



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES**

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS FUNERARIAS BIODEGRADABLES  
COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR  
FUNERARIO**

Realizado por:

**Teresa Liseth Escobar Vera**

Director del Proyecto:

**Ing. Katty Coral Carrillo MSc. MSSO**

Como requisito para la obtención del título de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

**Quito 12 de Agosto del 2020**

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA  
SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

**DECLARACIÓN JURAMENTADA**

Yo, TERESA LISETH ESCOBAR VERA, con cédula de identidad #172208026-2, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de autoría, que no ha sido previamente presentado por ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



1722080262

**FIRMA Y CÉDULA**

**DECLARATORIA**

El presente trabajo de investigación titulado:

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS FUNERARIAS BIODEGRADABLES  
UNA PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR  
FUNERARIO**

Realizado por:

**TERESA LISETH ESCOBAR VERA**

como Requisito para la Obtención del Título de:

**INGENIERA AMBIENTAL**

ha sido dirigido por el profesor

**KATTY VERÓNICA CORAL CARRILLO**

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Katty Verónica Coral Carrillo', is written over a horizontal line. The signature is stylized and cursive.

**FIRMA**

**LOS PROFESORES INFORMANTES**

Los Profesores Informantes:

**MESTRE MIGUEL MARTÍNEZ FRESNEDA**

**ALBERTO ALEJANDRO AGUIRRE BRAVO**

Después de revisar el trabajo presentado,

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

el tribunal examinador



**FIRMA**

Dr. Miguel Martínez-Fresneda



**FIRMA**

Ing. Alberto Aguirre Bravo

**Quito 12 de Agosto de 2020**

**DEDICATORIA**

A Dios por darme la salud, la sabiduría, la fortaleza y el sano juicio para enmendar, continuar y  
alcanzar mis objetivos personales.

A mi hija Camila Antonella, por ser la motivación más grande de mi vida.  
Tu sola existencia es la razón de mi felicidad, esfuerzo, dedicación y ganas de luchar, para darte  
lo mejor de mí. Agradezco a Dios por darme una bendición tan grande, que me enseña cada día el  
lado dulce de la vida.

A mi madre Ing. Mónica Vera, por su apoyo incondicional y entrega abnegada en los momentos  
buenos y malos, confiando siempre en mi capacidad de conseguir lo que me propongo.

A mi abuela Bertita por su amor incondicional y por siempre mantener la esperanza de ver  
cumplido el sueño de convertirme en una excelente profesional, madre e hija.

**AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Internacional SEK y a todo el personal docente de la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, por todo el enriquecedor proceso académico y conocimientos aportados para mi formación profesional.

A mi tutora, Ing. Katty Coral Carrillo, por la confianza y la orientación brindada para alcanzar este objetivo profesional.

A todos los miembros de mi familia, que me ayudaron espontáneamente y con mucho cariño de una u otra manera, para alcanzar mi meta más anhelada.

Un agradecimiento especial al Ing. Enrique Valle por ser el soporte y el apoyo incondicional de mi madre y mío. A mi hermano Mateito por su cariño.

A la MSc. Consuelito por su hospitalidad, consejos y ayuda en todo este proceso.

Y a Michelle Salazar por las risas y la ayuda incondicional.

Para ser enviado:

To be submitted:

Revista Gestión – Universidad Andina Simón Bolívar

**Diseño Y Elaboración De Urnas Funerarias Biodegradables.  
Una Propuesta Sostenible Ante La Contaminación Del Sector Funerario**

Teresa Liseth Escobar Vera<sup>1</sup>

Katty Verónica Coral Carrillo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales.

Quito, Ecuador.

Fecha de modificación: Agosto del 2020

\*AUTOR DE CORRESPONDENCIA: Ing. Katty Coral Carrillo MSc. MSSO

Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Ambientales y Naturales, Quito, Ecuador.

Teléfono: +593 983084617; email: katty.coral@uisek.edu.ec

Título corto: Diseño Y Elaboración De Urnas Funerarias Biodegradables.



## **RESUMEN**

Desde hace siglos, la sepultura ha sido la forma más común de disposición final de los cuerpos. Sin embargo, el hecho de que en el mundo fallezcan millones de personas al año, plantea grandes retos sanitarios y de gestión ambiental. Contrario a lo que se piensa, los cementerios generan problemas ambientales significativos, que al no ser controlados podrían causar daños irreversibles en los ecosistemas y salud de poblaciones cercanas. El problema ambiental no se limita a la contaminación, la explotación del recurso forestal es alta, tanto por la fabricación de ataúdes como por la deforestación generada en la construcción de los cementerios. Claramente hay limitaciones ambientales y de espacio para la disposición de los cadáveres humanos a través de formas tradicionales de entierro. Por esta razón, en el presente estudio se diseñó y elaboró urnas funerarias biodegradables con materiales de origen natural, como una alternativa de entierro más verdes, para reducir la generación de impactos ambientales y explotación de recursos por parte del sector funerario. Además se realizó una aproximación estadística sobre la factibilidad de introducir esta nueva tendencia de entierro verde en la ciudad de Quito.

**Palabras clave:** urnas funerarias biodegradables, entierros verdes, contaminación cementerios.

**ABSTRACT**

For centuries, burial has been the most common form of disposal of bodies. However, the fact that millions of people die in the world each year poses great health and environmental management challenges. Contrary to popular belief, cemeteries generate significant environmental problems, which if not controlled could cause irreversible damage to ecosystems and the health of nearby populations. The environmental problem is not limited to pollution, the exploitation of the forest resource is high, both due to the manufacture of coffins and the deforestation generated in the construction of cemeteries. Clearly there are environmental and space limitations to the disposal of human corpses through traditional forms of burial. For this reason, in the present study, biodegradable funeral urns were designed and produced with materials of natural origin, as a greener burial alternative, to reduce the generation of environmental impacts and exploitation of resources by the funeral sector. In addition, a statistical approximation was carried out on the feasibility of introducing this new green burial trend in the city of Quito.

**Key Words:** biodegradable ash urns, green burials, cemeteries contamination.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El ser humano es el agente más contaminante del mundo durante su ciclo de vida, desde que nace hasta que muere. Si bien las actividades humanas como procesos industriales, urbanización, generación de desechos, etc. representan un grave problema para los ecosistemas, estas han sido estudiadas y en cierta manera controladas con normativas y tratamientos de mitigación y remediación; lo que no sucede con el final del ciclo de vida; es decir todo lo referente al proceso de muerte de un individuo. Contrario a lo que se piensa los cementerios representan problemas ambientales y sanitarios significativos que al no ser controlados podrían causar daños irreversibles en los ecosistemas cercanos.

Desde hace siglos, la sepultura ha sido la forma más común de disposición final de los difuntos. En muchas sociedades y religiones esta práctica es un ritual importante y sigue una serie de preceptos inalterables, como la profundidad a la que debe realizarse. Sin embargo, el hecho de que en el mundo fallezcan millones de personas al año, (Garoia Cartagena, 2013) plantea grandes retos sanitarios y de gestión ambiental. A medida que el paisaje global está cada vez más poblado, la eliminación de los restos humanos se convierte en un problema ambiental crítico para todas las culturas y naciones (Arnould & Thompson, 2005).

Estudios apuntan a que los procesos químicos, físicos y biológicos asociados a la putrefacción de los cadáveres y generación de lixiviados cadavéricos, podría representar un foco potencial de contaminación de suelos y aguas subterráneas, tanto por microorganismos como por otras sustancias peligrosas (Ahmet & Rushbrook, 2000) (Velasco Rivera & Minota Zea, 2012). Lo mismo ocurre con la degradación de las ataúdes de madera que generan contaminación mediante

## **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

la volatilización de sustancias tóxicas como barnices, disolventes y metales pesados, resultantes de la corrosión de sus adornos (Velasco Rivera & Minota Zea, 2012) (Vodopivec, s.f). El problema no se limita únicamente a la contaminación. La degradación del recurso forestal es alta, tanto por la madera utilizada para fabricación de ataúdes como por la deforestación generada para la construcción de los cementerios.

Desde una perspectiva urbanística, la ubicación de los cementerios representa un problema debido a que estos espacios tienen limitaciones de capacidad y cada vez es necesario más espacios totalmente desprovistos de cualquier tipo de vegetación para su construcción y además alejados de la ciudad por los problemas ambientales anteriormente indicados. El rápido crecimiento de la población ha significado que la capacidad para el entierro sea limitada. (Canning & Szmigin, 2010).

Claramente existen limitaciones ambientales en la disposición de los muertos a través de formas tradicionales de entierro, además la cremación está siendo cada vez más aceptada y practicada por muchos países con diferentes culturas y religiones. Por esta razón, este proyecto tiene como objetivo general elaborar urnas funerarias biodegradables con materiales de origen natural, como alternativa sustentable de manejo ambiental y control sanitario en el sector funerario.

La hipótesis que se trató en este estudio es que los materiales de fabricación permiten la degradación en medios naturales. De esto se tiene como objetivos específicos; garantizar la descomposición de las urnas funerarias biodegradables, obteniendo la relación C:N teórica y tiempo de descomposición, para que estas vuelvan a formar parte del medio natural sin generar

residuos, además garantizar la inocuidad de las urnas funerarias biodegradables, obteniendo la composición teórica de sus elementos, para que estas puedan ser usadas en funerales ecológicos alternativos. La finalidad con esto es reducir la generación de impactos ambientales durante todo el ciclo de vida de estos productos, así como también reducir la explotación del recurso forestal y la capacidad per cápita que se requiere en un cementerio, evitando la ampliación o construcción de más necrópolis.

Lo interesante de este proyecto es la innovación de crear un producto funerario 100% ecológico con técnicas ancestrales ecuatorianas, que sirva de atracción para modificar en un largo plazo las prácticas funerarias en el país, recuperando los espacios de inhumación para darles arquitectónicamente la función de elemento paisajístico. Esto además los transforma en sumideros de carbono y reduce el impacto visual de estos lugares haciendo que tengan una mejor integración con el medio urbano.

### ***1.1 Las Necrópolis como Focos Urbanos de Contaminación***

El riesgo ambiental de los cementerios, ha generado muchas interrogantes, por lo cual se han realizado estudios hidrogeológicos y de suelo asociados a estos espacios. Desde un enfoque técnico científico, su comparación por analogía con un vertedero de residuos de naturaleza orgánica es útil para evaluar los posibles impactos que pueden generar, sobre todo a las aguas subterráneas. (Ruiz, Moreno, López, De la Losa, & Jiménez, 2013)

Actualmente, a pesar de que el tema ambiental está generando más conciencia dentro de la población a nivel mundial respecto a varios sectores y problemáticas, existe una limitada

información y artículos de investigación relacionados a la contaminación de los cementerios. La mayoría de los cementerios a nivel mundial, se han ubicado sin pensar en los riesgos potenciales para la comunidad local y los componentes ambientales; comúnmente se construyen cerca de los asentamientos urbanos por circunstancias religiosas y culturales (Ahmet & Rushbrook, 2000) y en muchos casos por falta de espacio. La ubicación de estos sitios es un reto para los municipios, ya que en muchos casos han estado en un cierto lugar por décadas, albergan cientos de cuerpos y representan preceptos culturales y religiosos. Los cementerios deben ubicarse de manera que no afecten otras actividades, sin embargo la mayoría están en sitios de conflicto a veces con actividades agrícolas, industriales, residenciales y de ocio (Canning & Szmigin, 2010).

Respecto a la disposición de los cuerpos, cual quiera que sea el entorno religioso o cultural, puede ser tradicionalmente de dos formas; entierro y cremación. El entierro como medio para eliminar a los muertos se practica desde la Edad de Piedra (Davies, 2004) y es común en todo el mundo y en todas las religiones, aunque los rituales asociados con él varían.

Los entierros o inhumaciones se realizan en cementerios, lugares que representan focos de contaminación considerables al entorno aledaño donde se ubican (Velasco Rivera & Minota Zea, 2012). Un cementerio al ser considerado un vertedero donde los elementos del cuerpo humano se descomponen naturalmente (Keijzer, 2011), genera subproductos contaminantes. Tanto en un cementerio como en un vertedero de RSU, el primer proceso que influye en la producción, liberación y potencial migración de elementos contaminantes es la descomposición microbiana, aunque existen diferencias que hacen a las necrópolis más peligrosas para los ecosistemas. (Ruiz, Moreno, López, De la Losa, & Jiménez, 2013)

El problema principal al hablar de la inhumación, se genera al momento del embalsamamiento. El embalsamamiento es el proceso que se realiza para ralentizar la tasa de descomposición de los cuerpos (Canning & Szmigin, 2010). Este es un proceso de conservación fuerte, por el cual la sangre del cuerpo se retira y se reemplaza por nueve (9) litros de líquido de embalsamamiento que contiene formaldehído. (Keijzer, 2011) También se pueden presentar compuestos como la formalina, que es un carcinógeno para quienes trabajan con ella (Hauptmann, y otros, 2009). Trazas de estos compuestos pueden llegar a las aguas subterráneas, como parte de los necrolixiviados. Cada cuerpo podría generar alrededor de 40 litros de este subproducto cadavérico, una cantidad exorbitante si se toma en cuenta el número de muertes anuales en cualquier parte del mundo. (Reyes, 2014).

En términos generales, las fases de descomposición de un cuerpo puede generar gases y lixiviados que pueden contener metales, fármacos, y microorganismos que afectan al suelo y al agua subterránea (Ilustración 1). El suelo aledaño a estos lugares se puede degradar al acumular desechos a tales niveles que repercutan negativamente en su comportamiento, es decir que los niveles de concentración se vuelven tóxicos para los organismos del suelo. Se trata de una degradación química que provoca la pérdida parcial o total de la productividad del suelo (Velasco Rivera & Minota Zea, 2012). Los posibles problemas de los cementerios para el agua circundante es la contaminación por virus y bacterias y eutrofización local debido principalmente a la liberación de nitrógeno y fósforo de los cuerpos (Dent, 2002).

## DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO

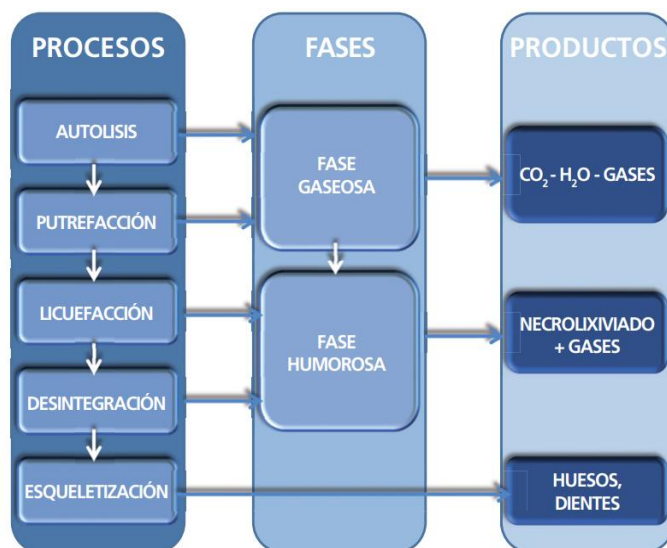


Ilustración 1: Procesos destructivos de la descomposición humana en un cementerio. Fuente: (Ruiz, Moreno, López, De la Losa, & Jiménez, 2013)

La composición de lixiviados viene principalmente de la constitución química de los cuerpos humanos. El cuerpo humano contiene carbono, nitrógeno, calcio, fósforo, azufre, potasio, sodio, cloro, magnesio, hierro y agua; compuestos que, además son representativos en las cenizas de cremas humanas (Dent & Knight, 1998). Estos lixiviados además pueden contener microorganismos patógenos como bacterias, virus, químicos orgánicos e inorgánicos (Ahmet & Rushbrook, 2000), asimismo otras sustancias peligrosas, metales pesados, isótopos radiactivos y dioxinas (Velasco Rivera & Minota Zea, 2012). También, en menor medida, se presentan elementos químicos provenientes de tratamientos médicos específicos, y hay posibilidad de existencia de pequeñas cantidades de metales pesados procedentes de los elementos de los féretros o técnicas funerarias de conservación (Ruiz, Moreno, López, De la Losa, & Jiménez, 2013).



## **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

Un cuerpo en descomposición también produce gases y en grandes cementerios o fosas comunes, estos podrían hacer una contribución significativa a la atmósfera. Estos gases incluyen aminas volátiles peligrosas como la putrescina y cadaverina, que pueden representar una amenaza considerable para los manipuladores del cuerpo y trabajadores post mortem. Al ser miembros de la familia de tomaínas, puede desplazar o competir con el oxígeno como gases inspirados, especialmente en espacios confinados (Haglund & Sorg, 1996), teniendo un efecto similar al monóxido de carbono. Otros gases presentes en la descomposición de los cuerpos son amonio, isobutilamina, monóxido de carbono, dióxido de carbono, ácido sulfhídrico, metano y fosfato. El sulfuro de hidrógeno, que es altamente venenoso, con toxicidad similar al cianuro, también se hace presente en este proceso (Santarsiero, Minelli, Cutilli, & Cappiello, 2000)

Respecto a los microorganismos, los que habitan naturalmente en el cuerpo se liberan con la descomposición cuando la cavidad corporal ya no puede contenerlos. La mayor parte de microbianos están en el sistema digestivo siendo poco probable que prevalezcan en el ambiente del suelo. (Williams, Temple, Pollard, Jones, & Ritz, 2009) Sin embargo, algunos grupos son patógenos potenciales como *Enterobacterias*, *Streptococcus*, *Clostridium spp.*, *Bacillus* y *Staphylococcus* (Corry, 1978). Si el cementerio está ubicado en un tipo de suelo poroso el movimiento de la filtración puede ser rápido y mezclarse fácilmente con el agua subterránea. Si estos acuíferos son usados para consumo, es posible que se presenten enfermedades o epidemias locales de enfermedades transmitidas por microorganismos. (Ahmet & Rushbrook, 2000).

Adicionalmente a este problema de contaminación del suelo y aguas subterráneas, la demanda de madera para la fabricación de ataúdes, podría inducir a un manejo forestal insostenible y

## **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

eventualmente a la deforestación si se habla de construcción de estos espacios. Sin embargo el problema de los ataúdes no se limita únicamente a la degradación del recurso forestal. Estos objetos generan contaminación mediante la volatilización de sustancias tóxicas como barnices y disolventes, que conjuntamente con los lixiviados cadavéricos se esparcen por el suelo. Entre los posibles contaminantes de los ataúdes se incluyen conservantes, barnices y selladores para el caso de ataúdes de madera; y plomo, zinc, cobre y acero en ataúdes metálicos (Spongberg & Becks, 2000). Todos estos químicos, en función del tiempo, condiciones del suelo, infiltración de aguas de lluvia, pueden movilizarse mediante el proceso de lixiviación a través del suelo y alcanzar las napas de agua. (Vodopivec, s,f).

Los materiales internos de los ataúdes también contribuyen a generar impacto ambiental (Velasco Rivera & Minota Zea, 2012). Estudios han evaluado que la cantidad media de materiales enterrados en las fosas como los textiles, ropas, elementos como prótesis o marcapasos etc, incluidos el féretro, alcanzaban los 17 kg por tumba (Fiedler, 2012) . Esto supone un importante problema ambiental debido a que, en la mayoría de los casos, se trata de material no degradable (Ruiz, Moreno, López, De la Losa, & Jiménez, 2013) que al ser retirado va generalmente a un relleno de RSU y no al gestor de residuos peligrosos adecuado.

Como se ha visto la inhumación tiene consecuencias ambientales significativas pudiendo pensar que la solución es la cremación, y realmente lo es, siempre y cuando está se realice correctamente. Una adecuada cremación debe cumplir normativas y protocolos estrictos para que esta no represente problemas de contaminación, principalmente al aire. La cremación es una alternativa utilizada desde hace tiempo y consiste básicamente en la incineración del cuerpo. Este

## **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

proceso implicó una revolución en la manera de pensar la muerte, así como en la forma en que se resolvían los problemas sanitarios.

No obstante, la cremación también tiene efectos negativos sobre el ambiente, pues implica un alto consumo energético. La incineración de un cuerpo humano requiere de unos 20 litros de aceite y emite a la atmósfera alrededor 27 kilos de CO<sub>2</sub>, uno de los principales gases de efecto invernadero vinculados al cambio climático. Por otra parte, los metales pesados contenidos en el cuerpo como el mercurio de los empastes dentales, se convierten en gases y también se liberan en la atmósfera. Además se liberan a la atmósfera bencenos y furanos así como otros gases derivados de los ácidos clorhídrico y fluorhídrico que al mezclarse, producen compuestos carcinógenos. (Garoia Cartagena, 2013). Para una eficiente cremación se deben retirar todo tipo de material extraño al cuerpo como prótesis, marcapasos, métodos anticonceptivos, implantes de todo tipo, entre otros (ProtocolOverledenenenzorg, 2010).

Aunque los hornos modernos tienen sistemas de control de emisiones, todo proceso de incineración genera sustancias potencialmente contaminantes, como óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, cloruro de hidrógeno, monóxido y dióxido de carbono. (Rodríguez E. , 2018). Ciertos elementos persistentes derivados de la cremación pueden depositarse en las cenizas del cuerpo y por lo tanto tener potencial de toxicidad, así lo son el mercurio, dioxinas y otros elementos procedentes del nitrógeno y el azufre. (Rodríguez E. , 2018)

A pesar de esto, una cremación controlada, correctamente realizada y con tratamientos adecuados, podría ayudar a reducir los impactos del sector funerario; y reducir la cantidad de

## **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

tierra requerida para deshacerse de los cadáveres. En el siglo XX esta práctica fue teniendo cada vez más acogida en muchas religiones y culturas, principalmente por los altos costos funerarios que una inhumación tradicional representa para una familia promedio.

Existen otros procesos alternativos a la cremación estándar. Estos métodos sin clasificados como cremaciones verdes y se pueden mencionar la incineración solar, la criocremación que congela el cuerpo con nitrógeno líquido y luego lo pulveriza mediante vibraciones y finalmente la hidrólisis alcalina que utiliza un disolvente reciclable a base de hidróxido de potasio sometido a alta presión para convertir los huesos en polvo. (Garoia Cartagena, 2013).

A continuación, en la Ilustración 2, se presenta una comparación del impacto ambiental de las tecnologías funerarias respecto a varias metodologías de análisis de ciclo de vida. Primero se presenta el impacto ambiental, seguido de los métodos:

- EDIP (Environmental Design of Industrial Products): El método se basa en tres categorías de impacto: impactos al medioambiente, consumo de recursos, e impactos en el ambiente de trabajo. Y se calcula mediante tres elementos: cálculo de los potenciales impactos medioambientales para las emisiones, la normalización y la ponderación. (Vivancos, Collado, Bastante, Gómez, & Capuz, 2005)
- Método de Escasez Ecológica: permite una ponderación y agregación comparativa de diversas políticas medioambientales mediante el uso de eco factores basados en los resultados del inventario del ciclo de vida. Básicamente, el método utiliza el planteamiento de distancia al objetivo mediante comparación de la contaminación actual

## DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO

(flujos actuales) en el inventario con los flujos críticos (cargas críticas). (Vivancos, Collado, Bastante, Gómez, & Capuz, 2005)

- Metodología ReCiPe: combinación de las metodologías CML Y Ecoindicador, con mejoras de categorías de cambio climático, destrucción de capa de ozono, acidificación eutrofización, uso del suelo y agotamiento de recursos. (Cámara, 2012)
- Metodología CML: propone una lista de categorías de impacto clasificadas en tres grupos, según la obligatoriedad o no, según el tipo de estudio y su finalidad. (Cámara, 2012)
- Ecoindicador: expresa la carga ambiental total de un producto mediante una puntuación única. Este método establece toda una serie de valores que miden el impacto ambiental en el uso de una determinada unidad de materiales o procesos. (Vivancos, Collado, Bastante, Gómez, & Capuz, 2005)

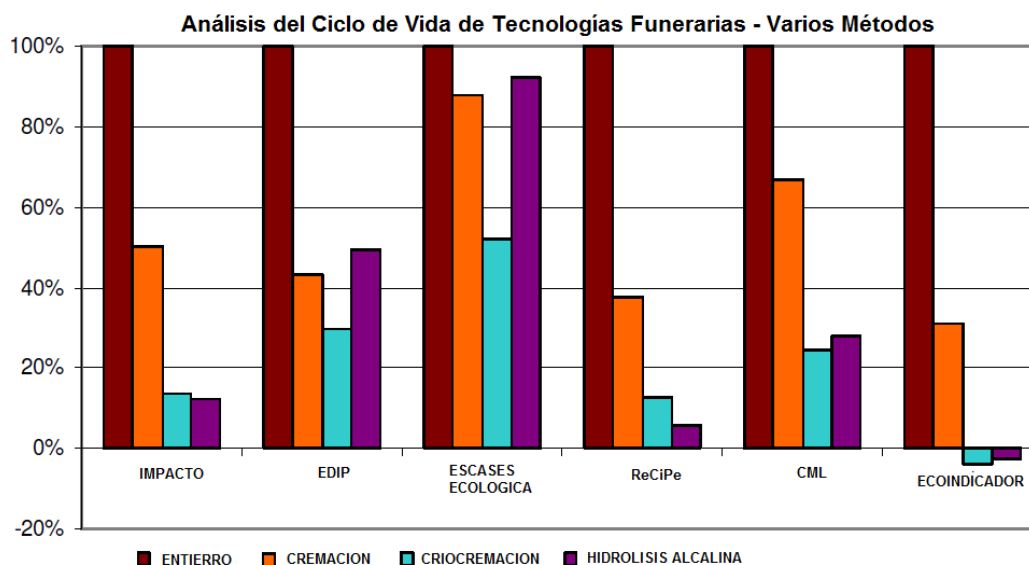


Ilustración 2: Comparación de Análisis de Ciclo Vida con Varias Metodologías. Fuente: Adaptado y traducido de (Keijzer, 2011)

## DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO

En términos generales de coste ecológico, la inhumación directa en el suelo es la más amigable con el ambiente con un balance de 182 kg de CO<sub>2</sub> equivalentes, respecto a una cremación cuerpo-ataúd con un balance de 233 kg de CO<sub>2</sub>. Cuando decimos directa nos referimos al cuerpo desnudo y sin ataúd. En la inhumación tal y como se practica actualmente depositando el ataúd en un nicho o tumba simple alcanza los 833 kg CO<sub>2</sub> equivalentes. Pero esta cifra se incrementa hasta los 1.252 kg en el caso de la inhumación en tumbas escultóricos o templetes. (ServicesFunérairesVilledParis, 2017). Estas cifras nos llevan a reflexionar sobre el papel de nuestros cementerios convertidos en ciudades muertas de hormigón, y orientarnos más a convertir estos espacios en pulmones para nuestras ciudades.

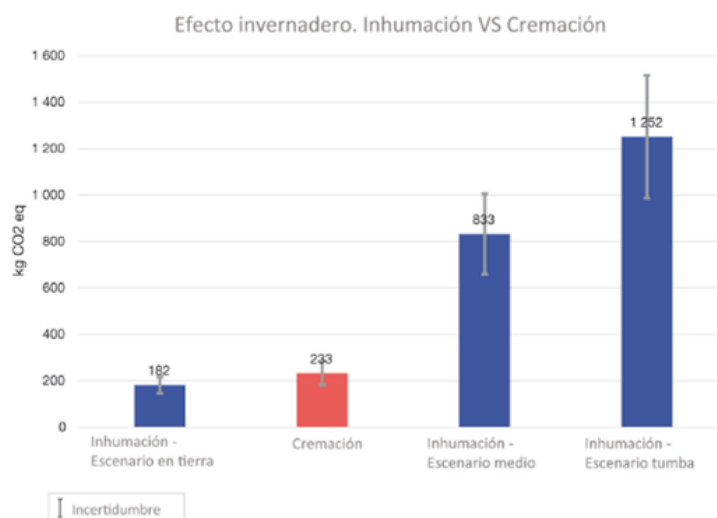


Ilustración 3: Efecto Invernadero comparado entre entierro y cremación. Fuente: (ServicesFunérairesVilledParis, 2017)

A la luz de la creciente amenaza de la pandemia mundial como es el COVID-19, es importante también analizar los riesgos de la disposición de cuerpos contaminados con diferentes virus. Desde la antigüedad hasta la presente, la humanidad ha vivido diferentes pestes o epidemias, tales como La peste de Atenas, que pudo tratarse de fiebre tifoidea; La Peste Antonina en Roma; La Peste bubónica o peste negra; la gran epidemia de la Edad Media; la viruela; el cólera; el

## **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

escorbuto; la fiebre amarilla; la sífilis, la malaria, el polio; más recientemente el sida, la epidemia de ébola en África, la epidemia de SARS, La pandemia de gripe A (H1N1), el Virus del Zika y actualmente la pandemia del SARS-CoV-2 (Cuero, 2020).

De la experiencia actual se ha visto que los países no están preparados para estos eventos. Con la llegada del coronavirus y las altas tasas de mortalidad, los cementerios han llegado al límite de su capacidad. Al tratarse de un cuerpo contaminado con un virus, este pasa a ser un residuo peligroso y no puede ser depositado de manera común en el suelo. Adicionalmente debido a las altas demandas de ataúdes se ha recurrido al uso de cajas de cartón prensado (ElUniverso, 2020), una solución desesperada ante la emergencia sanitaria sin tomar en cuenta la contaminación que van a causar a futuro los prematuros lixiviados de estos cuerpos en el suelo.

El riesgo de contaminación del suelo y aguas subterráneas, por contaminación por procesos microbiológicos de un entierro masivo o fosa común de un evento pandémico, es el mismo que el de un cementerio común solo que a gran escala, debido a la cantidad de cuerpos tratados. En el contexto de una pandemia, un riesgo considerablemente mayor se asociaría con el organismo de la enfermedad relacionada. (Williams, Temple, Pollard, Jones, & Ritz, 2009). De acuerdo a lo observado en otros virus respiratorios y en aplicación del principio de precaución, se considera que estos cadáveres podrían suponer un riesgo biológico para las personas que entren en contacto directo con ellos. (MinisterioDeSanidad, 2020).

Un estudio de (Pennimpe & Parodi, 1947) plantea que la mayoría de virus pandémicos son susceptibles a cambios de temperaturas tanto en seres vivos como en cadáveres; es decir que la

permanencia en estos últimos no altera la virulencia del microorganismo, llegando a sobrevivir hasta 168 horas dentro del cuerpo en descomposición.

Como se menciona el manejo de cuerpos en caso de eventos pandémicos es un reto sanitario complejo. Muchos países no cuentan con los recursos necesarios para cumplir con los protocolos y optan por entierros masivos en fosas comunes empeorando la situación sanitaria local. Sin embargo la cremación controlada sigue proponiéndose como la técnica más viable en estas situaciones.

### ***1.2 La Nueva Tendencia de Entierros Verdes***

La tierra es un recurso valioso para muchas formas de vida, no solo sirve como lugar para sostener las actividades humanas sino que es el soporte de muchas otras formas de vida. Con los entierros el suelo se ve limitado únicamente a prestar servicios funerarios, perdiendo su capacidad para brindar otros servicios antropogénicos y ecosistémicos.

Desde una perspectiva urbanística, la ubicación de los cementerios representa un problema debido a que estos espacios tienen limitaciones de capacidad y cada vez es necesario más espacios totalmente desprovistos de cualquier tipo de vegetación para su construcción y además alejados de la ciudad por los problemas ambientales anteriormente indicados. El rápido crecimiento de la población ha significado que la capacidad para el entierro sea limitada (Canning & Szmigin, 2010).



## **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

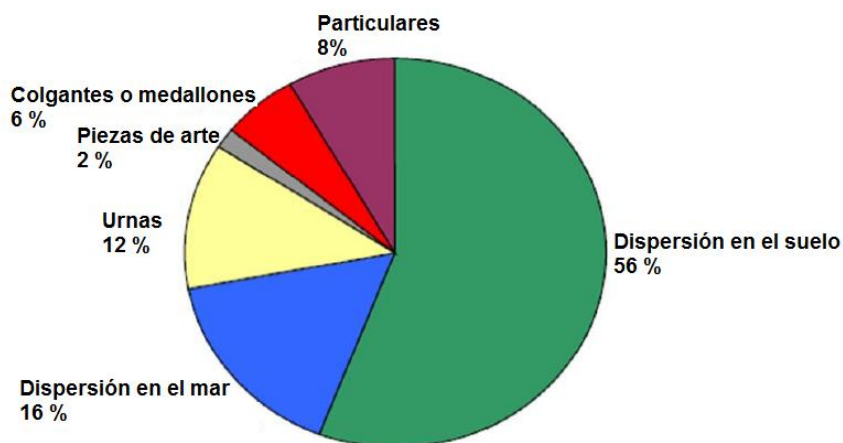
---

El espacio para cementerios es un tema particular para países grandes y pequeños. En algunos los cementerios son enormes y cubren grandes espacios, en el caso de York en el Reino Unido alcanza más 10 hectáreas cada uno, y en los Estados Unidos y Australia más del doble de esto (Rugg, 2000) . Su gran extensión no necesariamente resuelve problemas de capacidad a largo plazo. Esto significa que las familias tienen que pagar mayores tarifas por las parcelas de entierro restantes como forma de regular la demanda, o tienen que ubicar parcelas en sitios cada vez más cerca de las zonas urbanas (CABE, 2007).

Como se ha visto claramente hay limitaciones ambientales en la disposición de los muertos a través de formas tradicionales de entierro, además la cremación esta cada vez siendo más aceptada y practicada por muchos países con diferentes culturas y religiones. Por esta razón actualmente se están optando por alternativas de entierros y rituales funerarios más verdes, con el objetivo de reducir la generación de impactos ambientales, sobre explotación y degradación del recurso forestal y capacidad per cápita que supone una necrópolis.

En este contexto, una minimización del riesgo de contaminación química y microbiológica puede lograrse modificando algunos hábitos culturales en los sepelios, por ejemplo reemplazando los ataúdes de madera procesada, por otros materiales de degradación más sencilla y menos contaminante, eliminando las piezas metálicas susceptibles de oxidación y corrosión, y reemplazando telas sintéticas y accesorios plásticos (Vodopivec, s,f). Una de estas alternativas es el uso de urnas funerarias biodegradables. La opción de disposición de cenizas es variada como se muestra en la Ilustración 4, más de la mitad opta por disponerlas en el suelo, seguido de un importante porcentaje que prefiere los rituales en agua.

**OPCIONES DE DISTRIBUCION DE CENIZAS HUMANAS**



**Ilustración 4: Destino de Disposición Final de Cenizas. Fuente: Traducido de (Keijzer, 2011)**

El resultado de estas modificaciones, en mayor parte culturales ya se están evidenciando en muchos países. Por ejemplo, en el distrito de Tongzhou de Beijing, se alienta a plantar árboles en un cementerio forestal junto a las urnas que contienen cenizas del difunto (Canning & Szmigin, 2010), lo cual transforma estos espacios en sumideros de carbono, muy necesario para las grandes metrópolis actuales.

Como es de suponer esto plantea otras interrogantes sobre los impactos ambientales que podría causar esta nueva tendencia de disposición de difuntos. Esta práctica suele realizarse sin tener en cuenta el impacto natural que representa y, por lo tanto, utilizando métodos poco respetuosos con el medio ambiente, como la utilización de urnas no biodegradables. En Barcelona, por citar un ejemplo, en 2004 se retiraron más de 600 urnas metálicas del fondo marino. También pasa en otras ciudades con espacios emblemáticos como el río Guadalquivir, en Sevilla, donde llegaron a retirar tres urnas diarias del fondo del río (Ecofunerales, 2018).

## **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

Para esparcir las cenizas en la naturaleza de manera ecológica se debe tener en cuenta varios factores, desde la urna en la que están depositadas las cenizas hasta el espacio escogido para llevar a cabo la ceremonia. Para que las cenizas resultantes de una cremación estén 100% libres de tóxicos debemos asegurarnos de que el crematorio cumple con las normativas y que el cuerpo sea incinerado sin otro objeto o vestimenta. También es importante que los ataúdes, si se van a usar, sean certificados con una ecoetiqueta. Además, en el interior del ataúd en ningún caso deben dejar recuerdos como fotos, placas, velas, etc. que al quemarse resultarían en cenizas tóxicas. Las cenizas que cumplen esas condiciones no representan ningún problema para el medioambiente. (Ecofunerales, 2018)

En términos generales, y si el cuerpo no ha sufrido ningún tratamiento radiológico o posea placas, implantes o aditivos metálicos; las cenizas de una persona pueden ser un material inerte compuesto de celulosa, taninos, sales de calcio y potasio, carbonatos y fosfatos entre otros componentes (Schmidt & Symes, 2015). Los carbonatos y la hidroapatita se transforman en beta fosfato tricálcico, o la llamada ceniza de hueso. (Trancho, 2010) Las cenizas funerarias, así como las resultantes de cuando se quema madera pura, pueden ser un fertilizante magnífico para el mantillo edáfico del suelo o incluso en el medio acuático

Los huesos están estructuralmente compuestos de una fase mineral inorgánica que representa entre el 60 y 70 % de su peso seco, el resto representa una la fase orgánica (Nordin & Frankel, 2001). El material orgánico es principalmente colágeno y la parte inorgánica, que además le da su consistencia, es mayormente fosfato de calcio como una hidroxiapatita cristalina (Sillen, 1989). Debido a que la fracción orgánica en las cremaciones actuales es combustionada, solo los componentes minerales inorgánicos del esqueleto quedan para ser analizados en las cenizas. Los

## **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

componentes finales que se presentan mayormente son calcio y fósforo, así como otros elementos esenciales Mg, Na, Zn, y Fe (Schmidt & Symes, 2015)

Las cenizas representan, en función de algunas variables (temperatura de combustión, edad, sexo, complejión, medicamentos, entre otras), aproximadamente el 3.5% del peso inicial del cadáver de un adulto, el 2.5% de un subadulto y el 1% de un bebé. (Trancho, 2010)

Respecto a las urnas biodegradables estas están fabricadas de diferentes tipos de materiales desde arena, tierra, sal marina, semillas trituradas, biopolímeros, etc. Su característica principal es que se desintegran en la naturaleza en un tiempo determinado dependiendo del medio de disposición, sin generar residuos, además de proporcionar ciertos nutrientes al medio de disposición. De hecho, hay algunas urnas que contienen una semilla y, gracias al poder fertilizante de las cenizas, podrá crecer un árbol o planta. Una manera simbólica y memorable de generar vida a través de la muerte.

Las cenizas contienen nitrógeno, fósforo y potasio, que al ser depositados en el suelo cumplirían una función de nutriente para el suelo y las plantas. Por su parte el agua dulce también tendría beneficios ecosistémicos, ya que el nitrógeno y el fósforo de las cenizas nutre al fitoplancton y aumenta la clorofila en el agua.

Una urna cenizaria biodegradable puede ser usada en cementerios ecológicos. Estos lugares están siendo diseñados para, además de reducir la contaminación ambiental, reducir el impacto visual que suponen estos lugares y lograr una mejor integración con el entramado urbano. A esta clasificación se la conoce en arquitectura como "función de elemento paisajista". En esta

categoría se representa este espacio fúnebre como un lugar natural. Estos pueden ser: Parque cementerio, Bosque cementerio y Jardín cementrario (Rivadeneira, 2016)

### *1.3 El Tapial como Técnica de Formación de Tierras*

El tapial es un sistema de construcción en base a tierra húmeda compactada in-situ. Es un material y técnica de construcción conocido y apreciado desde el preincaico peruano, en el que intervienen como componentes agua y chocoto (tierra negra). Esta técnica es un mejoramiento de la técnica de la Pared de Mano, porque tiene un encofrado o molde, una compactación y una mejor conformación. (Sutter Esquenet, 1984) Teniendo en cuenta que el barro es fabricado in situ y con el material disponible en las cercanías es difícil generalizar sus características. Sin embargo casi todos los tipos de tierra sirven para la construcción de muros de adobe o tapial. (Fronteiras, s,f)

La técnica del tapial consiste en rellenar un encofrado con capas de tierra de 10 a 15 cm compactando cada una de ellas con un pistón. El agua activa las fuerzas aglutinantes del barro. Si se humedece arcilla seca, esta se expande, adquiere un estado plástico y obtiene su fuerza aglutinante, desarrollando resistencia a compresión después del secado. Las fibras como paja, aserrín, entre otras, se añaden para reducir las fisuras de retracción y para aumentar el aislamiento térmico. (Fronteiras, s,f)

Esta técnica provee varias ventajas, la mas importante que la tierra es un material natural, inocuo y reutilizable. Además es barato, sobre todo si se puede utilizar el material local. En el empleo de esta técnica se emplea muy poca energía (Fronteiras, s,f), esto representa un ahorro significativo

respecto a otras tecnologías. Por ejemplo la cocción de los ladrillos rojos que requiere 30.000 Btu y el barro 2000 Btu (Jaguaco Canchig, 2007 ). Además, al no usar horno, elimina la contaminación ambiental que genera todo proceso de combustión. Respecto a las características técnicas el tapial tiene buena resistencia a compresión, aislamiento térmico y acústico e inercia térmica, por su parte no presenta buena resistencia a tracción. (Fronteiras, s,f)

El tapial es considerado una alternativa viable sostenible de ciclo cerrado, ya que las piezas son contruidas con materiales naturales locales que no generan contaminación; y al momento del desgaste o ruina, dicha materialidad regresa a su estado primario básico que es la misma tierra. (Lara Calderón, 2017).

#### ***1.4 Arenas de Moldeo para Fabricación de Piezas.***

Las arenas de moldeo son cuerpos complejos o partículas granulares resultantes de la desintegración o la molienda de rocas o escorias. La base de las arenas de molde es el silicio, este puede mantenerse formado. Una de las propiedades representativas es la alta dureza y resistencia a la abrasión. (Sigala & Ruiz, 2019) (Ramírez, Viláñez, Herrera, Guerrero, & Quinatoa, 2014) Las arcillas y las materias orgánicas que forman parte de estos depósitos naturales, confieren a las arenas naturales las propiedades plásticas necesarias para moldear piezas. (Tartera, 2008)

La arena de sílice o de cuarzo está compuesta por óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) en más de un 98% y pequeñas cantidades de otros minerales oxidados como de: aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), calcio ( $\text{CaO}$ ), magnesio ( $\text{MgO}$ ), etc. La arena de sílice o cuarzo se emplea en diferentes campos de la industria, como por ejemplo en: ladrillos refractarios, vidrios, fundiciones, construcción,

productos químicos, cerámicas y otros, por ser un elemento versátil que se presenta en forma nativa en la corteza terrestre, es por ello que la obtención y concentración no requiere de un proceso metalúrgico complejo. (Carrasco & Tinoco, 2018)

### ***1.5 Solidwork Herramienta de Simulación y Análisis Ambiental***

SOLIDWORKS es un software de diseño asistido por computadora, para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. El software ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo del producto. Ofrece la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño. (SOLIDBI, 2020)

La labor de SOLIDWORKS en el proceso de desarrollo del producto en cuestión en esta investigación es muy específica. Las soluciones ayudan a acelerar el proceso ahorrando tiempo y dinero dando paso a la innovación de los productos. Las herramientas de simulación ayudan a evaluar el diseño y garantizar que es el mejor posible, además posee herramientas que evalúan el impacto ambiental del diseño durante su ciclo de vida. El panel de análisis ambiental realiza el seguimiento de cuatro indicadores medioambientales clave: huella de carbono, consumo total de energía, impacto en el aire e impacto en el agua. (SOLIDBI, 2020)

Todo cuerpo al soportar una fuerza aplicada trata de deformarse en el sentido de aplicación de la fuerza. La resistencia de un material depende de su capacidad para soportar una carga sin una deformación excesiva. La curva usual de Esfuerzo – Deformación, expresa tanto el esfuerzo como la deformación en términos de las dimensiones originales de la probeta o muestra, un

procedimiento muy útil para determinar los datos de resistencia y ductilidad del material. (Rodríguez Y. , 2014)

Para este propósito se utilizan los dos tipos de esfuerzo tracción y compresión. Se denomina tracción al esfuerzo interno a que está sometido un cuerpo por la aplicación de dos fuerzas que actúan en sentido opuesto, y tienden a estirarlo. Y se llama compresión, cuando un cuerpo se encuentra sometido a fuerzas aplicadas que tienden a aplastarlo o comprimirlo. (Rodríguez Y. , 2014)

El resultado de aplicar estos esfuerzos es una deformación de la pieza. La deformación es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica. Existen varios tipos de deformaciones, sin embargo en este caso al ser los materiales frágiles se estudiará únicamente la deformación por rotura. Esta deformación es en la que el esfuerzo hace perder la cohesión entre las partículas del material y éste se fractura. (Rodríguez Y. , 2014)

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

### ***2.1 Metodología***

#### **2.1.1 Tipo de Estudio**

El presente estudio es de tipo experimental. A la variable independiente se le dará distintas concentraciones de un material en cuestión. Los otros materiales deberán ser equivalentes para asegurar que los resultados arrojen una correcta diferencia entre los tratamientos. Otras variables como condiciones ambientales, momentos, etc., también deben ser los mismos. Pruebas físicas



cualitativas posteriores nos ayudarán a mostrar si realmente existen diferencias significativas.

(Sampieri Hernández, 2014)

## **2.1.2 Diseño Experimental**

### **2.1.2.1 Ensayos Prueba/Error**

Respecto al diseño y elaboración de las urnas, primero se recurrió a la revisión de patentes disponibles sobre urnas biodegradables y tesis referentes a métodos constructivos y técnicas de formación de tierras. Posterior se eligió los materiales respecto a disponibilidad, así como la técnica más adecuada de utilizar en cada caso.

Los ensayos prueba/error que se realizaron en esta investigación, se encuentran descritos en el Anexo 1. Durante todo el período de experimentación se descartaron e incluyeron nuevos materiales, así como también técnicas de compactación, moldeo y tecnologías para obtener propiedades físicas y ambientales de las urnas funerarias biodegradables.

#### **2.1.2.1.1 Urnas De Tierra**

- Como deducción de simultáneos ensayos se escogió, para este tipo de urnas, el barro y el tapial como material y técnica de elaboración respectivamente.
- Al barro se realizaron pruebas de campo para asegurar que la mezcla esté en condiciones óptimas para aplicar la técnica del tapial. Anexo 2.
- Posteriormente se realizaron nuevos ensayos prueba/error para conseguir la cantidad óptima de compost, agente aglutinante en la mezcla.

## DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO

---

Tabla 1: Diferentes porcentajes de compost añadidos al barro. Fuente: Elaboración propia

Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Ensayo 4
20%	30%	40%	50%

- A los cuatro ensayos de la Tabla 1, se les aplicó un checklist de características físicas cualitativas: peso, apariencia y delezabilidad. Anexo 3
- La muestra 3 fue la que cumplió con mejores condiciones en el checklist, y esta se eligió como formulación definitiva para la elaboración de la urna funeraria biodegradable de tierra.
- Esta urna fue diseñada y modelada en el programa Solidwork, para obtener sus propiedades mecánicas como dureza y resistencia; y parámetros de interés ambiental como huella de carbono. Anexo 13
- Los datos requeridos por el programa Solidwork para la correspondiente modelación y análisis del ciclo de vida de este tipo de urna, se encuentran descritos en el Anexo 4.

### 2.1.2.1.2 Urnas De Agua

- El material elegido para este modelo de urna biodegradable fue la arena de sílice, arena rosada y fécula de maíz como material aglutinante.
- Posteriormente se realizaron nuevos ensayos prueba/error para conseguir la cantidad óptima de arena rosada, para que el peso de la urna no sea alto.

Tabla 2: Diferentes porcentajes de arena rosada. Fuente: Elaboración propia

Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3
0 %	30%	30 %

- A los dos ensayos de la Tabla 2, se les aplicó un checklist de características físicas cualitativas: peso, apariencia y delezabilidad. Anexo 3
- La muestra 2 fue la que cumplió con mejores condiciones se eligió como formulación definitiva para la elaboración de la urna funeraria biodegradable de agua.
- Esta urna fue diseñada y modelada en el programa Solidwork, para obtener sus propiedades mecánicas como dureza y resistencia; y parámetros de interés ambiental como huella de carbono. Anexo 14
- Los datos requeridos por el programa Solidwork para la correspondiente modelación y análisis del ciclo de vida de este segundo tipo de urna, se encuentran descritos en el Anexo 5

### **2.1.2.2 Inocuidad y Biodegradabilidad**

Para defender la inocuidad de las urnas funerarias biodegradables elaboradas en este estudio, se recurrió a la revisión de literatura para conocer la composición química de cada uno de sus elementos.

Por su parte, las pruebas de biodegradabilidad, para el caso de las urnas de tierra, se realizaron por medio de la suma másica de la relación C:N teórica de sus componentes, para aproximar el potencial de degradación que tendrían en el suelo. Para el caso de las urnas de agua este parámetro se determinó sumergiendo la misma en agua y tomando el tiempo en el cual se desintegra. Los cálculos detallados se encuentran en el Anexo 6.

### **2.1.2.3 Encuesta Preferencias funerarias**

Respecto a la encuesta, consta de 14 preguntas de selección múltiple, detalladas en el Anexo 15. La muestra fue tomada considerando la población entre 18 a 60 años del Distrito Metropolitano de Quito, que según el INEC son 827736 habitantes. (INEC, 2010) Considerando esto se deberán realizar al menos 385 encuestas para tener un nivel de confianza del 95% y un margen de error del 5%.

### **2.1.3 Tratamiento de Datos**

#### **2.1.3.1 Inocuidad**

Respecto a la inocuidad, se sustentó mediante tablas que muestran la composición química de cada uno de sus materiales, y así asegurar que no sean contaminantes en los diferentes medios naturales.

#### **2.1.3.2 Biodegradabilidad**

La biodegradabilidad, representa un dato único de porcentaje para el caso de las urnas de tierra, y tiempo de desintegración para el caso de las urnas de agua.

#### **2.1.3.3 Simulación en Solidwork y Encuesta Preferencias Funerarias**

Los datos arrojados por el programa y encuestas se presentaron en diagramas.

## **3. RESULTADOS**

### ***3.1 Urna Funeraria Biodegradable de Tierra***

Dimensiones: Alto: 40 cm; Diámetro medio: 20 cm; Diámetros externos: 15 cm; Capacidad: 4 kg



Ilustración 5: Urna Funeraria de Tierra. Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.1 Inocuidad

Tabla 3: Composición química de materia primas para urna de tierra.

Fuente: Elaboración propia, adaptado a varios autores.

<b>COMPOSICIÓN QUÍMICA URNAS DE TIERRA</b>		
<b>TIERRA NEGRA</b>	<b>COMPOST</b>	<b>ASERRÍN</b>
Carbono	Carbono	Carbono
Calcio	Nitrógeno	Nitrógeno
Magnesio y Manganeso	Fósforo	Hidrógeno
Zinc	Potasio	Oxígeno
Nitrógeno	Calcio	Polisacáridos
Fósforo / Potasio	Magnesio	Ligninas

### 3.1.2 Biodegradación

La relación C:N, calculada teóricamente para este tipo de urna funeraria, tiene un valor de 46:1 (46 partes de carbono por 1 de nitrógeno)

### 3.1.3 Propiedades Mecánicas y Análisis Ciclo de Vida

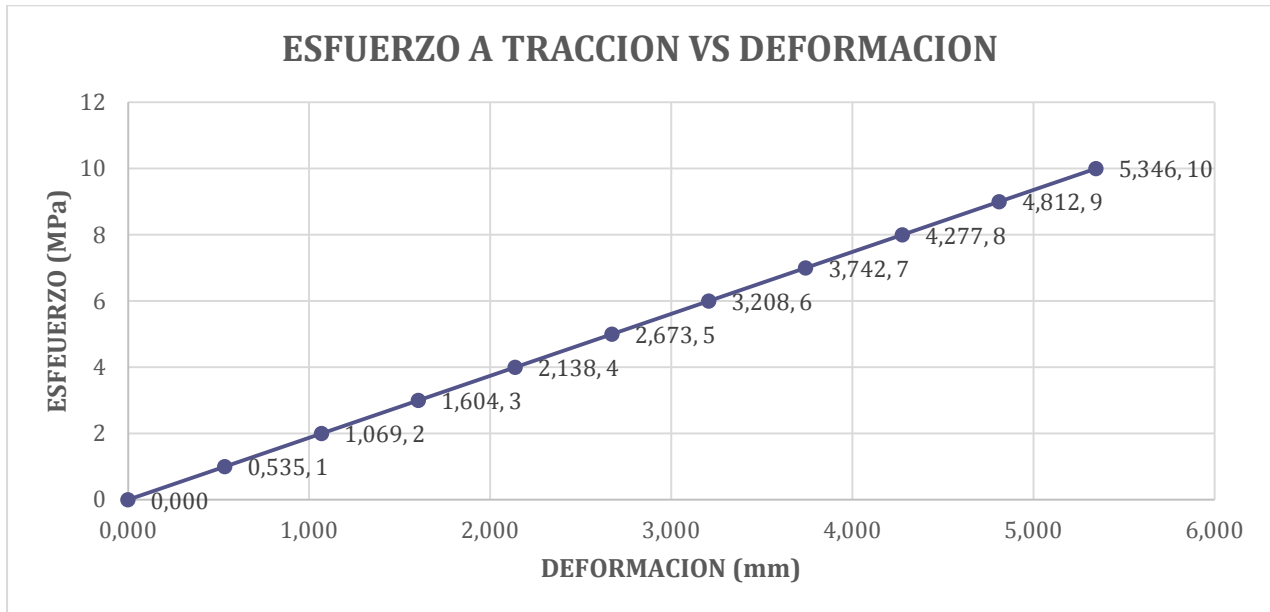


Ilustración 6: Diagrama Ensayo a Tracción Urna de Tierra. Esfuerzo vs Deformación Máxima.

Fuente: Elaboración propia.

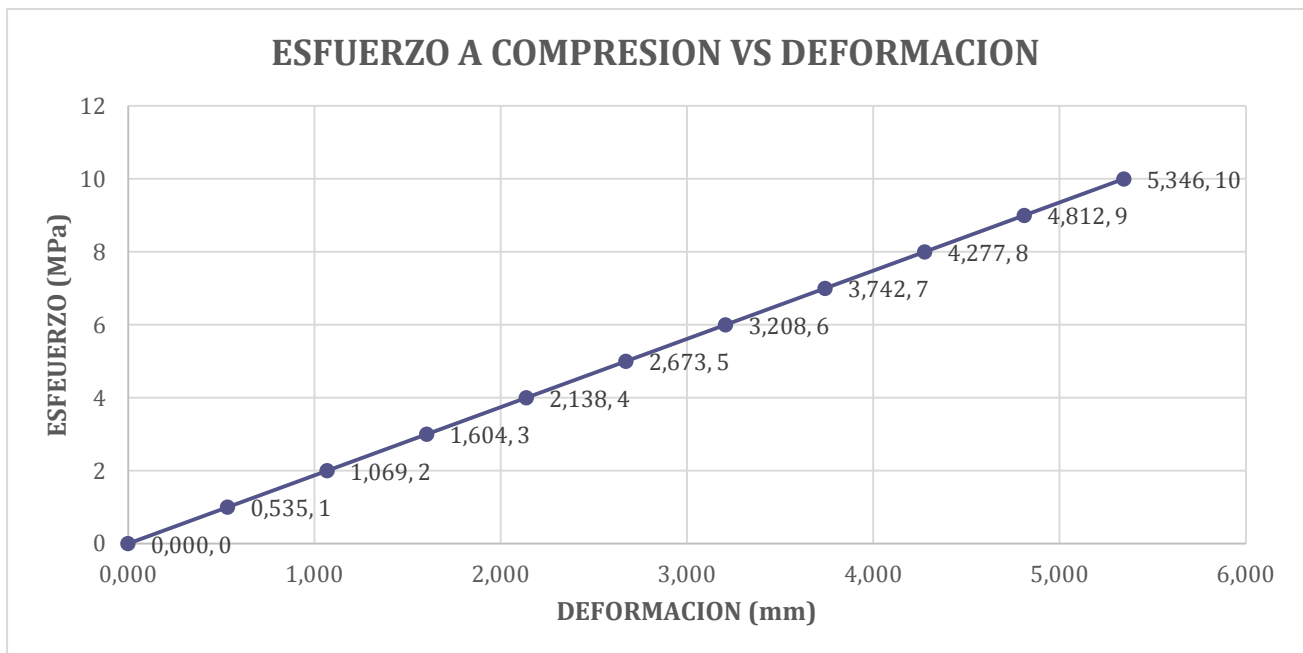


Ilustración 7: Diagrama Ensayo a Compresión Urna de Tierra. Esfuerzo vs Deformación Máxima.

Fuente: Elaboración propia.

# DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO

Impacto medioambiental (calculado mediante la metodología de evaluación de impacto CML)

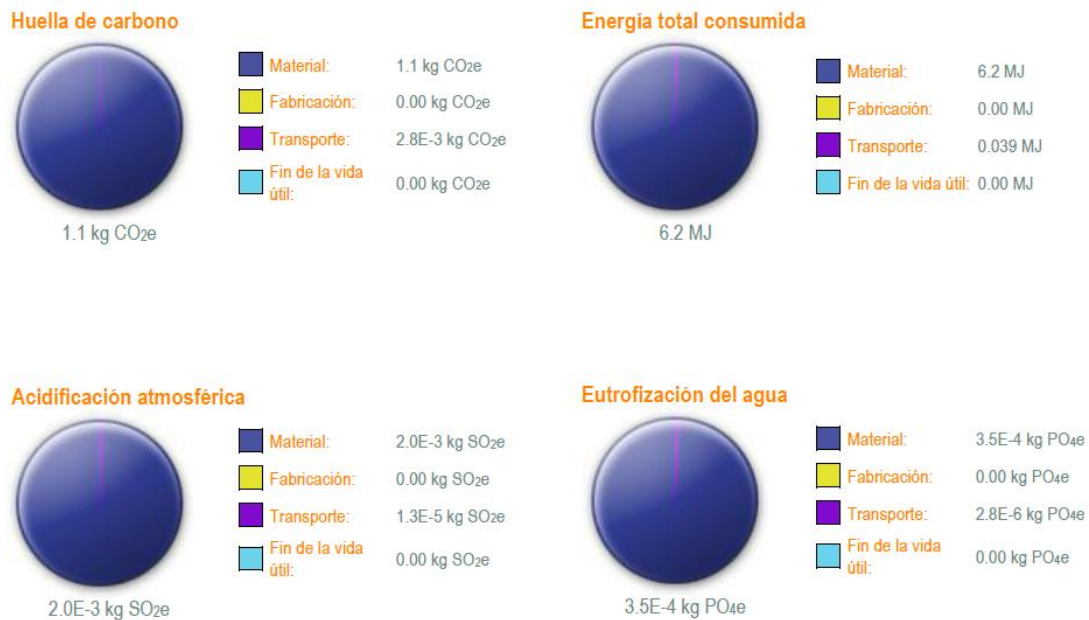


Ilustración 8: Análisis Ciclo de Vida la Urna Funeraria de Tierra. Fuente: Solidwork.

## 3.2 Urna Funeraria Biodegradable de Agua

Dimensiones: Alto: 40 cm; Diámetro medio: 20 cm; Diámetros externos: 15 cm; Capacidad: 4 kg



Ilustración 9: Urna Funeraria de Agua. Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.1 Inocuidad

Tabla 4: Composición química de materia primas para urna de tierra.

Fuente: Elaboración propia, adaptado a varios autores

COMPOSICIÓN QUÍMICA URNAS DE AGUA	
ARENA DE SÍLICE	FÉCULA DE MAÍZ
Silicatos	Hidratos de carbono
Feldespatos	Almidón
Óxidos de hierro	Proteínas
Óxido de aluminio	Fosforo
	Potasio
ARENA ROSADA	Calcio
Óxidos de hierro	Magnesio
	Sodio

### 3.2.2 Biodegradación

El tiempo de desintegración total de la mitad de la urna fue de 1 hora y 30 minutos. Para la urna completa se estima un tiempo de 3 horas. A los 45 minutos aproximadamente la mitad de la urna se fractura, es decir que en 1 hora y 30 minutos se podrían asumir se liberan las cenizas al medio acuático.

### 3.2.3 Propiedades Mecánicas y Análisis Ciclo de Vida

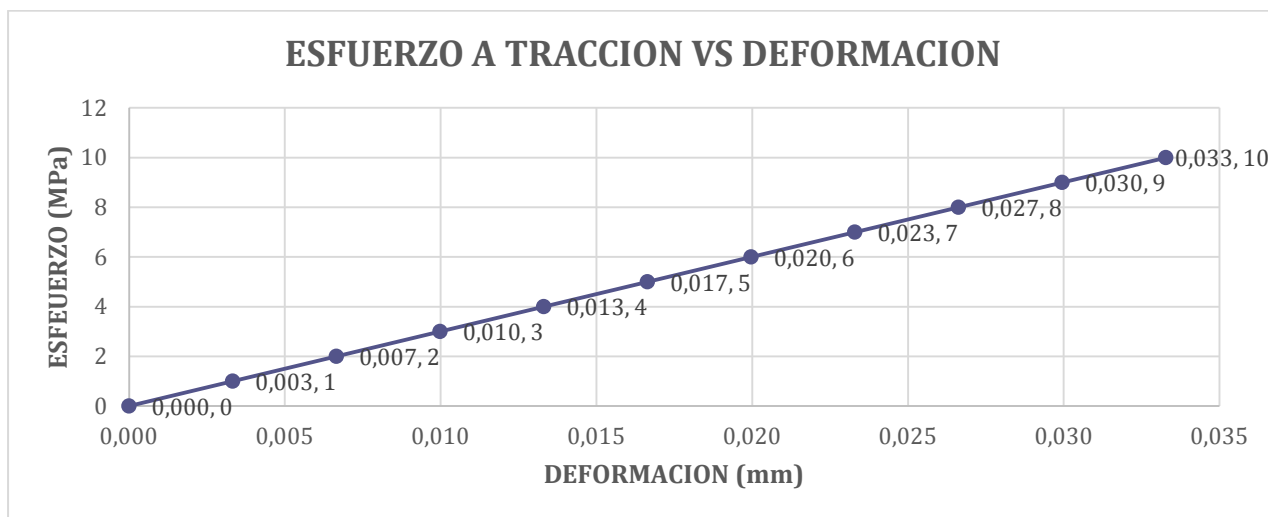
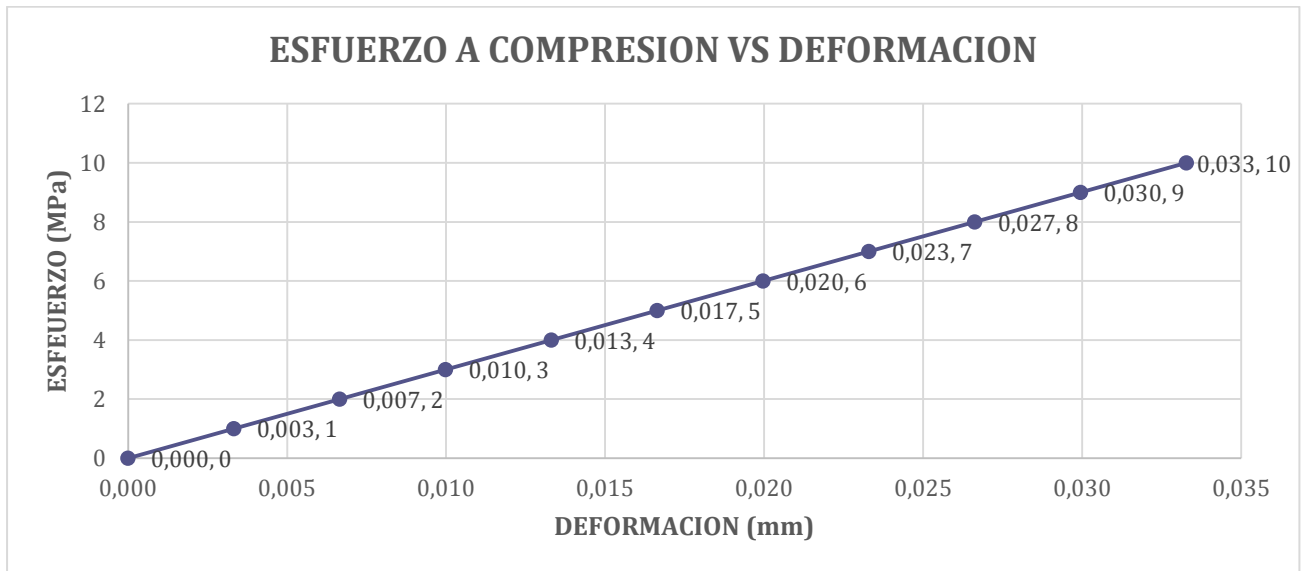


Ilustración 10: Diagrama Ensayo a Tracción Urna de Agua. Esfuerzo vs Deformación Máxima.

Fuente: Elaboración propia

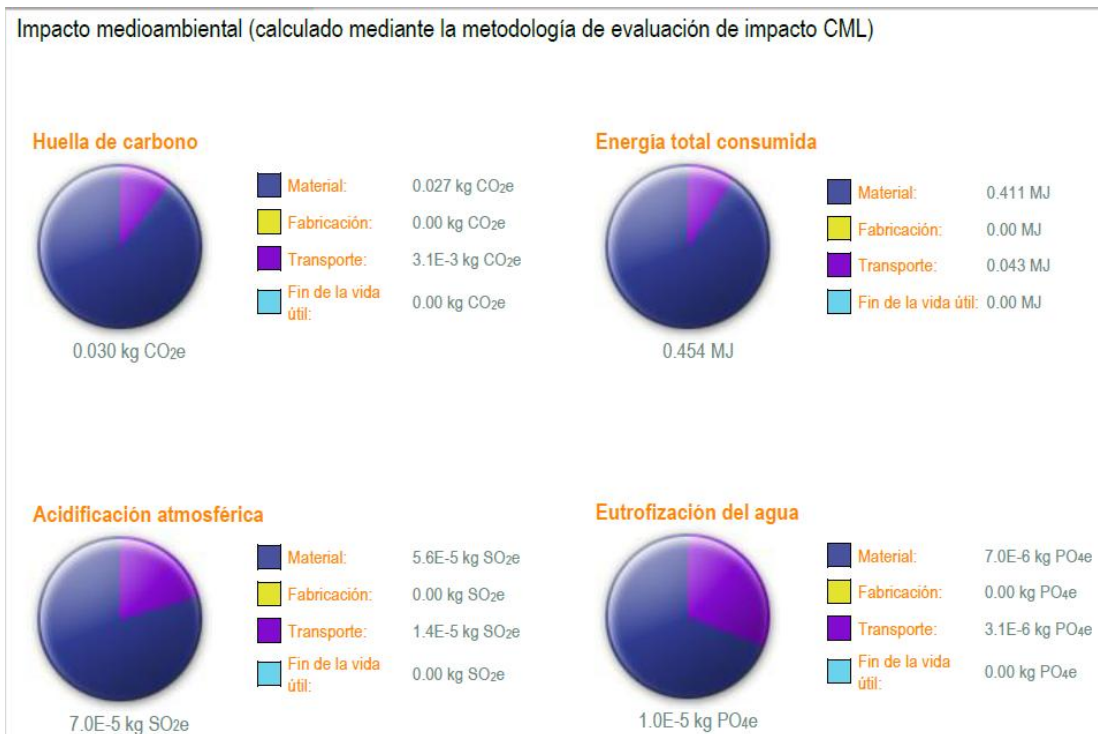


**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**



**Ilustración 11: Diagrama Ensayo a Compresión Urna de Agua. Esfuerzo vs Deformación Máxima.**

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 12: Análisis Ciclo de Vida la Urna Funeraria de Agua. Fuente: Solidwork.**

### ***3.3 Estadísticas sobre Preferencias de disposición de Cuerpos en el DMQ***

Con un total de 398 encuestados en la plataforma Google Formularios, tenemos un nivel de confianza del 99% con un margen de error del 6% en nuestros resultados.

Respecto a la disposición de los cuerpos el 48% de los encuestados prefiere la cremación, seguido de un considerable 30% que preferirá donar su cuerpo, antes que enterrarlo. De igual manera se observa que hay más cantidad de familiares enterrados que cremados. De las personas que han optado por la cremación de sus familiares, el 73% tienen las cenizas en el cementerio. Y los que han optado por el entierro el 69% indica que no cremaría los restos de sus familiares.

Si hablamos de preferencias personales en cuanto a la disposición de cenizas, bajos porcentajes optan por cementerio y casa (20 y 16% respectivamente). Mientras que una gran cantidad se inclina más por lugares naturales menos comunes como bosques, jardines, parques, etc (37%) y mares, ríos, lagunas, etc (26%).

En lo que respecta a cuestiones ambientales, el 57% de las personas encuestadas no cree o no conoce que los cementerios causen daños ambientales. De igual manera un alto porcentaje (75%) no conoce lo que es una urna funeraria biodegradable. Sin embargo un 80% estaría de acuerdo con que los cementerios se transformen en necrópolis más ecológicas. Se pudo ver también que el 70% preferiría que su urna o féretro sea de un material natural biodegradable.

Respecto a los costos funerarios, el 74% cree que estos son elevados y el 82% indica que se inclinaría por un entierro ecológico si este le resultara más económico. Datos detallados se encuentran descritos en el Anexo 16 del presente documento.

## **4. DISCUSIÓN**

### ***4.1 Inocuidad, degradación y propiedades físicas de las Urnas Funerarias***

#### **4.1.1 Urnas de Tierra**

Respecto a la inocuidad de las urnas de tierra, se determinó que en primer lugar la materia prima base (tierra negra) es natural del lugar de disposición final, es decir el suelo, por lo que no representa un elemento nocivo al mismo. Por su parte el compost no constituiría un problema al medio ya que este es considerado un agente fertilizante. El aserrín por su composición química tampoco sería un problema en el suelo, ya que sus elementos le dan potencial de ser usado como sustrato y como material de compostaje.

La biodegradabilidad indica la cantidad de materia orgánica que puede descomponerse, o que se ha descompuesto, de una mezcla o de un producto determinado. La biodegradabilidad es por tanto una medida de la degradabilidad de un sustrato (Tchobanogolus, Theisen, & Vigil, 1994). Para predecir la cantidad de producto final es necesario conocer la biodegradabilidad de la materia orgánica de partida (Bueno Márquez, Díaz Blanco, & Cabrera Capitán, s,f).

En este caso de estudio la relación C:N teórica que se determinó es de 46:1, por lo que se considera que la urna funeraria tiene una relación de partida rica en carbono y pobre en nitrógeno. Adicionalmente las materias primas como el suelo y el compost tienen una alta

## **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

biodegradabilidad, lo que no ocurre con el aserrín, el cual al estar compuesto de lignina no se degrada en lo absoluto.

Con estos datos se puede decir que la urna funeraria al tener una alta relación C/N, pero materia orgánica poco biodegradable, la relación C/N disponible realmente para los microorganismos es menor y que el proceso de degradación evolucionará en una velocidad media, ya que los microorganismos no tienen el nitrógeno suficiente para generar enzimas y proteínas (Reid, 2019). Además, se verá afectada la proporción de la masa total. (Bueno Márquez, Díaz Blanco, & Cabrera Capitán, s,f). Esto se podría mejorar añadiendo fertilizantes orgánicos nitrogenados o sustituyendo la fibra de resistencia (aserrín) por estiércol de vaca o caballo. (Perdomo & Barbazán, s,f)

En cuanto a las propiedades físicas podemos ver que la resistencia que presenta el material tanto a tracción como a compresión es baja, con un valor de deformación de 5 mm y una fuerza de 10 MPa. Por lo que se considera que el material es poco dúctil y al caerse se rompería totalmente, es decir que tiene una baja dureza. El punto de ruptura, por el diseño y a la presión máxima indicada en la gráfica, sería en la parte superior de la urna funeraria.

Finalmente el análisis de ciclo de vida indica que la huella de carbono del material es baja y en mayor parte se atribuye a la extracción del material. De igual manera sucede con la energía consumida y acidificación atmosférica.

#### **4.1.2 Urnas de Agua**

Los componentes químicos de este tipo de urna en términos generales no presentan especies que afecten al medio acuático. La arena de sílice puede ser utilizada como medio filtrante, sin embargo, el sílice en sus otras formas podría presentar un problema en el agua. Hay dos opciones la primera disolverse en el agua y la segunda quedar suspendido en partículas de diámetro pequeño ( $d < 1$  micra). La cantidad de sílice disuelto y coloidal depende fuertemente del pH en función del ácido silícico ( $H_4SiO_4$ ) este ácido se comporta como un ácido débil, el cual se disocia parcialmente, en diferentes especies. A partir de un pH de 8 se obtienen más especies de sílice disueltos en agua. (Carbotecnia, 2020).

En cuanto a las propiedades físicas podemos ver que la resistencia que presenta el material tanto a tracción como a compresión es baja, con un valor de deformación de 0.033 mm y una fuerza de 10 MPa. Por lo que se considera que el material no es en lo absoluto dúctil y al caerse se rompería totalmente, sin embargo, por las características propias de la sílice este tendría una alta dureza. El punto de ruptura, por el diseño y a la presión máxima indicada en la gráfica, sería en la parte superior de la urna funeraria.

Finalmente el análisis de ciclo de vida indica que la huella de carbono del material es casi nula y en mayor parte se atribuye a la extracción del material. De igual manera sucede con la energía consumida y acidificación atmosférica. Respecto a la eutrofización del agua se puede ver que los valores son bajos de igual manera, por lo que se considera que no causaría problemas medio final de destino

#### *4.2 Análisis de costo/beneficio de las Urnas Funerarias Biodegradables*

Las concepciones espirituales y religiosas en los entierros contemporáneos van desapareciendo, y se van acercando a otros fines. Los familiares se centran más en el precio y los prestadores de servicios funerarios se acercan más a la administración física del cuerpo. La mayoría de personas actualmente optan por la cremación principalmente por los elevados costos de una inhumación.

Si bien el objetivo de esta investigación es crear urnas funerarias biodegradables como una alternativa para reducir los impactos ambientales de las necrópolis tradicionales, indirectamente también busca ser una opción ecológica más económica de disposición de cuerpos. Esto ayudaría de manera secundaria a que esta práctica tome fuerza social y culturalmente. Con lo cual, a largo plazo se espera recuperar estos espacios fúnebres, que además de convertirlos en espacios más ecológicos los transforma en sumideros de carbono que tanto necesitan las urbes modernas.

Para poder evidenciar más este beneficio es conveniente comparar los precios de los diferentes servicios prestados en el DMQ (Tabla 5). Los valores presentados en las tres primeras filas son un promedio de los costos de varias funerarias y cementerios (Anexo 7). Las dos siguientes, son valores propuestos según la experiencia en la elaboración de las urnas funerarias biodegradables en esta investigación, donde la urna tendría un costo promedio de venta al público de 100 USD (Anexo 8), más el valor de cremación y disposición de cenizas en cementerios de la capital.

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

**Tabla 5: Comparación de Costos de Servicios Funerarios. Fuente: Elaboración propia**

<b>TIPO</b>	<b>COSTOS (promedios) \$</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>SERVICIOS TRADICIONALES</b>		
Inhumación tradicional con cofre metálico	3.340,59	Ataúd metálica + servicios varios de velación + Inhumación
Inhumación tradicional con cofre madera	4.023,85	Ataúd de madera + servicios varios de velación + Inhumación
Cremación y disposición con urna de madera	4.607,27	Cremación + urna funerarias de madera + Disposición de cenizas
<b>SERVICIO ECOLÓGICO</b>		
Cremación y disposición en medio natural con urna biodegradable	3.430,00	Cremación básica + valor urna biodegradable + árbol para cenizas (Monte olivo)
Cremación y disposición en medio natural con urna biodegradable	618,00	Cremación + urna funerarias biodegradable

Como se puede ver, los valores funerarios tradicionales promedios alcanzan los 2 mil dólares y pueden llegar a superar los 3 mil. Sin embargo si se toma en cuenta los paquetes y servicios oro o de lujo, estos valores llegar a superar los 10 mil dólares. Por ejemplo un Paquete Oro en Monteolivo, cuesta \$10.500, que incluye velación, tanatopraxia, cremación con urna de madera y otros servicios de velación. Excentricidades como los mausoleos pueden llegar a costar \$20.000 en la capital (Maldonado, 2011). Respecto a los valores de servicios ecológicos, aunque la cremación con disposición en medio natural (árbol de cenizas en Monteolivo) se acerca a los 4 mil dólares, esto se debe al costo del espacio en un cementerio (\$3330 Monte Olivo, único cementerio que presta este servicio) sin embargo el costo sigue siendo más bajo que un servicio habitual. Por esta razón al proponer una disposición en un medio natural alterno (ríos, lagunas, mares, bosques, jardines, etc.) se puede ver como el costo baja casi en un 85%.

## **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

Cada vez más la gente busca lo más accesible a su bolsillo y se exime de lo ampuloso, cuando se trata de un funeral. Por esto el aumento en las tasas de incineración como estrategia para reducir costos. Además muchos fallecidos y familias han deseado que los restos sean depositados en lugares de significancia sentimental, y esto solo se puede hacer con las cenizas colocadas en urnas funerarias biodegradables.

El beneficio que representan las urnas biodegradables no solo es económico. Los costes ambientales respecto al ciclo de vida del producto también son considerablemente bajos. La obtención de las materias primas en la caso de las urnas de tierra no genera emisiones atmosféricas ni uso de energía, en el caso de compost incluso se aplica términos de reciclaje y contribución al ciclo de vida de los desechos sólidos orgánicos. En el caso de las urnas de agua, si bien las arenas requieren de un proceso extractivo para su obtención y emite contaminación, esta es más baja que el coste de un entierro tradicional que representa 1400 kg de CO<sub>2</sub> eq. El agua utilizada en la producción es muy baja, por lo que no se considera una explotación del recurso y tampoco se necesita energías en hornos, cortadoras, pulidoras u otros procesos unitarios. De igual manera el programa solidwork nos da una aproximación del ciclo de vida y podemos ver que en todas las categorías de los dos tipos de urna el impacto es bajo.

Para el sector funerario también representa un beneficio económico y de marketing. Al implementar estas urnas como compromiso con el ambiente, le da un plus ecológico que dentro del mercado podría ayudarle a posicionarse como una empresa verde y aumentar sus clientes; considerando que la conciencia ambiental está en auge en las actuales generaciones que prefieren productos con sellos verdes. También reduce los costos de implementación de sistemas de



recolección de necro lixiviado y su tratamiento, preparación y remoción de tierras para la construcción de cementerios, así como la gestión de desechos especiales como ataúdes. Estas últimas contrario a lo que se hace normalmente, deben ser incineradas por un gestor acreditado en desechos peligrosos, siendo un costo más para la empresa funeraria.

Finalmente se aplica el concepto de alargamiento del ciclo de vida de los propios cuerpos. Al ser cremados dejan de ser un desecho en un simple vertedero, como se considera a un cementerio, y pasan a formar parte del medio natural aportando nutrientes al mismo. Conjuntamente se eliminan los problemas ambientales y sanitarios derivados de los procesos de putrefacción de los cuerpos, precautelando la salud de poblaciones cercanas y trabajadores post mortem.

#### ***4.3 Estadísticas sobre Preferencias de disposición de Cuerpos en el DMQ***

Las encuestas muestran la disminución del entierro como preferencia para disposición de cuerpos. Lo que ratifica datos de estudios a nivel mundial, donde se muestra que las estadísticas cada vez crecen a favor de la cremación. Sin embargo el destino de las cenizas sigue siendo en gran medida en los cementerios, lo cual no ayuda a reducir el espacio de estos lugares. En algunos casos el destino de las cenizas es incierto y eventualmente podrían terminar siendo un desecho en un relleno sanitario o en un medio alterno sea terrestre o acuático, convirtiéndose una fuente de contaminación si los materiales no son los adecuados.

Los datos de los encuestados reflejan que tienen mayoritariamente personas enterradas, y que además un poco más de la mitad no cremaría los restos de sus familiares. Esto puede ser por

## **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

preferencias personales del fallecido o por cuestiones religiosas y culturales de nuestro país. Sin embargo, la preferencia personal sigue siendo la cremación.

El destino de las cenizas también llama mucho la atención, ya que muchos eligen medios naturales alternos, tanto acuáticos como terrestres, lo que nos hace pensar que es posible introducir esta nueva tendencia de entierros verdes. Además un alto porcentaje optaría por estos si los costos les representan un ahorro significativo, siendo este factor el principal atractivo y competencia a nivel de mercado. Un 80% estaría de acuerdo que un cementerio se transforme en un lugar más ecológico y el 70% preferiría productos funerarios que provengan de materiales naturales biodegradables, datos que aporta aún más a esta iniciativa y además a transformar las necrópolis en sumideros de carbono.

Si bien la aceptación de un entierro ecológico es alta, la población desconoce totalmente los riesgos ambientales de las necrópolis, así como las alternativas para minimizar estos, por ejemplo el uso de urnas o féretros biodegradables. Sin duda estos datos nos hacen pensar que en el sector funerario se tiene factibilidad suficiente para introducir nuevas tendencias y productos más amigables con el ambiente, empezando por una sólida concientización en riesgos ambientales y sanitarios procedentes de estos espacios de inhumación.

## **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### ***5.1 Urnas Funerarias Biodegradables***

La fabricación de las urnas funerarias biodegradables se basó en el uso de sistemas de emisión cero, es decir que su elaboración no generó emisiones ambientales o uso de energía que aporte a la huella de carbono de su ciclo de vida. Se dio una sustitución de materiales funerarios tradicionales por otros 100% naturales y biodegradables, como mecanismo para reducir los impactos ambientales tanto de contaminación como de degradación de los recursos. Esto además ayuda a reducción de residuos por parte de este sector y aporta a la sustentabilidad de las ciudades.

Respecto a los materiales de fabricación, se recomienda que en caso de la tierra se realice una desinfección previa, por rayos uv por ejemplo, para asegurar que esta se encuentre libre de contaminación microbiológica por patógenos propios de excretas animales. Adicionalmente se recomienda realizar pruebas de degradación en campo, para determinar el tiempo y grado de desintegración exacta que tendría la urna. En cuanto a la urna de agua se recomienda controlar previamente el pH del agua del medio de disposición final, para evitar la presencia de especies disueltas de sílice.

### ***5.2 Sector Funerario en Ecuador.***

Aunque como se ha visto la contaminación de los cementerios depende de muchas variables, no es posible establecer generalidades. Sin embargo si es oportuno tener en cuenta los principios de precaución ante la contaminación, planteados en nuestra normativa.

## **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

En base a lo expuesto en este estudio se puede concluir que los cementerios pueden contaminar de manera considerable los ecosistemas cercanos, siendo los más afectados el suelo y las aguas subterráneas. Además representan riesgos a la salud de población y empleados post mortem. De igual manera el manejo y disposición de cuerpos cada vez es más limitado por el espacio que se requiere para inhumaciones. Asimismo, se ha visto como en situaciones de desastre o emergencia sanitaria los sistemas funerarios de todo tipo de países han colapsado totalmente. Frente a esto la única salida ha sido la cremación.

La cremación puede ser la solución a la falta de espacio en cementerios, control de propagación de enfermedades y control de la contaminación de suelos y aguas. No cabe duda que esta debe ser normada, controlada y realizada bajo protocolos que no permitan que contamine el ambiente. El porcentaje de personas que optan por la cremación es cada vez más alto, pero el destino y disposición de las cenizas no está controlado y se sabe poco de esta particularidad. Al respecto el uso de urnas funerarias biodegradables puede ser un gran aliado para ayudar a dar una transformación a este sector, ambientalmente descuidado y a dar un destino final adecuado a las cremas humanas.

En nuestro país este sector tiene un alto potencial de recuperación. Un cementerio no debe desaparecer totalmente, ya que muchos han estado en su lugar por décadas y representan preceptos culturales y religiosos. Con el uso de las urnas funerarias biodegradables presentadas en este proyecto estos espacios se podrían transformar arquitectónicamente en bosques o parques cementerios. La idea del diseño de estas urnas está orientado precisamente a ser la herramienta

## **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

para reducir la capacidad requerida en las necrópolis por las altas tasas de mortalidad, y transformar los ya existentes en sumideros de carbono.

Por tomar un ejemplo, actualmente el DMQ cuenta con 20 cementerios disponibles para inhumación, sumando un total de 209.88 Ha. (Zaldumbide, 2012) (Anexo 9). Si se toma como referencia que cada hectárea absorbe 3,4 toneladas de CO<sub>2</sub>/año (TextosCientificos, 2020), si se recuperaría estos espacios se tendría 542,08 ton CO<sub>2</sub> absorbidas por año en la capital. Según la secretaria del ambiente, la Huella de Carbono de Quito es 5.1 millones tonCO<sub>2</sub> (SecretariaDelAmbiente, 2020), valor que nos hace pensar en buscar más sumideros de carbono en la capital.

Adicionalmente a este beneficio ambiental, se evitaría la disposición de grandes extensiones para la construcción de más lugares de inhumación. Solo en Ecuador para el año 2018, se estimó un total de 71 mil muertes, es decir una tasa de mortalidad de 4,2% (INEC, Registro Estadístico de Defunciones Generales., 2019). Respecto a Pichincha, la provincia alcanzo una tasa de 3,8% de la cual el 3,6 % representa a la ciudad de Quito (Bustamante & Armas, 2018). Teniendo en cuenta estos datos, los cementerios en Quito pronto alcanzaran su límite de capacidad y se tendrá que construir otros. Según el *Reglamento Establecimientos Servicios Funerarios Y Manejo Cadáveres*, se debe tomar índice promedio de mortalidad y el área del cementerio será por lo menos, cinco veces mayor a la capacidad necesaria, para la inhumación de cadáveres durante un año. Considerando que la población de Quito para el año 2018 fue de 2'644.145, y la tasa de mortalidad alcanzo el 3,6%, podemos decir que hubo un total de 2'645 mil muertos aproximadamente. Esto multiplicado por cinco veces como indica el Reglamento, se debería

## **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

contar con espacio para 13.225 inhumaciones. Según el mismo reglamento se indica que para cada cuerpo se debe contar con 2,5 m<sup>2</sup>, es decir que para el DMQ se necesitaría 33.063 m<sup>2</sup> aproximadamente para entierros en un solo cementerio, para 1 año.

Por esta razón se recomienda que los cementerios se orienten a recuperar sus espacios y convertirse en sumideros de carbono, logrando así un equilibrio sustentable y mejor integración con las zonas urbanas. Estos espacios además deben contar con estudios de impacto ambiental mucho más técnicos, y que cuenten al menos con estudios de hidrogeología y suelos de la zona, así como monitoreos de descargas líquidas que contemplen estudios químicos y microbiológicos. Muchos de los cementerios del DMQ, no tienen este documento, que además es un requisito para la correspondiente licencia ambiental, la mayoría de ellos por la antigüedad de su construcción, sin embargo tampoco hay estudios expost. Imprescindible también contar con planes de remediación y mitigación, que planteen medidas ante estos posibles efectos.

Esto evidentemente va de la mano de una normativa más rígida para este sector. Por esta razón se recomienda que la normativa referente al sector funerario, tanto para manejo de cuerpos, forma de cremación, control y mitigación de la contaminación, planes de manejo, destino y disposición de las cenizas etc.; sea revisada y modificada, tomando en cuenta las consideraciones ambientales adecuadas, para asegurar un correcto control de la contaminación de nuestros ecosistemas.

Consientes que este proceso será complicado por temas religiosos y culturales, se invita hacer campañas de concientización ambiental tanto en la población como en las empresas que brindan estos servicios. La pandemia actual del Covid-19, nos da una oportunidad única para llegar a la conciencia ambiental de las personas e incentivar nuevos rituales funerarios, en medios alternos.

## **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

Para las empresas no se debería ver como un obstáculo, sino como una oportunidad de implementar productos ecológicos que le den un plus a su marketing ambiental.

Como parte del proceso de concientización se recomienda a las Universidades hacer estudios ambientales orientados a la posible contaminación de las aguas subterráneas por las necrópolis a nivel nacional. El control ambiental en este sentido es muy escaso y es necesario tomar en cuenta que por ejemplo el DMQ, se encuentra en una zona con media y alta disponibilidad de recursos hídricos subterráneos como pozos, acuíferos y caudales de quebradas y ríos (Anexo 10).

Considerando las características litológicas de las diferentes formaciones geológicas, se ha delimitado los sistemas de acuíferos asociados con rocas piroclásticas y sedimentos clásticos consolidados y no consolidados de edad plio-cuaternaria, mismos que se localizan en el valle de Machachi, Los Chillos, Quito y Cayambe (Burbano, Becerra, & Pasquel, 2015 ). Estas según la matriz de litopermeabilidades (Anexo 11) representan unidades con importancia hidrogeológica por su alta y media permeabilidad asociada a formación de acuíferos (ESPOL & CIPAT, 2014).

Muchos de estos acuíferos podrían estar debajo de los cementerios del DMQ (Anexo 12) convirtiéndose en zonas vulnerables a la contaminación por metales pesados, productos de necrolixiviados y microorganismos; afectando además a la salud de las comunidades cercanas si el agua se utiliza para consumo o riego.

# **ANEXOS**



**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

*Anexo 1*



Tabla 6: Proceso de los Ensayos Prueba / Error. Fuente: Elaboración propia.

PERIODO	DESCRIPCIÓN	OBJETIVO	PROBLEMAS	FOTOGRAFÍA	ENSEÑANZA
<b>URNAS DE TIERRA</b>					
<b>DICIEMBRE 2019 - FEBRERO 2020</b>	<p>Por revisión de patentes, se eligió la tierra y el compost como materiales de elaboración.</p> <p>Se realizaron pruebas con 150 g de aglutinante (compost) por cada kilo de material.</p> <p>El molde utilizado fue una maceta de plástico de dimensiones:                      Diámetro superior: 6,35 cm                      Diámetro de la base: 3,8 cm                      Altura: 5,8 cm</p>	<p>Determinar la cantidad de agua requerida.</p>	<p>La pieza presentaba grietas, asperezas y grumos.</p> <p>Para el desmolde se tenía que esperar más de dos días, ya que con el agua, la mezcla se adhería al plástico</p>		<p>La cantidad de agua no favorece a la compactación de los materiales, solo determina el tiempo de secado.</p>
	<p>Se realizaron nuevas pruebas con el molde cortado por la mitad para facilitar el desmolde.</p>	<p>Reducir el tiempo de desmolde</p>	<p>Aunque el desmolde fue más rápido la pieza presentaba una grieta por las uniones del molde.</p> <p>De igual manera seguían presentes los grumos.</p>		<p>El molde no debe ser de plástico porque retrasa más el tiempo de secado, y en consecuencia el tiempo de desmolde.</p>



**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

PERIODO	DESCRIPCIÓN	OBJETIVO	PROBLEMAS	FOTOGRAFÍA	ENSEÑANZA
	Se secó las piezas, en la mufla, a diferentes tiempos (30, 60, 90 y 120 minutos a 50°C)	Acelerar el secado y mejorar la compactación	Las urnas perdían humedad y se desmoronaban.	 	<p>El tamizado de los materiales si ayuda a la compactación de la mezcla, así como también al acabado de la pieza.</p>
	Se realizó las pruebas utilizando como molde un mortero y tamizando los materiales.	Probar otro material de molde y técnica para mejorar acabado.	El acabado de la urna mejoro, al igual que la compactación. Sin embargo la pieza al secarse y perder humedad se volvía frágil.		<p>El material cerámico del mortero, ayudó al secado más rápido de la pieza y a su fácil desmolde.</p>

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

PERIODO	DESCRIPCIÓN	OBJETIVO	PROBLEMAS	FOTOGRAFÍA	ENSEÑANZA
Mayo 2020 - Julio 2020	Debido a la fragilidad de las muestras se recurrió a nuevas investigaciones bibliográficas para buscar métodos que proporcionen más dureza, compactación y reduzca grietas en la pieza. El método y material seleccionado fue el barro y adobe cocido.				
	Como primeros ensayos se adiciono a la tierra y al compost fibra de coco.	Darle más resistencia a la mezcla.	Al cocinar las muestras (proceso de elaboración del ladrillo, donde se cocina el barro), el olor que emanaba era bastante fuerte.  De igual manera las muestras perdían humedad y se desmoronaban.		Sustituir la fibra de coco por otra que genere menos olor.
	La fibra de coco se sustituyó por el aserrín, componente más común de las mezclas de barro para construcción.	Eliminar el olor fuerte al momento de la cocción.	Si bien se eliminó el olor, la fragilidad no se lograba corregir.		Buscar método que no requiera cocción del barro.

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

PERIODO	DESCRIPCIÓN	OBJETIVO	PROBLEMAS	FOTOGRAFÍA	ENSEÑANZA
	Debido a las complicaciones el momento del secado se recurrió a nuevas revisiones bibliográficas para buscar una técnica alternativa que no requiera cocinar las muestras. La técnica elegida fue el tapial.				
	Se realizaron 4 ensayos con diferentes cantidades se compost.	Determinar la cantidad de compost óptimo en la mezcla			El resultado óptimo fue la mezcla 4
<b>URNAS DE AGUA</b>					
	En primera instancia se eligió la arena de sílice con la fécula de maíz como materiales de elaboración.		El peso de la urna era elevado		Buscar un tercer material para reducir el peso
	Se eligió la arena rosada por su baja densidad	Reducir el peso de la pieza			El peso de la pieza baja a la mitad, y la dureza se mantiene.

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

*Anexo 2*





Tabla 7: Ensayos De Campo Para Determinar La Calidad Del Barro. Fuente: (Jaguaco Canchig, 2007 )

<b>ENSAYOS DE CAMPO PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL BARRO</b>		
<b>ENSAYO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>RESULTADO</b>
ENSAYO CAÍDA DE BOLA	<p align="center">Control de Humedad</p> <p>Se forma una bola de 4cm de diámetro y se dejar caer a 1,5m. Si se pulveriza en fragmentos grandes el barro la humedad adecuada.</p>	
PRUEBA DEL ROLLO	<p align="center">Ensayo de Cohesión</p> <p>Con las manos se forma un rollo, hasta que este se rompa. La cohesión óptima debe estar entre 7 y 15 cm.</p>	
PRUEBA DE BOLA	<p align="center">Ensayo de Consistencia</p> <p>Se forma una bola de 3 a 4 cm de diámetro. Se dejar secar por 24 horas y se presionar con los dedos. Si se fractura en trozos grandes la consistencia del barro es la adecuada.</p>	

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

**Anexo 3**




Tabla 8: Check List Urnas Funerarias De Tierra. Fuente: Elaboración propia.

<b>CHECK LIST URNAS FUNERARIAS DE TIERRA</b>												
	<b>Ensayo 1</b>			<b>Ensayo 2</b>			<b>Ensayo 3</b>			<b>Ensayo 4</b>		
	Buena	Regular	Mala	Buena	Regular	Mala	Buena	Regular	Mala	Buena	Regular	Mala
Apariencia		X			X		X					X
Peso	5,17 kg			5,80 kg			6,17 kg		X	6,02 kg		
Deleznabilidad	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
		X			X				X			X
Fotografía												
							Prototipo Elegido					

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

Tabla 9: Check List Urnas Funerarias De Agua. Fuente: Elaboración propia

<b>CHECK LIST URNAS FUNERARIAS DE TIERRA</b>									
	<b>Ensayo 1</b>			<b>Ensayo 2</b>			<b>Ensayo 3</b>		
	Buena	Regular	Mala	Buena	Regular	Mala	Buena	Regular	Mala
Apariencia		X		X			X		
Peso	10,02 kg			11,13 kg		X	11,77 kg		
Deleznabilidad	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja	Alta	Media	Baja
			X			X			X
Fotografía				 <p align="center">Prototipo Elegido</p>					

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

*Anexo 4*

**Tabla 10: Propiedades Mecánicas del Tapial.**

Fuente: Elaboración propia adaptado a varios autores.

<b>PROPIEDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Módulo elástico	650000000	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente poisson	0,20	N/D
Modulo cortante	1000000	N/m <sup>2</sup>
Densidad de masa	1700	kg/m <sup>3</sup>
Límite de tracción	1000000	N/m <sup>2</sup>
Límite de compresión	5000000	N/m <sup>2</sup>
Límite elástico	750000000	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de expansión térmica	0,012	mm/m°C
Conductividad térmica	1,0	W/(m.k)
Calor específico	0,85	J/(kg.K)
Coefficiente de amortiguamiento	0,20	N/D
Resistencia a la flexión	1200000	N/m <sup>2</sup>

**Tabla 11: Características del Proceso de Elaboración de las Urnas Biodegradables de Tierra.**

Fuente: Elaboración propia

<b>MATERIAL</b>	
Nombre/similares:	chocoto o barro
Peso	8kg
<b>PROCESO DE FABRICACIÓN</b>	
Región de fabricación	Sudamérica
Construido para durar	5 meses
Energía eléctrica	0 kWh
Combustibles fósiles	0 BTU
Pintura	No
<b>UTILIZACIÓN</b>	
Región de utilización	Sudamérica
Transporte	Terrestre
Distancia	1 km
<b>FIN DE LA VIDA ÚTIL</b>	
Reciclaje	100%
Incineración	0%
Relleno sanitario	0%



**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA  
SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

*Anexo 5*

**Tabla 12: Propiedades Mecánicas de Arena de Sílice**

Fuente: Programa Solidwork.

<b>PROPIEDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDAD</b>
Módulo elástico	1.124e <sup>11</sup>	N/m <sup>2</sup>
Coefficiente poisson	0,28	N/D
Modulo cortante	4,9e <sup>10</sup>	N/m <sup>2</sup>
Densidad de masa	2330	kg/m <sup>3</sup>
Limite elástico	120000000	N/m <sup>2</sup>
Conductividad térmica	124	W/(m.k)

**Tabla 13: Características del Proceso de Elaboración de las Urnas Biodegradables de Agua**

Fuente: Elaboración propia

<b>MATERIAL</b>	
Nombre/similares:	Silicios
Peso	10 kg
<b>PROCESO DE FABRICACIÓN</b>	
Región de fabricación	Sudamérica
Construido para durar	1 día
Energía eléctrica	0 kWh
Combustibles fósiles	0 BTU
Pintura	No
<b>UTILIZACIÓN</b>	
Región de utilización	Sudamérica
Transporte	Terrestre
Distancia	1 km
<b>FIN DE LA VIDA ÚTIL</b>	
Reciclaje	100%
Incineración	0%
Relleno sanitario	0%

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**




**Anexo 6**

**Tabla 14: Calculo Relación C:N para Urna funeraria de tierra.**

Fuente: Elaboración propia adaptado a (Terregal, 2018)

COMPONENTE	Relación C:N / kg Teórica	Cantidades utilizadas en la Urna funeraria (kg)	Relación C:N de la Urna funeraria
Suelo	10:1	4	6/1
Compost	15:1	1.6	3,6/1
Aserrín	200:1	1.2	36/1
<b>TOTAL</b>		<b>6,8</b>	<b>46/1</b>

**Tabla 15: Tiempo degradación Urnas de agua. Fuente: Elaboración propia.**

TIEMPO (minutos)	FOTOGRAFÍA
0	
60	
90	

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

*Anexo 7*

**Tabla 16: Detalle de Precios de Servicios Funerarios en el DMQ.**

Fuente: Elaboración propia adaptado a varios autores.

<b>EMPRESA</b>	<b>CEMENTERIO / FUNERARIA</b>	<b>SERVICIO</b>	<b>COSTO</b>
<b>VELACIÓN</b>			
Sociedad Funeraria Nacional (SFN)	El batan - San Diego - Colinas de la Paz	Cofre de madera + servicios de velación	675,00
			766,80
			1155,60
	Funeraria la Paz	Cofre de madera + servicios de velación	988,00
			1230,00
			1800,00
			2400,00
Grupo Jardines del Valle	Casa Girón	Cofre de madera + servicios de velación	1200,00
			1280,00
	Funeraria Los Lirios	Cofre metálico + servicios de velación	594,00
<b>PROMEDIO VELACIÓN</b>			<b>1277,27</b>
<b>CREMACIÓN</b>			
Sociedad Funeraria Nacional (SFN)	El batan - San Diego - Colinas de la Paz	Urna de madera + otros servicios	572,40
			1220,40
			1317,60
Memorial S.A	Memorial	Urna de madera + otros servicios	2620,00
	Funeraria la Paz	Solo cremación	688,00
			518,00
	Funeraria Los Lirios	Urna de madera + servicios de velación	1089,00
	Camposanto Monte Olivo	Cremación y disposición medio natural	3330,00
<b>PROMEDIO CREMACIÓN</b>			<b>1419,43</b>

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA  
SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

<b>EMPRESA</b>	<b>CEMENTERIO / FUNERARIA</b>	<b>SERVICIO</b>	<b>COSTO</b>
<b>INHUMACIÓN</b>			
Sociedad Funeraria Nacional (SFN)	San Diego	Alquiler por 4 años nicho	410,40
		Alquiler por 4 años tumba	518,40
	El Batan	Entierro en pabellones	410,40
			712, 80
	Colinas de la Paz	Venta de tumba	3659,60
COINVER	Parques del Recuerdo	Tumba	1530,00
			2500,00
Memorial S.A	Memorial	Alquiler por 4 años tumba	1880,00
		Servicios especiales	8000,00
	Camposanto Monte Olivo	Nichos	2800,00
		Tubas hormigón	7000,00
		Lapida granito	2500,00
		Lapida mármol	3790,00
Servixequia	Metropolitano del Sur	Solo el espacio del inhumación	1200,00
			1800,00
Grupo Jardines del Valle	Jardines del Valle	Placas de mármol	3200,00
<b>PROMEDIO INHUMACIÓN</b>			<b>2746,59</b>

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

*Anexo 8*

Tabla 17: Costos Elaboración de Urnas Biodegradables.

Fuente: Elaboración propia

Tipo de Urna	Materia Prima	Costo (\$)	Cantidad	Unidad
Urna Tierra	Fibra de coco	5,00	17	kg
	Tierra negra	4,00	30	kg
	Humus	5,00	10	kg
	Aserrín	1,00	14	kg
Urna Dulce	Arena sílice	35,00	35	kg
	Arena rosada	2,00	80	kg
	Fécula de maíz	2,76	3	kg
	Infraestructura	900,00	204	m <sup>2</sup>
	Mano de obra	1.185,00	3	empleado
	Agua	60,00		
	Luz	30,00		
	Valor de moldes	240,00	4	moldes
	Herramientas menores	100,00		
	<b>TOTAL</b>	<b>72,50</b>		

PRECIO UNITARIO		Costo (\$)	UNIDAD	PVP	UTILIDAD (20%)
Urna Tierra	Fibra de coco	0,03	100 g	<b>\$ 96,66</b>	<b>\$ 16,11</b>
	Tierra negra	0,53	4 kg		
	Humus	1,20	2,4 kg		
	Aserrín	0,09	1,2 kg		
	Molde	1,20			
	Herramientas menores	5,00			
	Costos Variables	72,50			
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 80,55</b>			
Urna Agua	Arena sílice	6,00	6 kg	<b>\$ 103,68</b>	<b>\$ 17,28</b>
	Arena rosada	0,05	1,8 kg		
	Fécula de maíz	1,66	1,8 kg		
	Molde	1,20			
	Herramientas menores	5,00			
	Costos Variables	72,50			
<b>TOTAL</b>		<b>\$ 86,40</b>			

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA  
SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

**Anexo 9**

**Tabla 18: Extensión de los Cementerios del DMQ.**

Fuente: Elaboración propia, Adaptado de (Zaldumbide, 2012)

<b>NOMBRE</b>	<b>ESPACIO (HECTÁREAS)</b>
Cementerio Familia Gómez De La Torre	6
Cementerio De San Diego	8
Cementerio Del Tejar	2,25
Cementerio Santiago Apóstol De Chillogallo	0,8
Cementerio De La Magdalena	0,3
Jardines De Santa Rosa	33
Cementerio Metropolitano Del Sur	33
Camposanto Jardines Del Valle	9
Cementerio De La Providencia	0,16
Colinas De La Paz	70
Cementerio De Guápulo	0,54
Cementerio Alemán	0,6
Cementerio Judío De Quito	1,35
Cementerio De San Isidro Del Inca	0,24
Cementerio Padre Mariano Rodríguez Del Batán	14
Cementerio De Cotocollao	0,24
Cementerio Parques Del Recuerdo	5
Camposanto Monteolivo	25
Memorial – Memorial Necrópoli	0,4
<b>TOTAL</b>	<b>209.88</b>

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

**Anexo 10**

**Resumen de Reservas y Caudales de Explotación**

Acuífero	Reservas (lts)
Centro Norte de Quito	870
Valle de los Chillos	950
San Antonio de Pichincha (Nivel superior)	180
San Antonio de Pichincha (Nivel inferior)	195
Puembo Pifo	800
Sur de Quito	563
Pita	450
<b>Total</b>	<b>4008</b>

Fuente: Departamento Acuífero de Quito de la EMAAP-Q

**Ilustración 13: Principales Acuíferos de DMQ.**

Fuente: (MunicipioDelDMQ, 2008)

**Anexo 11**

	Tipo de Permeabilidad	Litología	Grado de Permeabilidad	Simbología	Asociados a
Unidades Litológicas con importancia hidrogeológica	Primaria (Porosidad Intergranular)	Rocas clásticas no consolidadas de edad cuaternaria.	Muy alta	A1	Acuíferos
		Sedimentos clásticos semi-consolidados y consolidados constituidos principalmente por areniscas y conglomerados.	Alta a media	A2	
		Sedimentos clásticos consolidados constituidos principalmente por arcillas, limos, tobas.	Media a baja	A3	
	Secundaria (Fisuración o karstificación)	Rocas extrusivas ácidas y básicas de volcanismo reciente. Localmente restringidos a zonas fracturadas.	Alta	V1	
		Rocas cataclásticas y piroclásticas, calizas. Zonas fracturadas y de intemperismo.	Media	V2	
Rocas porfiríticas, diabasas, cuarcita cataclásticas, lutitas y pizarras.	Baja	V3			
Unidades Litológicas sin importancia hidrogeológica	Impermeables	Sedimentos consolidados a no consolidados, constituidos exclusivamente por arcillas y lutitas.	Muy baja	C1	Acuícludos
		Rocas intrusivas y efusivas: Granitos, granodioritas, riolitas y rocas metamórficas masivas.	Prácticamente Impermeables	C2	Acuífugos

**Ilustración 14: Matriz de Litopermeabilidades.**

Fuente: (ESPOL & CIPAT, 2014)





Anexo 13

MODELACION SOLID WORK – URNA DE TIERRA

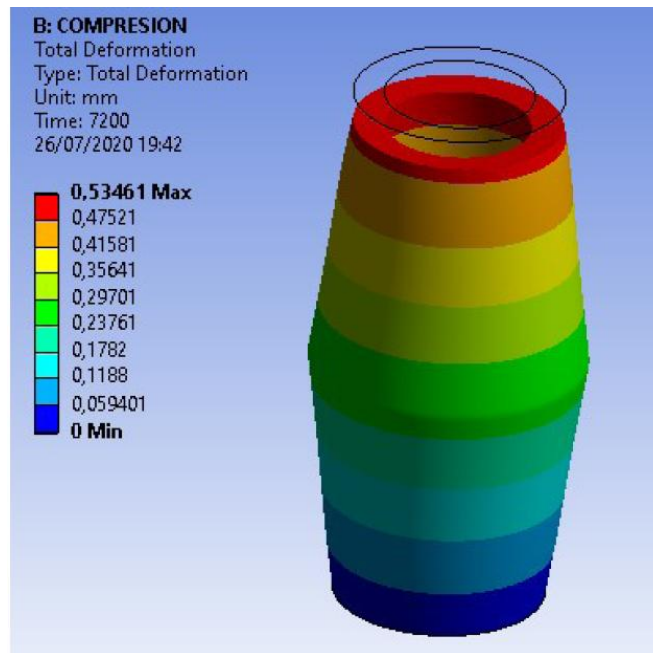


Ilustración 16: : Ensayo a Compresión. Urna de Tierra.  
Fuente: Elaboración propia

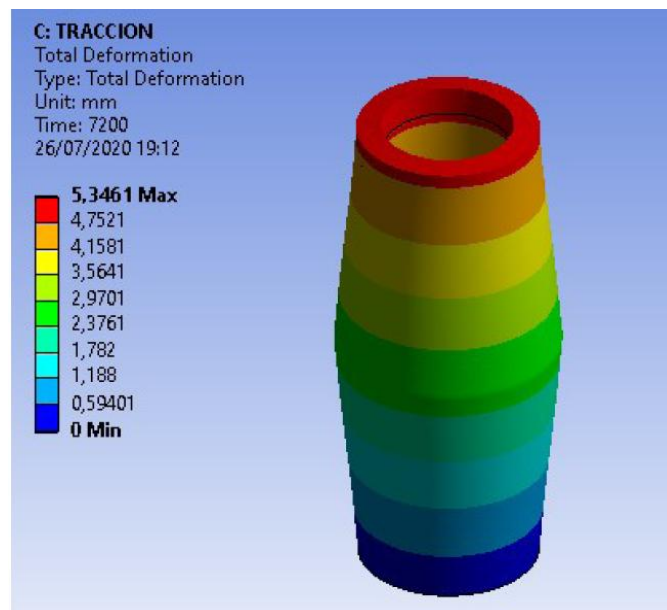


Ilustración 17: Ensayo a Tracción. Urna de Agua. Fuente:  
Elaboración propia

Anexo 14

MODELACION SOLID WORK – URNA DE AGUA

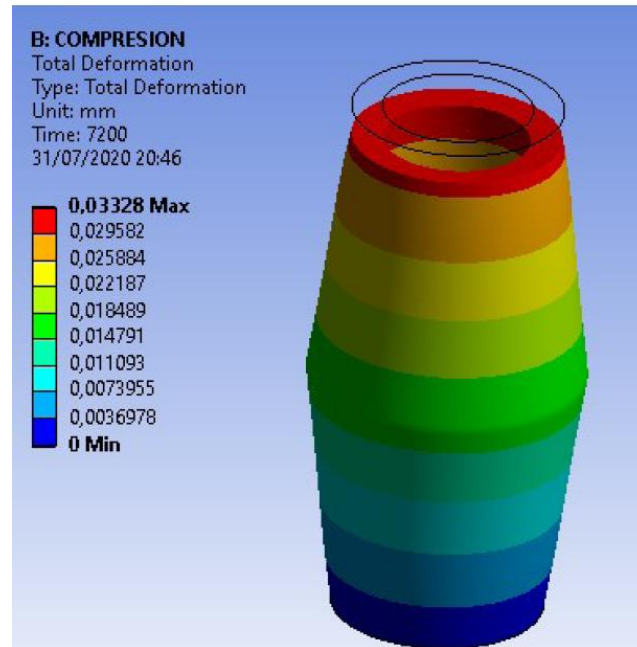


Ilustración 18: Ensayo a Compresión. Urna de Agua. Fuente: Elaboración propia

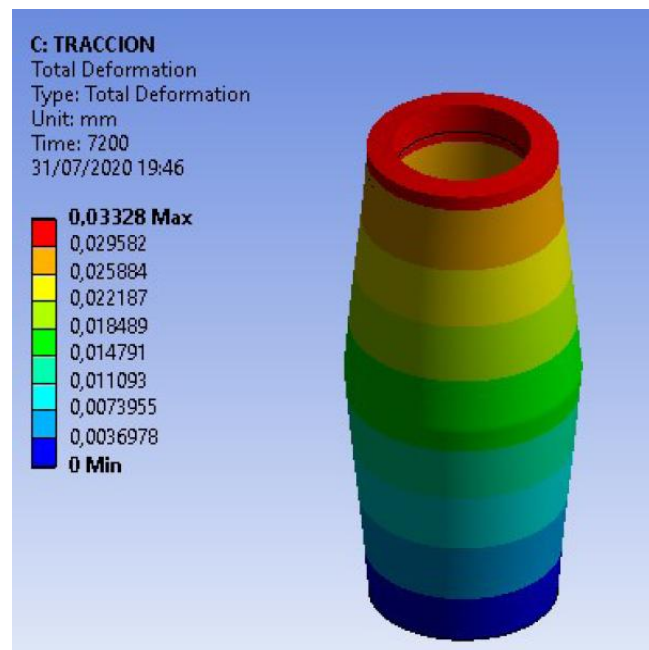


Ilustración 19: Ensayo a Tracción. Urna de Agua. Fuente: Elaboración propia

*Anexo 15*

**FORMATO ENCUESTA**

1. Indique su Rango de Edad
  - a. 18-24
  - b. 25-35
  - c. 36-45
  - d. 46-55
  - e. 56-60
  - f. más de 60
  
2. ¿Si pudiera elegir qué hacer con su cuerpo al morir, que preferiría?
  - a. Cremación
  - b. Inhumación
  - c. Donación
  
3. Respecto al destino de su cuerpo, usted prefiere:
  - a. Decidir usted
  - b. Que sus familiares decidan
  
4. ¿Cree usted que los costos funerarios son altos?
  - a. Si
  - b. No
  - c. Desconoce los costos
  
5. ¿Cree usted que un cementerio causa daños ambientales?
  - a. Si
  - b. No
  
6. ¿Conoce que es una urna cenizaria biodegradable?

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA  
SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

- a. Si
  - b. No
7. Si pudiera elegir el material de su féretro o urna cenizaria, que preferiría
- a. Madera
  - b. Metal
  - c. Materiales naturales degradables
8. Si usted prefiere la cremación, donde quisiera que se coloquen sus cenizas:
- a. Cementerio
  - b. Bosques, jardines, parques y similares
  - c. Mares, ríos, lagunas y similares
  - d. En casa
  - e. Otros
9. Estaría usted de acuerdo en que los cementerios tradicionales, se transformen en bosques cementerios
- a. Sí
  - b. No
  - c. Mixto
10. Cuantos familiares tiene usted cremados
- a. 0
  - b. 1
  - c. 2
  - d. 3
  - e. más de 4

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA  
SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

11. Cuantos familiares tiene usted enterrados

- a. 0
- b. 1
- c. 2
- d. 3
- e. más de 4

12. Si tiene familiares cremados, donde tiene sus cenizas

- a. Casa u otro lugar de su propiedad
- b. Cementerio

13. Si tiene familiares enterrados, piensa en algún momento cremar sus restos

- a. Sí
- b. No

14. Si un entierro ecológico le resultara más económico, optaría por este

- a. Sí
- b. No
- c. Tal vez

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

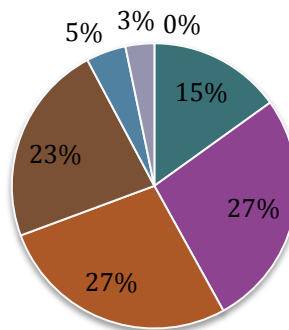
---

**Anexo 14**

**RESPUESTAS ENCUESTA (398 encuestados)**

1. Indique su Rango de Edad

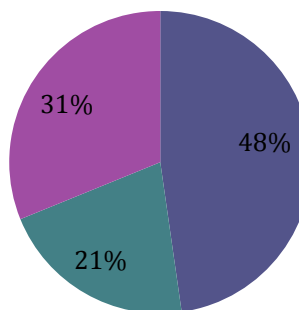
	Número de Personas
18-24	60
25-35	107
36-45	109
46-55	91
56-60	18
Más de 60	13



- RANGO DE EDAD
- 18-24
- 25-35
- 36-45
- 46-55
- 56-60
- Más de 60

2. Si pudiera elegir qué hacer con su cuerpo al morir, que preferiría?

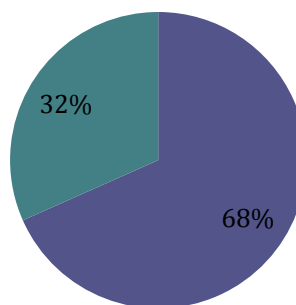
	Número de Personas
Cremación	190
Inhumación	84
Donación	124



- Cremación
- Inhumación
- Donación

3. Respecto al destino de su cuerpo, usted prefiere:

	Número de Personas
Decidir usted	272
Que sus familiares decidan	126



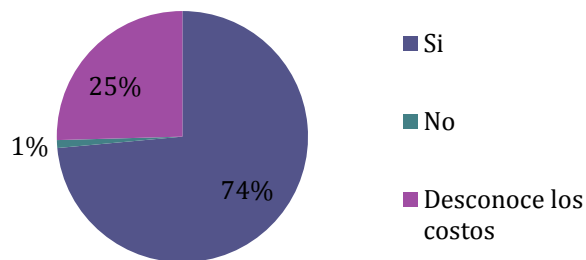
- Decidir usted
- Que sus familiares decidan

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

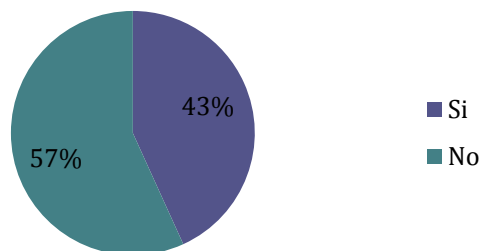
4. Cree usted que los costos funerarios son altos?

	Número de Personas
Si	292
No	4
Desconoce los costos	101



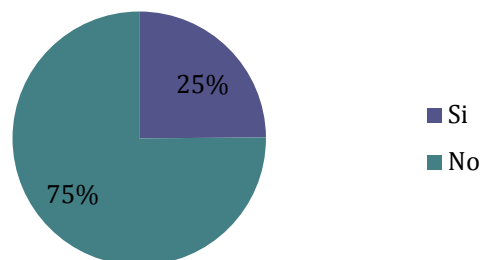
5. Cree usted que un cementerio causa daños ambientales?

	Número de Personas
Si	172
No	226



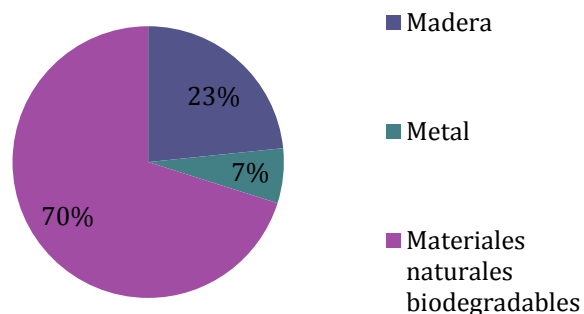
6. Conoce que es una urna cenizaria biodegradable?

	Número de Personas
Si	99
No	299



7. Si pudiera elegir el material de su féretro o urna cenizaria, que preferiría

	Número de Personas
Madera	93
Metal	26
Materiales naturales biodegradables	279

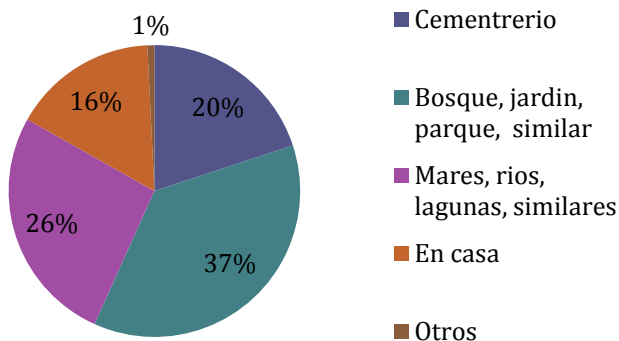


**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

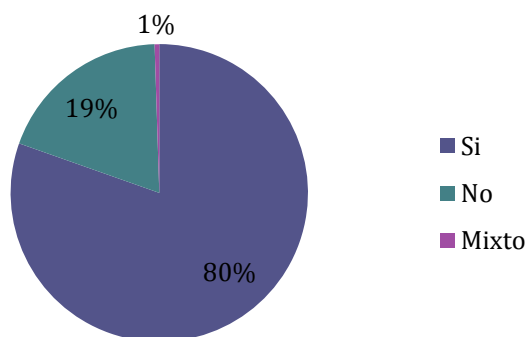
8. Si usted prefiere la cremación, donde quisiera que se coloquen sus cenizas:

	Número de Personas
Cementerio	77
Bosque, jardín, parque, similar	142
Mares, ríos, lagunas, similar	102
En casa	62
Otros	3



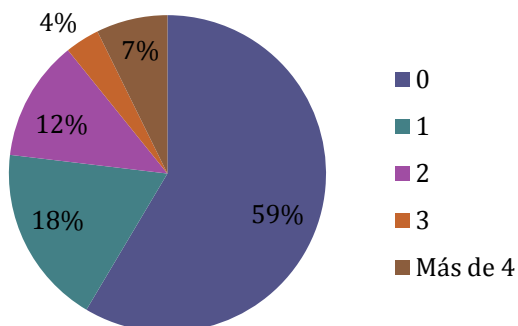
9. Estaría usted de acuerdo en que los cementerios tradicionales, se transformen en bosques cementerios

	Número de Personas
Si	320
No	76
Mixto	2



10. Cuantos familiares tiene usted cremados

	Número de Personas
0	233
1	73
2	49
3	14
Más de 4	29



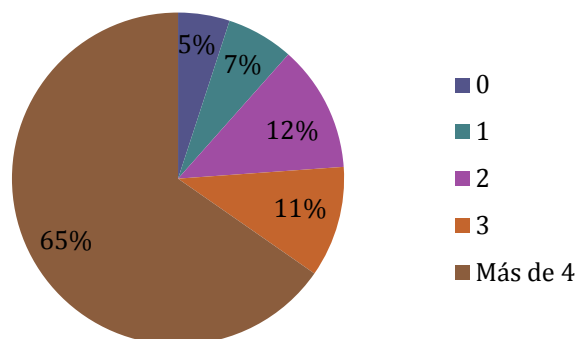


**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

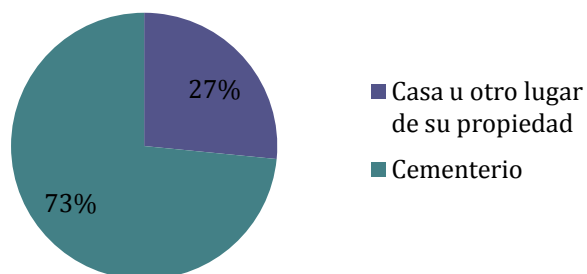
11. Cuantos familiares tiene usted enterrados

	Número de Personas
0	20
1	26
2	49
3	43
Más de 4	260



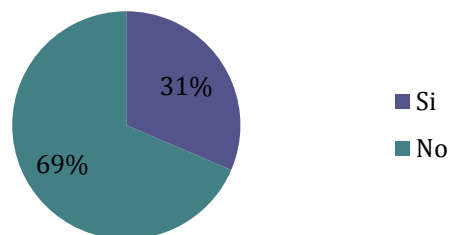
12. Si tiene familiares cremados, donde tiene sus cenizas

	Número de Personas
Casa u otro lugar de su propiedad	64
Cementerio	177



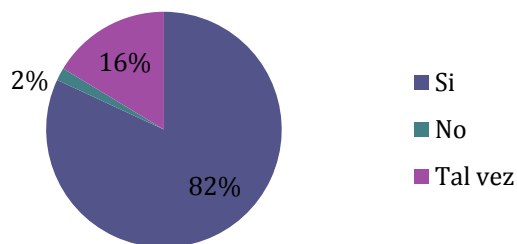
13. Si tiene familiares enterrados, piensa en algún momento cremar sus restos

	Número de Personas
Si	121
No	264



14. Si un entierro ecológico le resultara más económico, optaría por este

	Número de Personas
Si	326
No	7
Tal vez	65



**BIBLIOGRAFÍA**

- Ahmet, S., & Rushbrook, P. (2000). THE IMPACT OF CEMENTERIES ON THE ENVIRONMENT AND PUBLIC HEALTH. WHO. World Health Organization.
- Appelman, A., & Kok, J. (2005). Beoordeling van de milieu-effecten van het Amalgator kwikafvangstelsysteem voor crematoria. Apeldoorn: TNO Bouw en Ondergrond. .
- Arnould, E., & Thompson, J. C. (2005). Consumer Culture Theory (CCT): Twenty years of research. . Journal of Consumer Research.
- Biocremationinfo. (2010). [www.biocremationinfo.com](http://www.biocremationinfo.com) (last visited: 25-08-2010).
- Bueno Márquez, P., Díaz Blanco, M., & Cabrera Capitán, F. (s,f). Capítulo 4. Factores que afectan al proceso de Compostaje . España:  
<https://digital.csic.es/bitstream/10261/20837/3/Factores%20que%20afectan%20al%20proceso%20de%20compostaje.pdf>.
- Burbano, N., Becerra, S., & Pasquel, E. (2015 ). INTRODUCCIÓN A LA HIDROGEOLOGÍA DEL ECUADOR. Quito, Ecuador : INHAMI .
- Bustamante, K., & Armas, S. (2018). Diagnostico de Salud del Distrito Metropolitano de Quito. Alcaldía de Quito.
- Cámbara, J. (2012). Análisis de la Confiabilidad de las Metodologías EICV. Universidad de Oviedo .
- Canning, L., & Szmigin, I. (2010, October ). Death and disposal: The universal, environmental dilemma. Birmingham, UK: Journal of Marketing Management.
- Carbotecnia. (2020). *Problemas del Sílice*. Retrieved from <https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/que-es-el-silice-y-como-afecta-en-el-agua/>
- Carrasco, E., & Tinoco, D. (2018). Elaboración de ladrillos ecológicos a partir de arena de sílice y arcillas mixtas procedentes de la Compañía Minera Sierra Central S.A.C.Chacapalpa/Oroya – Yauli - Junín. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.  
<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.
- Carrillo, A. (2009). Del miedo a la enfermedad al miedo a los pobres: la lucha contra el tifo en el México Porfirista. Colegio de México, UNAM.
- Corry, J. (1978). Post-mortem ethanol production. Journal of applied bacteriology.
- Cuero, C. (2020). La Pandemia del COVID19. Revista Medica de Panamá.
- Davies, D. (2004). A brief history of death. . Oxford, England: Blackwell.
- Davies, D., & Mates, L. (2005). Encyclopaedia of cremation. London: Ashgate.

## DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO

---

- Dent, B. (1995). Hydrogeological studies at Botany Cemetery. Sydney. Sydney: University of Technology,.
- Dent, B. (2002). The hydrogeological context of cemetery operations and planning in Australia. Australia: PhD Thesis. Sydney: University of Technology. .
- Dent, B., & Knight, M. (1998). Cemeteries: a special kind of landfill. Proceedings of IAH Sustainable Solutions Conference, Melbourne, February 1998. International Association of.
- Dent, B., & Knight, M. (1998, February). Cemeteries: a special kind of landfill. The context of their sustainable management. Melbourne: Conference of the International Association of Hydrogeologists: "Groundwater: Sustainable Solutions".
- DFWEurope. (2010). Crematieovens. Retrieved from: [www.dfweurope.com/nederlands/ovens.html](http://www.dfweurope.com/nederlands/ovens.html). (last visited: 23-08-2010). .
- DiarioExpreso. (2020). *Coronavirus en Italia: casi mil muertos en un solo día y ya supera los 9.000 en total*. Retrieved from <https://www.expreso.ec/actualidad/coronavirus-italia-mil-muertos-dia-supera-9-000-total-7944.html>
- Dijk, S., & Mengen, M. (2002). Lijkbezorging in Nederland. Evaluatie inspectierichtlijn, overzicht van de branche en inzicht in naleving van regelgeving. Bilthoven: RIVM.
- Duboise, S., & all, e. (1976). Poliovirus survival and movement in a sandy forest soil. Applied and environmental microbiology.
- Ecofunerales. (2018). *Esparcir las cenizas en la naturaleza*. Retrieved from <https://www.ecofuneral.es/articulos/esparcir-cenizas-naturaleza-ecologica>
- EcoFunerales. (2020). *SFE 07:02, el certificado para funerarias sostenibles*. Retrieved from <https://www.ecofuneral.es/articulos/sfe-0702-el-certificado-para-funerarias-sostenibles>
- Ecogeek. (2010). The greenest way to die: liquification. . Retrieved from: [www.ecogeek.org/component/content/article/1529](http://www.ecogeek.org/component/content/article/1529) (last visited: 29-11-2010). .
- ElComercio. (2020). *Con morgues y funerarias desbordadas, Nueva York busca dónde enterrar a sus muertos: 'Es como un 11 de septiembre que dura días'*. Retrieved from <https://www.elcomercio.com/actualidad/nueva-york-entierro-muertos-coronavirus.html?fbclid=IwAR2n67119eIRI3N4c3c0KFPLDAu2FfrPb0bHQICix4NarkgEwYywIJJdz3Q>
- ElUniverso. (2020). *En Guayaquil se construirán dos cementerios para víctimas de coronavirus, anunció alcaldesa Cynthia Viteri*. Retrieved from <https://www.eluniverso.com/guayaquil/2020/04/06/nota/7807107/guayaquil-se-construiran-dos-cementerios-victimas-coronavirus>

## DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO

---

- ElUniverso. (2020). *Más de mil ataúdes de cartón prensado se donará en Guayaquil a familiares de fallecidos por COVID-19*. Retrieved from <https://www.eluniverso.com/guayaquil/2020/04/04/nota/7805334/mas-mil-ataudes-carton-donara-municipio-guayaquil-familiares>
- ESPOL, & CIPAT. (2014). PROYECTO: ELABORACIÓN DEL MAPA HIDROGEOLOGÍCO A ESCALA 1:250.000. Guayaquil, Ecuador: Secretaria Nacional del Agua. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.
- FAO. (2020). *Ecuador en una mirada*. Retrieved from <http://www.fao.org/ecuador/fao-en-ecuador/ecuador-en-una-mirada/es/>
- FAO. (2020). *La deforestación se ralentiza a nivel mundial, con más bosques mejor gestionados*. Retrieved from <http://www.fao.org/news/story/es/item/327382/icode/>
- Fiedler, S. (2012). Graveyards-Special landfills. *Science of the Total Environment* (p. 90.97).
- Fronteiras, A. S. (s,f). FICHA TECNICA: SISTEMA CONSTRUCTIVO ADOBE/TAPIAL . Proxecto coñecemento da realidade[PCR]|Programa OXLAJUJ TZ'IKIN|ASFE |ASIAPRODI.
- FuneralNatural. (s,f). *Cremaciones verdes, la hidrólisis alcalina y la ultracongelación*. Retrieved from Natural Funeral: <https://www.funeralnatural.net/articulos/cremaciones-verdes-la-hidrolisis-alcalina-y-la-ultracongelacion>
- García, C. (2005). Manejo de cadáveres en situaciones de desastre. Mexico: Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social.
- García, J. (2012). El cementerio Santa María Magdalena de Pazzis, 1814-1899: un acercamiento a la historia cultural . Universidad de Puerto Rico.
- Garoia Cartagena, C. M. (2013, Marzo 8). *Acento. IMPACTO AMBIENTAL DE LOS FUNERALES*. Retrieved from <https://acento.com.do/2013/opinion/208323-impacto-ambiental-de-los-funerales/>
- Gomez Da Silva, A., & Santos, L. (2016). GROUNDWATER USED FOR HUMAN CONSUMPTION IN THE SURROUNDING AREA OF CAMPO SANTO CEMETERY IN SALVADOR, BAHIA, BRAZIL. Simposio Internazionale di Ingegneria Sanitaria Ambientale.
- Haglund, W., & Sorg, M. (1996). *Forensic Taphonomy: The Postmortem Fate of Human Remains*. CRC, Boca Raton, FL.
- Hauptmann, M., Stewart, P., Lubin, J., Beane, L., Hornung, R., Herrick, R., . . . Hayes, R. (2009). Mortality from lymphohematopoietic malignancies and brain cancer among embalmers exposed to formaldehyde. *Journal of the National Cancer Institute*.

**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA  
SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

- INEC. (2010). *Resultados del Censo 2010 de Población y Vivienda. FASCÍCULO PROVINCIAL PICHINCHA*. Retrieved from <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/pichincha.pdf>
- INEC. (2019). Registro Estadístico de Defunciones Generales. *Boletín técnico N°01-2019-REMD*. Ecuador : Dirección de Estadísticas Sociodemográficas.
- InstitutoGeograficoMilitar. (2020). *GEOPORTAL*. Retrieved from <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/>
- Jaguaco Canchig, S. (2007 ). *Uso del Adobe como Material de Construcción* . Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Jonker, C., & Olivier, J. (2012). Mineral Contamination from Cemetery Soils: Case Study of Zandfontein Cemetery, South Africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. [www.mdpi.com/journal/ijerph](http://www.mdpi.com/journal/ijerph).
- Keijzer, E. (2011). *Environmental impact of funerals - Life cycle assessments of activities after life* . The Netherlands : University of Groningen .
- Keijzer, E., & Kok, H. (2011, Agosto). *Environmental impact of different funeral technologies*. Yarden Holding BV .
- King, A., Alisoltani, A., Ubomba-Jaswa, E., & Dippenaar, M. (2019). Microbial life beyond the grave: 16S rRNA gene-based metagenomic analysis of bacteria diversity and their functional profiles in cemetery environments.
- Lara Calderón, L. (2017). *Patología de la construcción en tierra cruda en el área andina ecuatoriana*. AUC. N°38 ISSN: 1390 3284.
- MAE. (2015). *Estadísticas de Patrimonio Natural. Datos de bosques, ecosistemas, especies carbono y deforestación del Ecuador Continental*. . Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/44292-07669536a0752fc4ce8e9d3066b05a109.pdf>. Ultima revision: 6 abril 2020.
- Maldonado, C. (2011). *El negocio de la muerte genera millones de dólares*. Empresarial.
- Matthews. (2010). *BioCremation (brochure)*. Retrieved from: <http://matthewscremation.com/equipment/literature-downloads.aspx> (last visited: 24-08-2010).
- MinisterioDeSanidad. (2020). *Procedimiento para el manejo de cadáveres de casos de COVID-19*. España: [https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov-China/documentos/Manejo\\_cadaveres\\_COVID-19.pdf](https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov-China/documentos/Manejo_cadaveres_COVID-19.pdf).
- Mitford, J. (1997). *The American way of death revisited*. New York: Virago.

## **DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

- MunicipioDelDMQ. (2008). ATLAS AMBIENTAL DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO.
- Neckel, A., Gonçalves, A., Ribeiro, L., Oliveira de Almeida, C., & Cardoso, G. (2016). Cemeteries heavy metals concentration analysis of soils and the contamination risk for the surrounding resident population. *Journal of Engineering Research and Application*. [www.ijera.com](http://www.ijera.com).
- Nordin, M., & Frankel, V. (2001). *Basic Biomechanics of the Musuloskeletal Systems*.
- Pedley, S., & Guy, H. (1996). The public health implications of microbiological contamination of groundwater. *Quarterly journal of engineering geology*.
- Pennimpe, F., & Parodi, A. (1947). Supervivencia de Virus en los Cadáveres de Ratonos Infectados. [http://sgc.anlis.gob.ar/bitstream/123456789/1165/1/RIBMalbran1945-1948\\_13%281%29\\_388-393.pdf](http://sgc.anlis.gob.ar/bitstream/123456789/1165/1/RIBMalbran1945-1948_13%281%29_388-393.pdf).
- People'sDailyOnline. (2001, April). Chinese turn to new ways of burial. Retrieved June 10, 2008, from [http://english.people.com.cn/200104/06/eng20010406\\_66968.html](http://english.people.com.cn/200104/06/eng20010406_66968.html).
- Perdomo, C., & Barbazán, M. (s.f). Nitrógeno. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República. Facultad de Agronomía.
- ProtocolOverledenenzorg. (2010). Retrieved from: [www.overledenenzorgpro.nl/02.html](http://www.overledenenzorgpro.nl/02.html) (last visited:16-08-2010).
- Ramírez, R., Vilán, J., Herrera, F., Guerrero, B., & Quinatoa, V. (2014). Arenas de Moldeo. Latacunga, Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército ESPE.
- Reddy, K., & all, e. (1981). Behavior and transport of microbial pathogens and indicator organisms in soils. *Journal of environmental quality*.
- Reid, M. (2019, Diciembre 26). *El Horticultor. Guía de compostaje para el agricultor*. Retrieved from <https://elhorticultor.org/guia-de-compostaje-del-agricultor-incluye-manual-en-pdf/>
- Remmerswaal, H., & Heuvel, L. (2005). Lifecycle inventory of obsequies. A comparison of the environmental consequences of various ways of funeral in The Netherlands. Delft: University of Technology Delft.
- ResiduosProfesional. (2020). *Investigadores de la Universidad de Cranfield (Reino Unido) trabajan en una nueva prueba para detectar el SARS-CoV-2 en las aguas residuales de comunidades infectadas con el virus*. Retrieved from <https://www.residuosprofesional.com/alerta-temprana-covid19-aguas-residuales/>
- Reyes, J. (2014). *Las funerarias carecen de controles efectivos para manejo de cadáveres*. Retrieved from <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/judicial/12/las-funerarias-carecen-de-controles-efectivos-para-manejo-de-cadaveres>

## DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO

---

- Rivadeneira, M. (2016). ESTUDIO PARA EL DISEÑO DEL CEMENTERIO ECOLOGICO MUNICIPAL PARA LA PARROQUIA URBANA DEL CANTON MILAGRO, PROVINCIA DEL GUAYAS, 2019. Ecuador : UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL. FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO.
- Rodríguez, E. (2018). Efectos Tóxicos del Proceso de Cremación. In *Tratado De Incineración Humana* (p. Capitulo 5). Liberty Drive.
- Rodríguez, Y. (2014). *Esfuerzo y Deformación*. Retrieved from <https://es.slideshare.net/yohandryRodriguez/esfuerzo-y-deformacion-33984306>
- Rugg, J. (2000). Defining the place of burial: What makes a cemetery a cemetery? Mortality,.
- Ruiz, J., Moreno, L., López, J., De la Losa, A., & Jiménez, M. (2013). *Hidrología y cementerios: manual sobre idoneidad hidrogeológica para el emplazamiento de cementerios*. España: Instituto Geológico y Minero de España.
- Sampieri Hernández, R. (2014). *Metodología de la Investigación. Sexta Edición*. Mexico: McGranhill.
- Sandford, M., & Weaver, D. (2000). Trace elements resarch in anthropology: new prespectives and challenges .
- Santarsiero, A., Minelli, L., Cutilli, D., & Cappiello, G. (2000). Hygienic aspects related to burial. . *Microchemical Journal* 67:135–139.
- Schmidt, W., & Symes, S. (2015). *The Analysis of Burned Human Remains*. London: ELSEVIER. Second Edition.
- SecretariaDelAmbiente. (2020). Causas del Cambio Climático - Cuantificación de Emisiones. Ecuador: <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/cambio-climatico/diagnostico>.
- ServicesFunérairesVilledParis. (2017). *Etude sur l’empreinte environnementale des rites funéraires: INHUMATION VS CRÉMATION*. Retrieved from [https://www.funeralnatural.net/sites/default/files/articulo/archivo/inhumation\\_cremation\\_sfvp.pdf](https://www.funeralnatural.net/sites/default/files/articulo/archivo/inhumation_cremation_sfvp.pdf)
- Shubb, K. (2001, Noviembre). Environmental Management and the Mitigation of Natural Disasters: a Gender Perspective. Division for the Advancement of Women (DAW), International Strategy for Disaster Reduction (ISDR),.
- Sigala, A., & Ruiz, R. (2019). *Tipos de Arena Utilizados en la Fundición*. Retrieved from [https://www.academia.edu/19030719/Tipos\\_de\\_Arena\\_Utilizados\\_en\\_la\\_Fundicion](https://www.academia.edu/19030719/Tipos_de_Arena_Utilizados_en_la_Fundicion)
- Sillen, A. (1989). Diagenesis of the inorganic phase of cortical bone.
- SOLIDBI. (2020). *SOLIDWORKS. Qué es y para qué sirve*. Retrieved from <https://solid-bi.es/solidworks/>

## DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO

---

- Spennemann, H. (1999). No room for the dead. *Anthropos*.
- Spongberg, A., & Becks, P. (2000). Inorganic soil contamination from cemetery leachate. *Water, Air and Soil Pollution*,.
- Sui, W. (2005). Culture and design: A new burial concept in a densely populated metropolitan area. *Design Issues*.
- Sutter Esquenet, P. (1984). CAMPESINADO Y TECNOLOGIA. *TECNICAS TRADICIONALES EN TIERRA EN LA CONSTRUCCION*. Flacso Quito-Ecuador .
- Tartera, J. (2008). Componentes de las arenas de moldeo (Parte I). FUNDI. [https://pedeca.es/wp-content/uploads/2012/02/FUNDIPRESS\\_04.pdf#page=36](https://pedeca.es/wp-content/uploads/2012/02/FUNDIPRESS_04.pdf#page=36).
- Tchobanogolus, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1994). Gestión integral de residuos sólidos. . Madrid: Ed. McGrawHill. 1107p. .
- Terregal, E. (2018). *El Terregal* . Retrieved from <https://es.slideshare.net/rayo2882/relacion-carbono-nitrgeno-en-compostas>
- TextosCientificos. (2020). CAPTURA DE CARBONO -CO2. <https://www.textoscientificos.com/node/887>.
- Trancho, G. (2010). Análisis antropológico de las necrópolis de cremación. Madrid: Departamento de Zoología y Antropología Física.Facultad de Biología. Universidad Complutense.
- Velasco Rivera, A., & Minota Zea, Y. (2012, Mayo 30). ASSESSMENT BY SOIL POLLUTION BORDERING BURIAL GROUNDS JARDINES DEL RECUERDO AND INMACULADA. Bogotá, Colombia: Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.
- Vivancos, J., Collado, D., Bastante, M., Gómez, T., & Capuz, S. (2005). ANÁLISIS DE DIVERSAS METODOLOGÍAS DE EVALUACIÓN DEL IMPACTO DEL CICLO DE VIDA. Málaga, España: Universidad Politécnica de Valencia. Departamento Proyectos de Ingeniería.
- Vodopivec, C. (s,f). ANÁLISIS SOBRE CÓMO CONTAMINAN LAS NAPAS FREÁTICAS LOS ATAQUES DE MADERA. *Evaluación de Impacto Ambiental (E.I.A) en Cementerios y Contaminación de Aguas Subterráneas*. Argentina: OMS & Agencia Europea de Medio Ambiente.
- Williams, A., Temple, T., Pollard, S., Jones, R., & Ritz, K. (2009). Environmental Considerations for Common Burial Site Selection After Pandemic Events. In K. Ritz, & e. all, *Criminal and Environmental Soil Forensics*. Springer Science + Business Media .
- Young, , C., Blackmore, K., Leavens, A., & Reynolds, P. (2002). Pollution potential of cementeries. Bristol: Environment Agency. .



**DISEÑO Y ELABORACIÓN DE URNAS CENIZARIAS BIODEGRADABLES COMO PROPUESTA  
SOSTENIBLE ANTE LA CONTAMINACIÓN DEL SECTOR FUNERARIO**

---

Zaldumbide, L. (2012). LOS ESPACIOS DE LA MUERTE EN QUITO: SITIOS DE INHUMACIÓN Y CAMPO FUNERARIO . Quito, Ecuador : FACULTAD LATINOAMERICANA DE CIENCIAS SOCIALES, SEDE ECUADOR - FLACSO.

Zychowski, J., & Bryndal, T. (2015). Impact of cemeteries on groundwater contamination by bacteria and viruses. *Journal of Water and Health*.