 de julio de 2008.

Suquilanda V. Manuel. (2005). Agricultura Orgánica. Alternativa tecnológica del futuro. Quito-Ecuador. P. 190-200.

Clesceri, S., Greenberg, A., Eaton, A. (Eds). (1998). Standard Methods for the examination of water and wastewater. 20th Edition. United States, American Water Works Association and American Public Health Association. ISBN 0-87553-235-7

The Northeast Coordinating Committee for Soil Testing. (1995). Recommended Soil Testing procedures for the Northeastern United States. 2nd Edition. Northeastern Regional Publication No 493. Agricultural Experiment Stations of Connecticut, Delaware, Maine, Maryland, Massachusetts, New Hampshire, New Jersey, New York, Pennsylvania, Rhode Island, Vermont and West Virginia.

Agricultura Orgánica. Alternativa tecnológica del futuro. Quito-Ecuador. P. 190-200.

Alvarado C. Pedro. (2013). Factibilidad del uso de lechuguín del embalse Mazar para la elaboración de compost. Universidad del Azuay. Cuenca-Ecuador

CELEC EP. (2012). Reportes de limpieza del embalse Mazar Unidad de Negocio Hidropaute. 2012. Guachapala- Ecuador.

- **ESTUDIO DE ANÁLISIS DE RUIDO DE LOS AEROGENERADORES DE LA CENTRAL VILLONACO**

Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP. (2015). Project Design Document del Parque Eólico Villonaco. Recuperado de <https://cdm.unfccc.int/Projects/DB/TUEV-RHEIN1413772853.6/view>.

Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP. (2018a). Informe anual de producción de la Central Eólica Villonaco (p 2).

Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP. (2018b). Planificación de mantenimiento menor de las unidades de generación de la Central Eólica Villonaco (p 3).

Decreto Ejecutivo 2393. Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo. Registro Oficial 565, Quito, Ecuador, 17 de noviembre de 1986.

Acuerdo Ministerial 97. Anexos del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Registro Oficial - Edición Especial 387, Quito, Ecuador, 4 de noviembre de 2015.

International Organization for Standardization. (2010). (2010). Norma Internacional ISO 3744 Acoustics.- Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure, Engineering methods for an essentially free field over a reflecting plane. Recuperado de: <https://www.iso.org/standard/52055.html>

International Organization for Standardization. (1996). Norma Internacional ISO 9613-2, Acoustics -- Attenuation of sound during propagation outdoors -- Part 2: General method of calculation. Recuperado de: <https://www.iso.org/standard/20649.html>

International Organization for Standardization. (1994). Norma Internacional ISO 8297, Determination of sound power levels of multisource industrial plants for evaluation of sound pressure levels in the environment -- Engineering method. Recuperado de: <https://www.iso.org/standard/15417.html>

International Electrotechnical Commission. (2011). (2011). Norma Internacional IEC 61400 Wind turbine generator systems – Part 11: Acoustic noise measurement techniques. Recuperado de: <https://webstore.iec.ch/publication/5428>

Torres, Alexis. (2017). Estudio de ruido de los aerogeneradores de la Central Eólica Villonaco, Contrato Nro. CELEC EP GSR-CON-0020-16 (pp. 26- 42).

- **MANEJO DE ESCOMBRERAS SIN ABANDONO COMO BUENA PRÁCTICA AMBIENTAL, DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA CENTRAL SAN ANTONIO DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO MAZAR DUDAS**

AG Construcciones Cía. Ltda., 2016, Plan de Manejo Ambiental para la Escombrera 1.

AG Construcciones Cía. Ltda., 2016, Informe Geotécnico de la Escombrera 1.

AG Construcciones Cía. Ltda., 2016, Plan de Mantenimiento de la Escombrera 1.

Fiscalización Directa Hidroazogues, 2016, Diseño Civil de la Escombrera.

Fiscalización Directa Hidroazogues, 2017, Diseño de Revegetación para la Escombrera 1.

ASTEC, 2012, Estudio de Impacto Ambiental Definitivo “Aprovechamiento San Antonio”.

Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Especificaciones Técnicas, 2009.

Ministerio del Ambiente, SUIA - Escombreras, 2018.

Unidad de Negocio Hidroazogues, 2016, Contrato No. 017-2016 para la Terminación y Puesta en Operación de la Central San Antonio del Proyecto Mazar – Dudas. Etapa 1: Terminación de Obras Civiles.

- **BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES Y MANEJO DE RECURSOS PARA OBTENER EL RECONOCIMIENTO AMBIENTAL “PUNTO VERDE” EN LA CENTRAL DE GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA GUANGOPOLO**

Ministerio del Ambiente, Acuerdo Ministerial N° 140, Registro – Oficial N°387, 04 de Noviembre del 2015.

Departamento de Gestión Social y Ambiental, CELEC EP Termopichincha, 2013, “Manual del Sistema de Gestión Ambiental Punto Verde”, UNT-AE-AD-M-01, 2013.

Rodríguez, Xavier; “Estudio del Comportamiento del motor a gasolina utilizando bioetanol a partir de despojos de maíz en la provincia de Imbabura - Ecuador”, Universidad Técnica Nacional; Ibarra

Secretaría del Ambiente; “Red de monitoreo de residuos peligrosos Generación”, <http://quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/politicas-y-planeacion-ambiental/residuos-solidos/generacion>; 2015

- **BIORREMEDIACIÓN DE SUELO CONTAMINADO CON HIDROCARBUROS POR DERRAMES DE LA ESTACIÓN DE SERVICIO EN EL CAMPAMENTO GUARUMALES DE CELEC EP HIDROPAUTE**

Flores, C; Barreto, Mendoza Jorge. (2017) "Biorremediación de suelo contaminado con hidrocarburos por derrames de la estación de servicio en el campamento de Guarumales CELEC EP"

Galbiati Riesco, J. (2005). Diseño de Experimentos Factoriales con aplicaciones a Procesos Industriales.

Corona, L., & Iturbe, I. (2005). Atenuación natural en suelos contaminados con hidrocarburos. Redalyc, 2, 119–126.

Reglamento ambiental de actividades hidrocarburíferas, RAOHE, 2010, Decreto Ejecutivo 1215, tabla 6, Registro Oficial 265 de 13-feb-2001 Última modificación: 29-sep-2010

- **PLAN DE ACCIÓN PARA EL RESCATE DE PECES EN EL EMBALSE DE LA CENTRAL HIDROELÉCTRICA MANDURIACU, DURANTE LOS DESALOJOS DE SEDIMENTOS.**

Jiménez et al., 2015

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo - Senplades, Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017. Quito, Ecuador, 2014.

Hidroequinoccio, Consorcio TCA Tractebel Caminosca Asociados, Proyecto Hidroeléctrico Manduriacu Estudio de Impacto Ambiental definitivo (EIAD). Quito, Ecuador, 2012.

Ideambiente Cía. Ltda., Actualización del Plan de Manejo Ambiental del proyecto hidroeléctrico Manduriacu de 60 MW. Quito, Ecuador, 2013.

P. D. Cecilia, "Primer informe: prueba piloto para el rescate de peces durante el lavado de sedimentos del embalse de la central hidroeléctrica Manduriacu de 60 MW" Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador Unidad de Negocio Coca Codo Sinclair, Quito, Ecuador, Abr. 2017.

P. D. Cecilia, "Informe rescate de peces durante el lavado de sedimentos del embalse de la central hidroeléctrica Manduriacu de 60 MW" Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador Unidad de Negocio Coca Codo Sinclair, Quito, Ecuador, Abr. 2017.

S. M. Franklin, "Monitoreo Ambiental en la central hidroeléctrica Manduriacu de 60 MW de capacidad, de CELEC EP Coca Codo Sinclair, año 2016" Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador Unidad de Negocio Coca Codo Sinclair, Quito, Ecuador, Dic. 2016.

S. M. Franklin, "Segundo informe: resultados rescate de peces durante el desalojo de sedimentos del embalse de la central hidroeléctrica Manduriacu de 60 MW" Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador Unidad de Negocio Coca Codo Sinclair, Quito, Ecuador, Ene. 2018.

B. S. Ramiro, "Lista de peces de agua dulce e intermareales del Ecuador" Revista Politécnica, vol. 30, número 3, ISSN: 1390-0129, pp. 83-119, Sep., 2012.

- **PROYECTO DE INCLUSIÓN SOCIAL "EL MERCADITO DEL HUERTO ILALÓ"**

Entrevista con la Sra. Silvia Paucar, representante del Huerto Ilaló.

Plan de Desarrollo Nacional 2017-2021 "Toda una vida"

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquia Guangopolo 2015-2022

Ley Orgánica de Economía Popular y Solidaria

REVISTA  
BUENAS PRÁCTICAS  
**AMBIENTALES y**  
**SOCIALES**



@CELEC\_EP

[www.celec.gob.ec](http://www.celec.gob.ec)