

**SANITARIO SECO ECOLÓGICO COMO SISTEMA ALTERNATIVO DE
SANEAMIENTO BÁSICOMÓVIL**

**ANDRÉS FELIPE COLMENARES
C.C. 1.032.383.841-CODIGO: 610664
EDGAR EDUARDO JIMÉNEZ HURTADO
C.C. 1.032.428.451-CODIGO: 620088**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
INGENIERO CIVIL
BOGOTÁ D. C.
2012**

**SANITARIO SECO ECOLÓGICO COMO SISTEMA ALTERNATIVO DE
SANEAMIENTO BÁSICO MÓVIL**

**ANDRÉS FELIPE COLMENARES
C.C. 1.032.383.841-CODIGO: 610664
EDGAR EDUARDO JIMÉNEZ HURTADO
C.C. 1.032.428.451-CODIGO: 620088**

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Civil

Director:

Ingeniero Camilo Torres

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
INGENIERO CIVIL
BOGOTÁ D. C.
2012**

La presentación del presente trabajo constituye para nosotros un importante escalón en nuestra vida personal y profesional; no hubiera sido posible llegar hasta este punto sin el apoyo en primer de nuestras familias, así como de nuestros verdaderos amigos.

A los docentes de la Universidad Piloto en general y en particular a nuestro Director de Proyecto queremos agradecer de manera especial por la generosidad con la que compartieron con nosotros sus conocimientos y nos orientaron en la toma de las decisiones correctas que debimos tomar en este proceso.

También deseamos agradecer a las personas que contribuyeron en el proceso constructivo, así como a las personas que nos hicieron no pocas sugerencias de detalles que en suma hoy se reflejan en una solución que esperamos resulte útil en el propósito de ofrecer una solución sostenible al problema planteado.

Y por supuesto a Dios, el creador de todo y en cuyas mano pusimos todo aquello que escapó de las nuestras.

Andrés Felipe y Eduardo

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	11
1.1. ORIGEN DE LA PROBLEMÁTICA	11
1.2. EL PROBLEMA MUNDIAL DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS	12
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.4. OBJETIVOS	17
1.4.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.	17
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	17
1.6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	19
1.7. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.....	19
1.8. HIPÓTESIS DE ESTUDIO	22
2. MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SANITARIOS SECOS	23
2.2. LA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS EXCRETAS HUMANAS.....	24
2.3. LA FIBRA DE VIDRIO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	26
3. METODOLOGÍA.....	31
3.1. DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS	31
3.2. CRITERIOS GENERALES.....	32
3.3. CRITERIOS PARA EL MUEBLE Y LA CÁMARA	34
3.4. CRITERIOS APLICABLES A LAS PAREDES	35
3.5. CRITERIOS APLICABLES AL TECHO	36
3.6. MATERIAL DE SECADO	36
3.7. MANEJO DE DESECHOS.....	37

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	39
4.1. PASOS DESCRIPTIVOS DEL SANITARIO.....	51
4.2. PROCESO DE FABRICACIÓN.....	53
4.2.1. CRITERIOS GENERALES	54
4.2.2. CÁMARA.....	55
4.2.3. INODORO.....	56
4.2.4. PAREDES.....	57
4.2.5. TECHO.....	58
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXO 1. MANUAL DE OPERACIÓN	68
ANEXO 2. PASOS PARA ARMAR LA ESTRUCTURA Y PANELES DE LA CARPA	
ANEXO 3. FICHA TÉCNICA DE LONA PLASTEXTIL 700	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Criterios de evaluación del proyecto Susana en México.....	21
Tabla 2. Características, propiedades y usos de las fibras de vidrio	27
Tabla 3. Propiedades de diferentes materiales de secado..	¡Error! Marcador no definido.

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Evolución de la población del planeta	12
Figura 2. Sanitario seco con una sola cámara	23
Figura 3. Ciclo de uso de la orina como fertilizante	25
Figura 4. Tapa obturadora	¡Error! Marcador no definido.3
Figura 5. Vista superior del mueble del sanitario.....	53
Figura 6. Tapa obturadora	53
Figura 7. Vista de la cámara en perspectiva 1.	54
Figura 8. Vista de la cámara en perspectiva 2.	54
Figura 9. Fotografía del mueble real en fibra de vidrio.	55
Figura 10. Cámara sin su tapa lateral.	56
Figura 11. Vista lateral de la cámara.....	56
Figura 12. Localización de los ductos en la cámara.....	57
Figura 13. Estructura metálica para la carpa y el techo.....	58
Figura 14. Vista total del sanitario dentro de la carpa.....	59
Figura 15. Perspectiva y vista superior de la carpa externa.	72
Figura 16. Vistas lateral y frontal de la carpa	72
Figura 17. Planos de la cámara.	73
Figura 18. Contenedores de residuos sólidos	74
Figura 19. Contenedor de residuos líquidos.....	75

RESUMEN

En el presente trabajo se presentan los resultados del diseño y construcción de un prototipo de sanitario ecológico seco portátil, con separador de orina, como sistema alternativo de saneamiento básico. A partir de la investigación y experiencias nacionales e internacionales previas se definen en el trabajo los criterios de diseño requeridos para satisfacer la condición de movilidad necesaria para que el sanitario pueda ser trasladado con facilidad de un sitio a otro, con el propósito de ser empleado por personas que se encuentren en condiciones transitorias de emergencia tales como inundaciones, derrumbes, terremotos, conciertos y otras situaciones similares, y en sitios que carecen de servicios sanitarios convencionales de agua y alcantarillado.

El diseño desarrollado permitió satisfacer los diferentes criterios previamente definidos, incluyendo la selección de materiales y la definición de las condiciones de operación.

Palabras claves: Sanitario, seco, ecológico, móvil.

ABSTRACT

This paper presents the results of the design of a prototype of portable dry ecological toilet with urine separator, as an alternative system of basic sanitation. From research and national and international experiences in previous works, it is defined the design criteria required to satisfy the condition of mobility necessary for the toilet can be moved easily from one place to another for the purpose of being used by people who are in emergency transient conditions such as floods, landslides, earthquakes, concerts and other similar situations, in places lacking conventional sanitation and sewage water.

The design developed allowed meet different design criteria previously defined, including materials selection and definition of operating conditions.

Key words:Toilet, dry, environmentally friendly, mobile.

INTRODUCCIÓN

El trabajo se divide en cinco capítulos; en el primero se precisa la naturaleza del problema a resolver, los objetivos del trabajo, las limitaciones bajo las cuales se desarrolló el proyecto; además se presentan antecedentes de investigaciones previamente desarrolladas que aportan elementos útiles para los propósitos del presente trabajo.

El segundo capítulo contiene el marco teórico en el que se precisan aspectos técnicos que deben tenerse en cuenta en las fases de diseño y construcción. La metodología empleada se describe en el capítulo tres, mientras que los capítulos cuatro y cinco contienen los resultados del trabajo, así como las conclusiones y las recomendaciones que se desprenden de esta experiencia.

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. ORIGEN DE LA PROBLEMÁTICA

La disposición de los desechos humanos se ha convertido cada vez en un problema más importante en la medida en que se ha hecho progresivamente más importante el empleo del agua para la solución de necesidades más vitales; en enero de 2012 la Organización de las Naciones Unidas publicó el documento titulado El Futuro que Queremos, en el marco del 20° aniversario de la Conferencia de Río. Dentro de los puntos mencionados el organismo multilateral se refiere a este problema en los siguientes términos: “Hacemos un llamamiento a los países a avanzar la aplicación del programa de acción mundial para la protección del medio ambiente marino de actividades terrestres, incluyendo más capacidad y un plan de movilización de recursos para inversión en tratamiento de aguas residuales y desechos humanos y desarrollar una acción global para combatir la contaminación y los desechos marinos” (ONU, 2012, pág. 12).

De hecho, en algunos países europeos como Francia, Italia y Australia en la actualidad, la costumbre de la ducha diaria ya no existe y ésta se realiza con menor frecuencia que lo acostumbrado en países como Colombia en donde es parte de la rutina diaria; de hecho en la biografía de Napoleón Bonaparte se destaca como si se tratara de un hecho insólito que su esposa Letizia era una mujer escrupulosamente limpia, y obligaba a sus hijos a bañarse todos los días. (Cronin, 2003). El problema es más crítico cuanto mayor es la distancia a que se encuentren las instalaciones de alcantarillado, por lo cual en zonas rurales de casi todos los países se requiere contar con una solución eficaz para este problema.

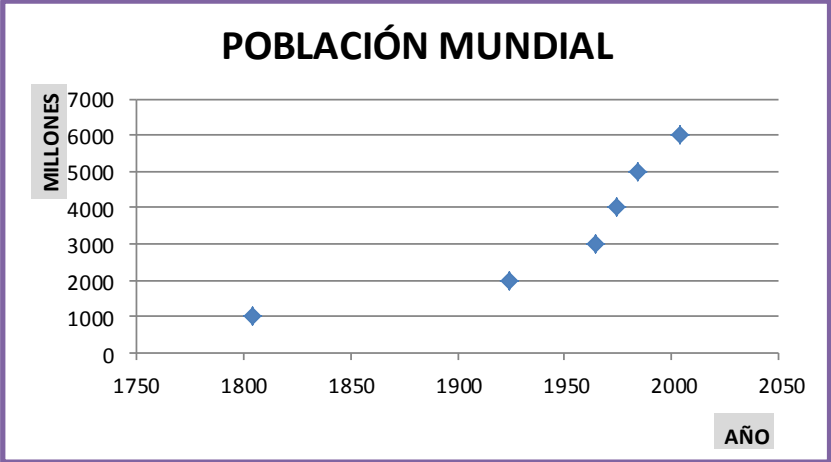
Los sanitarios secos han sido una solución empleada en diferentes países como México, China, Alemania, Guatemala, España, Dinamarca, Chile y Venezuela (Planet, 2010), tal como se expone más adelante dentro del presente documento; sin embargo, hasta ahora los diseños desarrollados son de tipo fijo, pues están anclados al piso para ser usados siempre en el mismo sitio. Existen situaciones en las que se requiere disponer de sistemas de saneamiento que puedan trasladarse de un sitio a otro, como en caso de

escenarios en donde se presentan situaciones de emergencia, conciertos y otros eventos que congregan transitoriamente a grandes cantidades de personas que requieren de sistemas de saneamiento básico. El presente trabajo busca evaluar materiales y características de diseño que permitan la construcción de sanitarios secos móviles, de manera que puedan trasladarse fácilmente de un sitio a otro conservando las demás ventajas de los sanitarios secos fijos.

1.2. EL PROBLEMA MUNDIAL DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS

La ONU señala que se calcula que hace aproximadamente 2000 años los habitantes de la tierra serían más o menos unos 200 millones y no fue hasta 1804 cuando se llegó a los 1000 millones de personas.

Figura 1. Evolución de la población del planeta

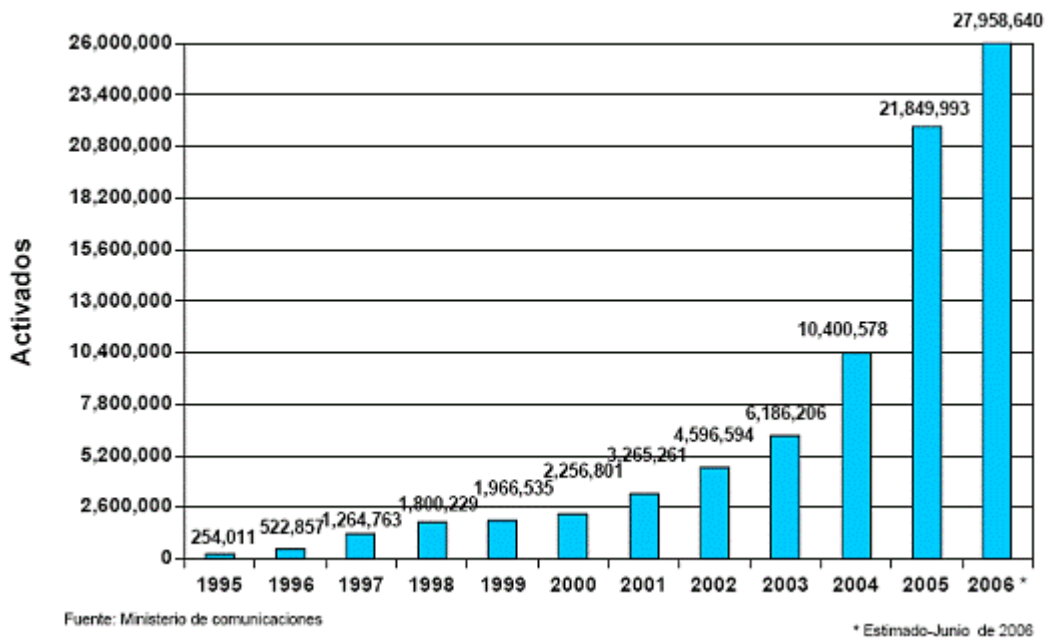


Fuente de los datos: Naciones Unidas.

De acuerdo con esta proyección se calcula que en 1927 existían aproximadamente 2000 millones de personas. (123 años después) en 1960 existían aproximadamente 3000 millones de personas (33 años después) en 1974 existían 4000 millones de personas aproximadamente (14 años después) en 1987 existía 5000 millones de personas aproximadamente (13 años después) y en 1999 existían 6000 millones de personas, según los datos de la ONU (Organización de las Naciones Unidas, 2001).

Con la población en aumento también aumentan los diferentes problemas que conlleva suplir las necesidades fundamentales y servicios básicos de grandes ciudades en diferentes sociedades. Además, la situación implica que todos los desechos, productos o sustancias que se produzcan de esas diferentes masas, tendrán que ser soportados en el medio o entorno que los rodee, incluyendo ríos y quebradas.

Evolución de la población en Colombia.



Fuente de los datos: Ministerio de comunicaciones.

Cuando el crecimiento de las ciudades no se produce en forma ordenada, las ciudades no están preparadas para albergar sus habitantes creando las urbanizaciones ilegales que en muchas ocasiones generan destrucción y degradación de áreas naturales; además, que no siempre se permite desarrollar oportunamente los elementos necesarios para sostener estos asentamientos, presentándose dificultades para construir la infraestructura física y de servicios (tender redes de agua y alcantarillado, construir vías, recolectar y disponer la basura) y social (hospitales, escuelas, áreas verdes, espacios públicos), con lo que se conforma buena parte de los mayores problemas ambientales. A lo anterior se añade la creciente congestión vehicular, que deteriora la calidad de aire por las emisiones tóxicas, problemas que afectan no sólo a los grupos más pobres de la población sino indistintamente todos los estratos socioeconómicos. (Gómez, 2011)

De acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, los residuos sólidos son otro problema en las sociedades actuales y se deriva de todos los productos de consumo que hacen parte del sistema de vida de muchas sociedades del siglo XXI (Organización de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2006). Estos productos de desecho son conocidos vulgarmente como basuras, aunque ese término se refiere mejor a aquellos desechos a los que no es posible darles un destino diferente a botarlas. Los residuos sólidos incluyen todos aquellos que se pueden reciclar para darle un nuevo uso, por ejemplo como materia prima para la fabricación de otro elemento nuevo y útil.

El promedio de basura originado por una persona por día en los países con mayor desarrollo es más o menos de dos kilos (Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003); esto significa por ejemplo, que en una población habitada por 10.000 habitantes se estarían produciendo aproximadamente 7.300 toneladas de basura en el año. Lo anterior deriva en varias situaciones para una ciudad: la disposición de las basuras en un sitio definitivo en donde no generen contaminación, el medio de transporte para su traslado, combustible, operarios para la manipulación y mantenimiento de las plantas procesadoras. Toda esta cadena de administración de las basuras ocasiona grandes costos y gastos para las poblaciones.

De acuerdo con un estudio realizado en México, solamente en envases plásticos se tiran en las calles 90 millones de toneladas al año (Centro de Comercio Internacional UNCTAD/OMC, 1998). En Colombia se producen cerca de 23 mil toneladas diarias de basura (Chaves, 2001), mientras que Bogotá produce diariamente unas 4,800 toneladas, en Antioquia, el área Metropolitana produce 2,400 toneladas diarias, de las cuales 1,800 son producidas por Medellín. El municipio de Bello, uno de las dos poblaciones donde está asentado el relleno sanitario Curva de Rodas, produce sólo 160 toneladas diarias de residuos sólidos. Cali produce, por su parte, 1,500 toneladas diarias, mientras que Barranquilla produce 900 y Cartagena 800 toneladas diarias. En total se estima que en el

Departamento de Caquetá se generan en promedio cerca de 125,3 ton/día de residuos equivalentes a 45,727.2 toneladas al año. (Chaves, 2001)

La producción de contaminantes atmosféricos por cuenta de la incineración también es bastante alta. Corregir esa situación exige poner en práctica lo que algunos denominan la consigna de las tres erres: reducir, reutilizar y reciclar. “Sólo después se debería pensar en la disposición” (Chaves, 2001, pág. 17).

Por otro lado, la posibilidad que ofrece la tecnología digital actual de descargar gratuitamente videos y música a través de Internet, ha hecho que los artistas deban enfocar su trabajo a la realización de conciertos más que a la producción de discos, lo que lleva a realizar una gran cantidad de eventos musicales, algunos de los cuales se celebran en sitios que no disponen de instalaciones sanitarias; así mismo, de manera permanente se presentan situaciones de emergencia como derrumbes, inundaciones, etc. En casos como los anteriores se requiere disponer de instalaciones sanitarias móviles, además estos equipos pueden ser muy útiles en campamentos que se instalan en regiones apartadas, en donde se adelantan obras de ingeniería propias, especialmente de países en fase de desarrollo como Colombia.

Los autores de esta investigación están convencidos que los proyectos que emprenda el hombre en el futuro, inclusive aquellos que buscan contribuir al manejo de problemas actuales relacionados con los recursos naturales, como es el caso de los sanitarios secos, deben procurar avanzar permanentemente hacia nuevos diseños que contribuyan a que las diferentes actividades humanas sean cada vez más amigables con el medio ambiente. Por esta razón se proponen construir un prototipo de sanitario seco móvil que permita que las ventajas generadas por los sanitarios secos fijos sean viables en condiciones en las que su uso sea temporal.

Por último, la disposición de los residuos generados por los humanos ha sido resuelta tradicionalmente transportándolos a través de los sistemas de alcantarillado hasta los ríos

u otros cuerpos de agua cercanos a las concentraciones urbanas, en la mayoría de los casos sin que medie un tratamiento que permita separar tales residuos del agua que se emplea para su transporte. De esta manera, estos residuos orgánicos son una fuente de contaminación adicional a las demás que el hombre ocasiona, sin que se haya logrado diseñar una solución eficiente que sustituya esta práctica. Si bien, este no es el propósito central del presente proyecto, en la medida en que se encuentre una forma en la que se pueda disponer de los residuos generados por los sanitarios secos móviles, pueden surgir opciones que eventualmente contribuirían a responder la pregunta de qué hacer con los residuos humanos.

Por otro lado, uno de los principales problemas que deben afrontar los profesionales de la salud en sitios en donde se han presentado desastres consiste en el control local de las heces y la concentración de los desechos humanos en áreas donde se puedan manejar adecuadamente (Centers for Disease Control, 1192), con el fin de controlar la diseminación de las excretas en el agua y el suelo, así mismo reducir el riesgo de enfermedades transmisibles (Lillibridge, 2000). Fue así como desde 1950 la Organización Mundial de la Salud (OMS), consideró que el saneamiento ambiental incluía el control de los sistemas de abastecimiento de agua, eliminación de excretas, aguas residuales, basura, vectores, condiciones de vivienda, suministro y manipulación de alimentos. Posteriormente en los años 80, el saneamiento fue definido como el “conjunto de medios para recoger y eliminar las excretas y aguas residuales de la colectividad de una manera higiénica, para no poner en peligro la salud de las personas y de la comunidad, y que la provisión de instalaciones sanitarias para la evacuación de excretas, debían ser componentes esenciales en todo programa de control de parasitosis intestinal” (Fritche, Martínez, Hernández, & Guerrero, 2006).

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Qué características debe tener un sanitario seco portátil móvil, para atender efectivamente los problemas ambientales y de salubridad, que se puedan presentar en situaciones de emergencia y/o lugares que carezcan de redes de alcantarillado?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general.

Proponer un prototipo de sanitario seco portátil, y el cual funcione como un sistema de saneamiento básico alternativo en situación de emergencia.

1.4.2. Objetivos específicos.

1. Determinar las especificaciones técnicas apropiadas para la elaboración y funcionalidad del sanitario seco ecológico portátil, teniendo en cuenta materiales alternativos y resistencia de la estructura propuesta.
2. Definir un diseño que cumpla con condiciones de portabilidad, resistencia y privacidad en la estructura para su adopción y uso en situación de emergencia.
3. Construir un prototipo para evaluar las características de funcionalidad.
4. Establecer un manual de operación del sistema propuesto.
5. Proponer alternativas de manejo y disposición de residuos subproducto de la operación correcta del sistema.

1.5. JUSTIFICACIÓN

Los sanitarios secos han sido hasta ahora, una solución que permite el acceso a programas de saneamiento en regiones normalmente apartadas de las zonas urbanas, con el propósito de hacer un uso racional del agua, producir alimentos, evitar la contaminación del suelo y del agua, todo lo cual evita las consecuencias negativas que sobre la salud comunitaria puede tener el empleo de sanitarios convencionales o la disposición desordenada de los residuos humanos en dichas zonas. Por otro lado, existen situaciones transitorias en las que se presenta concentración de grupos humanos más o menos numerosos que requieren de servicios sanitarios, como sucede en campamentos para la ejecución de obras en lugares desprovistos de instalaciones de acueducto y/o alcantarillado, conciertos, situaciones de emergencia (derrumbes, accidentes, etc.) y otros eventos; la Organización Panamericana de la Salud OPS recomienda este tipo de soluciones en condiciones de emergencia, especialmente cuando éstas se presentan en zonas con alto nivel freático. (OPS, 2005)

En la actualidad existen equipos sanitarios móviles que emplean productos químicos neutralizantes que permiten atender las necesidades generadas por estas concentraciones temporales de personas. Sin embargo, esos productos químicos normalmente constituyen una fuente adicional de contaminación, lo cual puede evitarse si se aplica la misma técnica de manejo de residuos que se utiliza actualmente en los sanitarios secos fijos.

La realización del proyecto constituirá por lo tanto, un aporte a la reducción de las fuentes de contaminación de la sociedad moderna. Sin embargo no se trata de una solución sencilla dado que estos aparatos deben ser, no solamente muy higiénicos y de buena presentación sino que deben ser livianos, tener unas condiciones que permitan resistir las condiciones de uso por varios años y disponer de un sistema de manejo de residuos que sea práctica, segura desde el punto de vista sanitario y al mismo tiempo económica. El desarrollo del proyecto constituye un reto desde el punto de vista de la Ingeniería Civil.

Los resultados de la presente investigación permitirán a las personas que se encuentren en situaciones de emergencia resolver de manera digna unas de sus necesidades básicas

propias de su condición humana; al mismo tiempo, se logrará que las zonas en que se presenten tales situaciones, no sufran ningún fenómeno de contaminación, debido al mal manejo de los excrementos humanos.

1.6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

El trabajo se desarrolló en la ciudad de Bogotá entre el segundo semestre de 2011 y el primer semestre de 2012. La construcción del prototipo se realizó a partir de los diseños definidos empleando los servicios de una pequeña empresa especializada en la construcción de muebles de fibra de vidrio de la ciudad, así como de otros proveedores locales de los demás materiales.

El enfoque del siguiente trabajo está dirigido al diseño y construcción de un prototipo de sanitario seco portátil móvil. Metodológicamente se buscó utilizar el conocimiento desarrollado por investigaciones previas desarrolladas en diferentes países sobre el empleo de sanitario seco ecológico y aplicar nuevos criterios de diseño que facilitaron la construcción de un modelo que fuera portátil, como característica diferenciadora del presente trabajo.

1.7. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

La Universidad del Norte, de Barranquilla, publicó en 2007 el documento titulado Tecnologías en Tratamientos de Aguas Residuales para el Sector Rural. De acuerdo con este documento, el objetivo número 7 definido por la Organización de las Naciones Unidas para el milenio consiste en garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, objetivo que incluye dentro de sus metas, reducir a la mitad, para el año 2015 el porcentaje de personas que carezcan de acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento, así como haber mejorado considerablemente, para el año 2020, la vida de por lo menos 100 millones de habitantes de tugurios (Universidad del Norte,

2007). Frente a estas metas, el empleo de sanitarios secos aportan numerosas ventajas que han sido experimentadas, de acuerdo con ese documento, en países tan diversos como Zimbabue, Mozambique, Malawi, Vietnam, India, Filipinas, El Salvador, Bolivia, Perú, México, China, Suecia y Colombia.

En Colombia, ese trabajo de la Universidad del Norte presenta casos de las ciudades de Bogotá, Barranquilla y el municipio de Sosa. El documento presenta resultados sobre la reducción progresiva de patógenos en la materia fecal procesada y dentro de sus conclusiones menciona que la separación de heces fecales y orina es clave; recomienda el uso de cal, mezclar semanalmente el tanque de secado con cal adicional, plantea que el sanitario seco no debe concebirse como una alternativa ante la pobreza sino como una solución real a un problema mundial, sugiere que la humedad en el tanque de heces fecales debe evitarse y que se disminuye el consumo de agua a la mitad. Así mismo, plantea que para muchos el producto seco de los sanitarios secos no debe ser usado como abono por la presencia de parásitos, y explica que la capacitación del nuevo usuario de estos sanitarios debe ser muy repetitiva.

En la Universidad de los Andes se publicó en 2008, un trabajo que identifica y analiza cómo las representaciones sociales de las comunidades del barrio Brisas del Poblado ubicadas Quibdó y los habitantes del barrio Candamo, en el municipio de Tumaco, orientan y organizan las conductas individuales, familiares y comunitarias para la disposición de sus excretas y se realiza a partir de la instalación de sanitarios ecológicos secos, que realizan dos ONG. La investigación determina que se debe comprender la lógica del pensamiento de las comunidades antes de iniciar la ejecución de los proyectos de intervención en saneamiento básico y promoción de la higiene, lo cual permitirá a los promotores, diseñar un proceso de educación en salubridad e iniciar procesos de objetivación que medien entre la utilización de los satisfactores tradicionales, los nuevos y los diferentes. (Delgado, 2008)

Ana Karina Montes, presentó en 2009, una investigación cualitativa cuyo resultado permitió hacer una aproximación a los cambios generados gracias al uso de esta

alternativa; de acuerdo con este estudio, la implementación de los sanitarios secos debe contar con la apropiación y organización de las comunidades a partir de la familia. Siendo Chorrillos una zona de inundación del río Bogotá que cuenta con un nivel freático alto, la construcción y masificación de sanitarios secos genera impactos positivos en la calidad de vida de los habitantes y la calidad ambiental del sector, planteando una relación favorable para los habitantes de la comunidad entre la salud y el ambiente. Este tipo de alternativas permite la reincorporación de nutrientes borrando la idea de desechos o residuos y sustituyéndola por subproductos o biosólido. (Montes, 2009)

La Alianza de Saneamiento Sostenible presentó en diciembre de 2010 la más reciente actualización sobre el proyecto Sanitarios secos con separación de orina en un área rural, Tututepec, Oaxaca, México (Susana, 2010). El proyecto se inició en 2003 y beneficia aproximadamente a 1000 personas; el proyecto ha contado con fases de capacitación y con el respaldo de agencias de apoyo. Los objetivos son la sensibilización comunitaria previa a la construcción de los sanitarios secos con separación de orina, medir el impacto en salud y nutrición en la población beneficiaria, en comparación con familias no beneficiarias, conocer la percepción comunitaria sobre el manejo y disposición de las excretas humanas, a través de estudios etnoantropológicos, e incrementar la disponibilidad de alimentos a nivel de traspatio, utilizando los desechos humanos reciclados. El proyecto tiene definidos unos criterios de sostenibilidad que han sido evaluados, arrojando los resultados que se presentan en la siguiente Tabla.

Tabla 1. Criterios de evaluación del proyecto Susana en México

Criterio de sostenibilidad	Colección y transporte			Tratamiento			Transporte y neutralización		
	+	0	-	+	0	-	+	0	-
Salud e higiene	X				X		X		
Medio ambiente y recursos naturales	X			X			X		
Tecnología y mantenimiento	X				X		X		
Financiamiento y economía			X		X			X	

Socio cultural e institucional	X				X			X	
--------------------------------	---	--	--	--	---	--	--	---	--

Fuente: (Susana, 2010)

Aproximadamente el 80% de las familias beneficiarias se ha apropiado de la tecnología del reciclamiento de las excretas humanas para producir alimentos y se ha logrado observar una tendencia a la disminución de obesidad y presencia de parásitos en escolares de las familias beneficiarias. Desde el punto de vista de educación ambiental y el uso de los recursos locales disponibles, se han traducido en la reducción considerable del uso de agroquímicos, el uso racional del agua y una mayor concientización sobre el uso y conservación de estos recursos.

Los anteriores antecedentes permiten observar que a nivel tanto mundial como nacional existen evidencias de las ventajas que pueden generarse con el empleo de sanitarios secos, y se tienen identificados algunos aspectos claves para el éxito de este tipo de equipos, siendo la capacitación de los usuarios una de las claves para la asimilación de esta nueva cultura. Sin embargo, no se encontraron antecedentes relacionados con la fabricación de sanitarios secos que además sean móviles, como el que se pretende construir en el presente proyecto.

1.8. HIPÓTESIS DE ESTUDIO

Es posible construir un sanitario ecológico seco que pueda ser trasladado fácilmente para atender a las personas que puedan requerir de este servicio en condiciones de emergencia y vulnerabilidad.

2. MARCO TEÓRICO

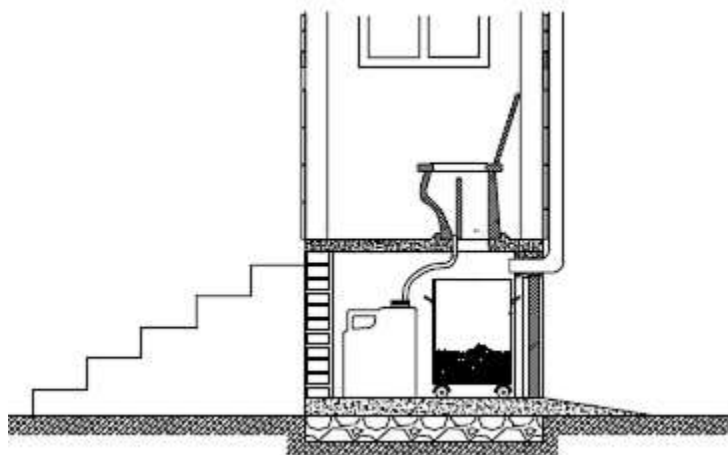
2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS SANITARIOS SECOS

Los sanitarios secos son una alternativa al drenaje y a las letrinas y se caracterizan por ofrecer las siguientes ventajas (Tonantzin, 2008):

1. No utilizan agua.
2. No la contaminan.
3. Son higiénicos.
4. Son sencillos en su construcción.
5. Su mantenimiento es muy fácil.
6. Ocupan poco espacio.
7. Pueden ser instalados dentro y fuera de la casa.
8. No requieren de drenaje

En la Figura 2 se muestra en corte un sanitario seco con separación de orina (SSSO).

Figura 2. Sanitario seco con una sola cámara



Fuente: (Alcancamos, Equipo de Publicaciones, 2004)

Estos sanitarios producen un ahorro de agua que para una familia de cinco miembros puede llegar a más de 150 mil litros de agua al año al no utilizarla para transportar

desechos. Además al transformar el excremento y la orina de una familia, producen unos 500 litros de abono orgánico y 5 mil litros de fertilizante natural al año (Centro de Información Tecnología Alternativa, 2011).

El excremento cae en la cámara y la orina se desvía, al caer en el separador que tiene la taza, y llega a un pozo de absorción o a un garrafón. Posteriormente se disuelve con agua, la proporción que se debe manejar a la hora de la mezcla es de 1:5 para platas adultas y 1:10 para semillas, después puede ser utilizada como fertilizante; la separación de la orina es lo que evita la humedad y los malos olores. El interior de las cámaras debe estar completamente seco, lo cual se logra cubriendo con tierra preparada el excremento después de cada uso del sanitario; esta tierra está previamente con cal o ceniza y se encarga de secar la superficie del excremento, evitando los malos olores y la proliferación de moscas y otros insectos (Castillo, 2002).

2.2. LA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS EXCRETAS HUMANAS

Contrario a lo que se cree o se asume, el excremento humano no es necesariamente un desecho; si se maneja adecuadamente, es un elemento completamente inofensivo y que carece de olor. Las excretas hacen parte de un ciclo que las transforma en nutrientes adecuados para alimentar y sostener a otros seres vivos. (Alcanzamos, 2005)

Cuando se separa la orina se obtiene un fertilizante nutritivo, al mismo tiempo que se protege a los cuerpos de agua de una sobre-fertilización, dado que cuando el cuerpo de agua recibe nutrientes en exceso, como por ejemplo nitrógeno y fósforo, se generan cambios nocivos para el ecosistema. Mientras los nutrientes contenidos en orina y dispuestos de manera directa en ecosistemas acuáticos pueden ser dañinos, los mismo son un fertilizante completo y apto para su aplicación en las plantas, proporcionándoles elementos que ellas requieren para su proceso de crecimiento (Alcanzamos, 2005).

El ciclo de uso de la orina como fertilizante incluye las fases de acopio, transporte, almacenamiento y aplicación, como se ilustra en la Figura 3.

Figura 3. Ciclo de uso de la orina como fertilizante.



Fuente: Adaptado de (Sawyer, 2007)

Los efectos que producen el nitrógeno y el fósforo presentes en la orina son similares a los producidos por los fertilizantes químicos, con la diferencia de que su producción demanda menos energía, lo que los hace más económicos, además de que se trata de un proceso natural que no contamina si afecta la salud humana; adicionalmente, mientras la orina no entre en contacto con las heces, se mantendrá libre de microbios y de patógenos y es una solución pura con niveles bajos de metales pesados, por lo que su uso como nutriente constituye el cierre de un ciclo biológico natural. Antes de usar la orina como fertilizante es recomendable almacenarla por un período superior a un mes con el propósito de que el pH cambie de ácido a básico. (Sawyer, 2007) Sin embargo, el mismo objetivo se puede lograr diluyéndola con agua con la proporción adecuada que es de 1:5 para plantas adultas y 1:10 para semillas, de manera que se puede disponer de ella de manera inmediata como material fertilizante.

2.3. LA FIBRA DE VIDRIO COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Existen múltiples aplicaciones que requieren el empleo de materiales que sean al mismo tiempo livianos y de una resistencia intermedia, dado que no se trata de componentes estructurales de edificios o de máquinas. En el caso de los muebles para sanitarios la resistencia del material empleado es un factor importante y el nivel de exigencia es intermedio dado que no se requiere que soporte fuerzas extremas, aunque sí debe mantener su forma bajo las condiciones normales de uso; la facilidad para el aseo y la buena presentación son características adicionales requeridas en este caso, las cuales también posee la fibra de vidrio (Aitex, 2005).

Otras aplicaciones actuales de la fibra de vidrio son por ejemplo los capots de los tractocamiones, algunas partes del fuselaje de aviones pequeños, así como la fabricación de recipientes que deban contener ciertos productos químicos y/o hacer parte de circuitos eléctricos o electrónicos en equipos de alta tecnología. Esta diversidad de aplicaciones de la fibra de vidrio se debe a que además de su resistencia mecánica, presenta muy buena resistencia al ataque de productos químicos disolventes, a la radiación ultravioleta, al ataque de microorganismos y es inoxidable. Adicionalmente la fibra de vidrio puede moldearse mediante una técnica sencilla, lo que le permite adaptarse a diferentes formas de acuerdo con las necesidades específicas de cada diseño (Aitex, 2005).

Existen varios tipos de fibra de vidrio como son la Tipo E, Tipo AR, Tipo C, Tipo T y Tipo R. En la Tabla 2 se describen las características, propiedades y usos de cada uno de estos tipos de fibras de vidrio.

Tabla 2. Características, propiedades y usos de las fibras de vidrio

TIPO DE FIBRA	DESCRIPCIÓN	PROPIEDADES	APLICACIONES
Tipo E	Fibra inorgánica compuesta de 53-54% SiO ₂ , 14-15.5% Al ₂ O ₃ , 20-24% CaO, MgO y 6.5-9% B ₂ O ₃ , y escaso contenido en álcalis. Este tipo de fibra posee buenas propiedades dieléctricas, además de sus excelentes propiedades frente al fuego. El vidrio tipo E tiene un peso específico de 2.6 g/cm ³	<p>Mecánicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tenacidad (N/tex): 1.30 • Fuerza a la tracción (MPa): 3400 • Elongación hasta rotura (%): 4.5 <p>Térmicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conductividad Térmica (W/m °K): 1 • Resistencia termomecánica: 100% después de 100 h a 200°C <p>Eléctricas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistividad (ohm x cm): 10¹⁴ – 10¹⁵ • Factor de disipación dieléctrica: 0.0010 - 0.0018 a 10⁶ Hz <p>Químicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Absorción de humedad a 20°C y 60% de humedad relativa (%):0.1 • Resistencia a los disolventes: alta • Resistencia a la intemperie y los rayos UV: alta • Resistencia a microorganismos: alta 	<ul style="list-style-type: none"> • Construcción: tejidos para decoración en locales públicos, aislante • Automoción: componentes de vehículos • Deporte: utensilios o aparejos para la practica de deportes, como esquís, canoas, pértigas • Usos industriales: piezas plásticas reforzadas con éste tipo de fibra, componentes para computadores.

TIPO DE FIBRA	DESCRIPCIÓN	PROPIEDADES	APLICACIONES
Tipo AR	La fibra de vidrio tipo AR es una fibra de alto contenido en óxido de zirconio. Este tipo de fibra posee muy buenas propiedades de resistencia a compuestos alcalinos. Tiene un peso específico de 2.68 - 2.7g/cm ³	<p>Mecánicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fuerza a la tracción (MPa): 3.000 – 3.500 • Elongación hasta rotura (%): 4.3 <p>Químicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Absorción de humedad a 20°C y 60% de humedad relativa (%): 0.1 • Resistencia a los disolventes: alta • Resistencia a la intemperie y los rayos UV: alta • Resistencia a microorganismos: alta 	Usos industriales: se utiliza como fibra de refuerzo en morteros a base de cemento, sustitución de amianto en tejados, paneles defachadas, piezas de recubrimiento, de decoración.
Tipo C	Fibra inorgánica compuesta de un 60-72% SiO ₂ , 9-17% CaO, MgO y 0.5-7% B ₂ O ₃ . Se caracteriza por su alta resistencia química, por ello se suele aplicar para aquellos productos donde se necesite dicha propiedad. Tiene un peso específico de 2.5 g/cm ³ .	<p>Mecánicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tenacidad (N/tex): 1.24 • Fuerza a la tracción (MPa): 3100 • Elongación hasta rotura (%): 4 <p>Eléctricas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Factor de disipación dieléctrica: 0.005 a 106Hz <p>Químicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Absorción de humedad a 20°C y 60% de humedad relativa (%): 0.1 • Resistencia a los disolventes: alta • Resistencia a la intemperie y los rayos UV: alta • Resistencia a microorganismos: alta 	Usos industriales: se utiliza para productos donde se necesite una alta resistencia química, para torres de refrigeración, material para techos, tanques de agua, tinas de baño, tubería, barcos

TIPO DE FIBRA	DESCRIPCIÓN	PROPIEDADES	APLICACIONES
Tipo D	La fibra de vidrio "tipo D" es una fibra inorgánica compuesta de un 73-74% SiO ₂ , y 22-23% B ₂ O ₃ . Posee muy buenas propiedades dieléctricas, además de sus excelentes propiedades frente al fuego, su peso específico es de 2.14 g/cm ³ .	<p>Mecánicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tenacidad (N/tex): 1.17 • Fuerza a la tracción (MPa): 2500 • Elongación hasta rotura (%): 4.5 <p>Térmicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conductividad Térmica (W/m °K): 0.8 <p>Eléctricas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Factor de disipación dieléctrica: 0.0005 106 Hz <p>Químicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Absorción de humedad a 20°C y 60% de humedad relativa (%): 0.1 	Usos industriales: se utiliza para componentes permeables a las ondas electromagnéticas, para radares, ventanas electromagnéticas, circuitos impresos de alta gama
Tipo R	La fibra de vidrio "tipo R" es una fibra compuesta de un 60% SiO ₂ , 25% Al ₂ O ₃ , 9% CaO y 6% MgO. Posee buenas propiedades mecánicas y es resistente a la fatiga, temperatura y humedad. Su peso específico es de 2.53g/cm ³ .	<p>Mecánicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tenacidad (N/tex): 1.74 • Fuerza a la tracción (MPa): 4400 • Elongación hasta rotura (%): 5.2 <p>Térmicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conductividad Térmica (W/m °K): 1 • Resistencia termomecánica: 50% después de 150 h a 750 °C <p>Eléctricas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resistividad (ohm x cm): 1014 - 1015 • Factor de disipación dieléctrica: 0.0019 a 105 Hz <p>Químicas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Absorción de humedad a 20 °C y 60% de humedad relativa (%): 0.1 • Resistencia a los disolventes: alta • Resistencia a la intemperie y los rayos UV: alta • Resistencia a microorganismos: alta 	Usos industriales: se utiliza como fibra de refuerzo en palas de helicópteros, componentes en aeronáutica, cisternas de cohetes, misiles, lanza-misiles

Fuente: (Aitex, 2005)

En la Tabla 2 se puede observar que varios de los tipos de fibra de vidrio reúnen las características necesarias para la construcción del sanitario ecológico, siendo los tipos C y E los más adecuados.

Gracias a la resistencia característica de la fibra de vidrio el sanitario se puede fabricar con un espesor de 6 mm; si se fabricara en porcelana, tal como se fabrican los sanitarios fijos convencionales, se debería hacer de un espesor mayor, lo que lo haría más pesado, considerando que la densidad volumétrica de los dos productos es similar (entre 2.5 y 2.6 g/cm³) (Galán & Aparicio, 2006), lo que dificultaría su transporte. Adicionalmente el proceso de fabricación de la fibra de vidrio es más sencillo que el de la cerámica, teniendo en cuenta que no requiere de proceso de horneado, lo que además, hace que en últimas el sanitario hecho con este material resulte mucho más económico, con lo cual la fibra de vidrio satisface las condiciones necesarias para fabricar un sanitario ecológico móvil.

Contenido nutritivo de las excretas humanas:

Excreta	Nitrógeno	Fósforo	Potasio
Orina	5 kg/lt	0.4 kg/lt	0.9 kg/lt
Heces fecales	0.1 kg/lt	0.2 kg/lt	0.2 kg/lt

La transformación de las excretas que se pueden dar en los baños secos:

1) **Deshidratación:** Reducir los niveles de humedad por medio de la evaporación o adición de material secante nombrado anteriormente. Esto es una forma de destruir los microorganismos patógenos, ya que elimina la humedad que requieren para sobrevivir.

No debe agregarse agua, materia vegetal húmeda, ni papel higiénico a la cámara de tratamiento y requiere de la separación de la orina. Es resultado de esto es un material rico en nutrientes, carbón y materia fibrosa. El proceso no genera malos olores ni moscas debido a la falta de humedad (no es compost).

2) **Descomposición:** Es un proceso biológico complejo en el que las sustancias orgánicas resisten un proceso de mineralización y se convierten en compost. Requiere de niveles de humedad altos, una proporción de carbón y nitrógeno específico, una temperatura mayor a los 60°C y un período de retención de 8 a 12 meses.

3. METODOLOGÍA

Teniendo en cuenta que el objetivo central del trabajo fue desarrollar un sanitario seco que fuera portátil, lo primero que se hizo fue investigar con bases de datos de publicaciones científicas (como la Biblioteca Científica –SciELO, el Sistema Regional de Información en Línea para Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal Latindex, el Directory of Open Access Journal DOAJ, el Acceso en línea de recursos ambientales OARE, entre otras), con el propósito de establecer la situación actual o estado del arte de las investigaciones relacionadas con este tipo de soluciones. El propósito de actuar de esta manera fue aprovechar el desarrollo alcanzado hasta ahora en ese tema en lugar de partir de cero y enfocarse en la forma de aprovechar ese conocimiento para lograr un diseño portátil.

A partir de esta investigación previa, se estableció que la definición de los criterios de diseño generales así como los de cada componente del sanitario serían la clave para lograr el diseño pretendido; en los numerales 3.2 a 3.7 se presentan los criterios generales, los del mueble y la cámara, las paredes, el techo, el material de secado y el manejo de los desechos. Tal como se expone en los antecedentes de la investigación contenidos en el Capítulo 1 del trabajo, los sanitarios ecológicos secos ya se han probado con bastante éxito tanto en Colombia como en otros países; sin embargo el hecho de que debiera ser portátil exigió modificar varias características tanto de diseño como de operación con respecto a los sanitarios instalados en condición fija, tal como se explica en los criterios de diseño que se presentan en el presente capítulo.

3.1. DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS

Para el desarrollo de los objetivos se procedió en primer lugar a investigar los hallazgos publicados a partir de investigaciones hechas previamente en otros países, con el

propósito de determinar las características generales que debe tener un sanitario ecológico seco con separador de orina. Teniendo en cuenta que el propósito principal era lograr un diseño que lo hiciera móvil, el siguiente paso fue definir los criterios generales necesarios para satisfacer ese criterio de movilidad, así como los criterios de cada uno de los componentes del SES.

Definidos estos criterios, se procedió a hacer los diseños de cada una de las partes, incluyendo la definición de los materiales apropiados para cumplir los criterios de diseño y seleccionar en el mercado local proveedores idóneos para la construcción del prototipo, lo que implicó la modificación de algunos de los diseños planteados en el papel para ajustarlos a las condiciones prácticas observadas durante el proceso; paralelamente se avanzó en la investigación de los procedimientos que deben tenerse en cuenta para la operación del sanitario y para la disposición final de los residuos. Una vez construido el prototipo, se procedió a la redacción de las experiencias aprendidas durante las diferentes fases del proceso y del manual de operación del SES portátil.

3.2. CRITERIOS GENERALES

Para el proceso de diseño se definieron algunos criterios generales que debe cumplir el sanitario seco a desarrollar, así como otras características específicas de cada uno de los componentes que lo integran. Las características generales que deben satisfacerse mediante el diseño, son las siguientes (AIB International, 2010):

- Móvil: el sanitario debe poder trasladarse fácilmente desde un sitio de uso a otro, lo que implica que no se ancle de manera permanente al terreno en donde se instale, con el propósito de que pueda desmontarse de manera rápida; el sanitario debe poder transportarse fácilmente, ocupando el menor volumen posible, con el propósito de que su transporte sea económico y requiera que el menor número de personas posible, intervenga en su traslado de un sitio a otro.

- Liviano: el sanitario debe tener el menor peso posible, por lo que deben emplearse materiales que cumplan con los requerimientos de diseño de menor densidad y tamaño.
- Fácil de armar y desarmar: es deseable que el sanitario requiera el empleo de la menor cantidad de herramientas y habilidades técnicas para ser armado y desarmado, de manera que cualquier persona no experta pueda encargarse de su montaje.
- Adaptable a diferentes condiciones climáticas: teniendo en cuenta que el sanitario debe atender necesidades generadas en situaciones variables como derrumbes, emergencias, conciertos, entre otros, el diseño debe incluir características y materiales que permitan emplearlo en condiciones tanto de clima frío como caliente, así como bajo condiciones de tiempo seco como de lluvia. Este requerimiento implica el empleo de material impermeable para la fabricación de sus partes externas, las que al mismo tiempo deben evitar que se incremente demasiado la temperatura interna cuando se instale en áreas soleadas.
- De fácil mantenimiento: para la descarga de los desechos debe lograrse un diseño que haga de esta tarea algo fácil, sin herramientas o conocimientos especializados, y que al mismo tiempo garantice las condiciones de higiene y seguridad biológica y con fácil acceso para la descarga de los desechos.
- Seco, con separador de orina: el sanitario debe poder usarse tanto por hombres como por mujeres, ofreciendo a las personas de los dos géneros condiciones de comodidad e higiene.
- Con intimidad: las características de diseño de las paredes, del techo, de la puerta y demás elementos deben ofrecer condiciones de absoluta intimidad para los usuarios.
- De buena presentación: el diseño de todos los elementos debe tener buenos acabados y una apariencia similar a los sanitarios convencionales, de manera que se evite el rechazo de los usuarios.

- Con buena ventilación: debe garantizarse que el diseño permita la fácil evacuación de los malos olores que pueden presentarse en todos los sanitarios, para lo cual debe garantizarse el adecuado manejo de la circulación del aire.
- Económico: dado que el servicio estará dirigido al público en general, los costos de fabricación y operación deben optimizarse para que sea viable con la menor inversión posible.

Algunos de los criterios aquí contenidos fueron definidos con base en el criterio de los autores por considerarlos lógicos (Fritche, Martínez, Hernández, & Guerrero, 2006).

3.3. CRITERIOS PARA EL MUEBLE Y LA CÁMARA

Las características específicas a tener en cuenta para el diseño del mueble y de la cámara para el manejo de desechos son las siguientes:

- Resistente al peso: por sus materiales y diseño deben resistir el peso normal de cualquier persona adulta, de hasta 120 kilos.
- Cómodo: la altura del mueble, su forma y la manera como se accede a su uso deben ser ergonómicas y proporcionadas.
- Liviano: el peso del mueble no debe exceder los 25 kilogramos, que es un peso que puede ser levantado por una persona adulta en condiciones normales. (Fernández, 2008)
- Teniendo en cuenta las condiciones generales previamente señaladas, el mueble y la cámara deben ser de fácil mantenimiento, de fácil acceso para descarga, de buena presentación, económicos y aptos para diferentes condiciones climáticas.

- La bolsa que irá en la cámara debe tener capacidad suficiente para contener el material generado durante 45 días, de manera que este tiempo permita reducir los costos de manipulación y a su vez dar un manejo higiénico a los residuos, teniendo en cuenta el tiempo necesario para que se convierta en un fertilizante nutriente para el suelo.
- Los residuos recogidos en la cámara serán trasladados cada 45 días (en un promedio de uso de 4 a 5 personas diarias), a un contenedor en el que permanecerán durante seis meses adicionales, tiempo en el que puede procederse a su disposición final; durante este período permanecerán cubiertos por el material secante, esto con el fin de que cumpla su ciclo de procesamiento.
- El contenedor de orina debe ser una pimplina plástica con una capacidad promedio de 5 litros; de esta manera se podrá recoger la cantidad generada aproximadamente cada dos días para proceder a su disposición final, fase en la que puede diluirse con agua, en la siguiente escala de proporciones, (1:5 para planta adultas y 1:10 para semillas) a fin de reducir su acidez y aprovechar mejor los nutrientes que contiene.

Un criterio adicional, deseable más no indispensable, es que dentro de la cámara se puedan guardar y transportar todos los componentes del sanitario, incluyendo las paredes y el techo. Sin embargo, este propósito debe estar condicionado a que se cumplan los demás criterios de diseño y puede omitirse en caso de que impida que se cumpla alguno de ellos (Fritche, Martínez, Hernández, & Guerrero, 2006).

3.4. CRITERIOS APLICABLES A LAS PAREDES

- Las paredes deben ser de un material muy liviano y no se requiere que resistan fuerzas verticales o laterales mayores a las ejercidas por el viento, por lo que pueden evaluarse materiales como lona, plásticos, aglomerados tipo drywall, entre otros.
- Las paredes deben ser lavables y resistentes a la lluvia y/o al sol.

- Fáciles de armar y desarmar: la forma como se anclan las paredes a la estructura debe ser segura, de manera que no se vayan a soltar o caer y al mismo tiempo que se puedan remover de manera fácil y rápida, sin que se produzca desgaste entre las partes, dado que el sistema se debe poder armar y desarmar con frecuencia.
- Que generen intimidad, por lo que no deben ser transparentes y deben contar con un sistema de puerta que se cierre por dentro.
- Las dimensiones internas deben permitir que una persona se encuentre cómoda tanto de pie como sentada.

3.5. CRITERIOS APLICABLES AL TECHO

- Liviano: el techo debe cumplir la función de proteger de la intemperie y no se requiere que resista fuerzas externas diferentes a su propio peso y al viento. Debe ser liviano.
- El sistema de fijación del techo a la estructura de las paredes debe ser fácil de armar y desarmar, sin demandar herramientas especiales o pericia especial.
- La altura total desde el piso hasta el techo debe ser de 2 metros.

3.6. MATERIAL DE SECADO

El material de secado que la persona debe depositar una vez haga uso del sanitario seco debe reunir las siguientes características:

- Económico.
- Con buena capacidad de absorción de humedad.

- De fácil consecución, por lo que deben evaluarse como opciones materiales como aserrín de madera, arena, tierra, ceniza u otros que no requieran una transformación especial.
- Biodegradable.
- De bajo peso: en igualdad de condiciones, se debe preferir aquel material más liviano, teniendo en cuenta que los desechos, junto con el material de secado, se deben transportar hasta el sitio de disposición final.

Establecer material de secado y proporciones que se debe utilizar con respecto a los residuos solidos generados.

3.7. MANEJO DE DESECHOS

Dentro de los criterios de diseño debe considerarse que la operación cumpla con lo siguiente:

- Debe tenerse en cuenta que una persona produce en promedio de 35 a 45 litros de orina y 13.8 litros de excremento en un mes, en condiciones normales (Innovative & Efficient Product line Leading Chines, 2010)
- Debe poder recogerse el material de desecho generado por una familia compuesta de 4 a 5 personas máximo, cada 45 días.
- Cada sanitario debe poder evacuarse en cualquier momento, teniendo en cuenta que es probable que deba trasladarse a un nuevo sitio.
- Debe incluirse un sistema de contenedor que permita el deposito de los desechos de manera segura durante un tiempo aproximado de 6 meses, período durante el cual se descomponen antes de trasladarse hasta el sitio de disposición definitiva.
- Dado que se trata de un sanitario que no va a operar en un sitio fijo, debe permitir que el material de desecho se colecte de manera segura e higiénica, y que permita que la disposición final garantice la seguridad biológica.

- La operación debe permitir que el material se aproveche de la misma forma que se hace en el caso de los sanitarios secos fijos, es decir, para la producción de abono; en caso contrario debe garantizarse la desactivación de las bacterias. Este criterio es opcional y está sujeto a que se cumplan las demás condiciones generales de diseño.
- Los residuos líquidos deben colectarse de forma separada y su disposición final ser utilizada como fertilizante.

Existen experiencias concretas de uso de los residuos sólidos como fertilizante. En Malawi, el 85% de los más de 12 millones de habitantes son agricultores o trabajadores agrícolas, según la Organización Internacional del Trabajo y los agricultores de seis de los 27 distritos del país adoptaron un compost obtenido de excremento humano para eliminar los costos de los fertilizantes químicos (Semu-Banda, 2012).

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

A partir de los siguientes análisis y resultados se construyo un prototipo a escala 1:2;

- se considero inicialmente la madera o la fibra de vidrio por ser materiales livianos. Pero se descarto la primera por sus desventajas múltiples frente a la resistencia a la humedad y microorganismos generados por los residuos lo cual no sucede con la segunda.
- Se realizo el diseño teniendo en cuenta investigaciones anteriores y con el propósito de lograr la movilidad se estableció una cámara y taza separadora integradas de medidas 70cm x 60 cm x 50cm, largo, ancho y alto respectivamente,
- Como segunda instancia se tomo una profundidad de 20 cm para la realización de la taza separadora mediante técnicas de moldeo manual y así lograr una taza definitiva que pudiera ser empotrada dentro de la cámara, la cual fue de medidas similares a una taza convencional.
- Se escogió un espesor general para la fibra de vidrio de 4 mm debido a dar cumplimiento con la normatividad ASTM C-582/D409 (para tinas y jacuzzis) y las siguientes especificaciones técnicas:

Mecánicas

- Tenacidad (N/tex): 1.24
- Fuerza a la tracción (MPa): 3100
- Elongación hasta rotura (%): 4

Eléctricas

- Factor de disipación dieléctrica: 0.005 a 106Hz

Químicas

- Absorción de humedad a 20° C y 60% de humedad relativa (%): 0.1
- Resistencia a los disolventes: alta
- Resistencia a la intemperie y los rayos UV: alta

- Resistencia a microorganismos: alta

Estas especificaciones técnicas nos garantizaran que la estructura de la cámara (fibra de vidrio con refuerzo de poliéster) sea capaz de soportar el peso de hasta 2 personas simultáneamente. (160 kilos aproximadamente).

- En la búsqueda de una solución eficiente a la portabilidad de los sanitarios, el manejo de excretas, la disminución de contaminantes al medio ambiente y sus resistencias físicas mecánicas y químicas. Dando cumplimiento con las normas de resistencia de la fibra de vidrio ASTM C582 – 09, se establecieron las siguientes especificaciones técnicas para la elaboración con dicho material que sirviera en situaciones de emergencias o eventualidades como derrumbes, campings, obras, entre otros:

CAMARA

Material: Fibra de vidrio con refuerzo resina de poliéster

Espesor: 4mm

Medidas:

- cámara: 60cm x 50cm x 70 cm (alto) medidas externas

Peso del producto total: 10 kg (cámara sin incluir estructura de carpa)

Resistencia: 160 kg (ASTM C582 – 09)

Puerta acceso lateral: 40 x 40 cm

Color: blanco

Sanitario

Material: Fibra de vidrio con refuerzo de poliéster.

Espesor: 4mm, este va empotrado en la cámara a partir de la parte superior de la misma.

Tapa obturadora: 17 cm de diámetro

Orificio residuos solidos. 6" de diámetro

Medidas: 41cm x 49 cm x 20 cm, ancho, largo y alto respectivamente (medidas externas)

Orificio Residuos Líquidos: 1" de diámetro

Conexión de ventilación a tubo residuos solidos: 2 ½" de diámetro

Se escogió el refuerzo con poliéster por que aparte de ser el más utilizado, la combinación con el polímero permite mejorar la resistencia mecánica y ligereza como se muestra en los ensayos y la norma ASTM C582 – 09 que arrojaron la siguiente tabla:

TIPO DE FIBRA	DESCRIPCIÓN	PROPIEDADES	APLICACIONES
Tipo C	Fibra inorgánica compuesta de un 60-72% SiO ₂ , 9-17% CaO, MgO y 0.5-7% B ₂ O ₃ . Se caracteriza por su alta resistencia química, por ello se suele aplicar para aquellos productos donde se necesite dicha propiedad. Tiene un peso específico de 2.5 g/cm ³ .	<p>Mecánicas</p> <ul style="list-style-type: none">• Tenacidad (N/tex): 1.24• Fuerza a la tracción (MPa): 3100• Elongación hasta rotura (%): 4 <p>Eléctricas</p> <ul style="list-style-type: none">• Factor de disipación dieléctrica: 0.005 a 106Hz <p>Químicas</p> <ul style="list-style-type: none">• Absorción de humedad a 20°C y 60% de humedad relativa (%): 0.1• Resistencia a los disolventes: alta• Resistencia a la intemperie y los rayos UV: alta• Resistencia a microorganismos: alta	Usos industriales: se utiliza para productos donde se necesite una alta resistencia química, para torres de refrigeración, material para techos, tanques de agua, tinas de baño, tubería, barcos

Las dimensiones de la cámara 70 cm de alto x 50cm de ancho x 60 cm de largo nos brindaron un área libre, por dentro aproximado de 50 de alto x 50 ancho x 60 (Cm) de largo, obteniendo una capacidad para contener 150 litros de heces y material secante homogéneamente, lo cual es perfecto para que el diseño trabaje en conjunto con los

contenedores y se pueda cumplir el ciclo de 6 meses para la desactivación de microorganismos.

La consecución de la cámara se logro rápidamente debido a que encontramos fácilmente los moldes en empresas que se dedican a la fabricación de contenedores, la parte difícil fue moldear el sanitario como tal, ya que en Colombia no existe muchos prototipos como este.

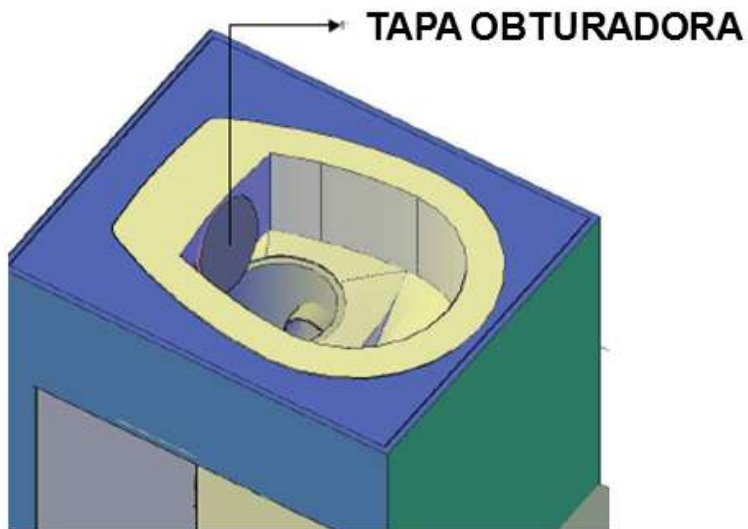
La puerta de acceso (40cm x 40cm) de la cámara ubicada en la parte lateral izquierda fue fijada con bisagras de 1", y hecha para el acceso de montaje de la bolsa de residuos sólidos y manguera de residuos líquidos

Los orificios de sólidos y líquidos fueron hechos con tubos a la medida, que sirvieron de moldes, y están adaptadas para cada una de las necesidades, estos se conectan para su funcionalidad por la parte inferior del sanitario a la cual se accede por la puerta lateral de la cámara.

Se incluyo un sistema, el cual es de vital importancia ya que generara comodidad a las mujeres al momento de depositar sus residuos líquidos y a los hombres que en baños típicos secos tenían que orinar sentado, lo podrán hacer como se sientan mejor: La Tapa Obturadora.

La tapa obturadora tal y como se muestran en las imágenes tiene un mecanismo de abrir y cerrar, la cual es accionada por una palanca exterior que hace girar un tubo de ½" el cual esta sujeto a la parte trasera de la tapa y hace que esta se levante o caiga según la necesidad.

Figura 4. Tapa obturadora



La tapa obturadora se mantendrá abierta solo cuando se depositen los residuos sólidos o los 2 al mismo tiempo (sólidos y líquidos)

- Los contenedores se realizaron con el mismo material con el fin de crear la misma resistencia biológica a los microorganismos de manera igual que estos puedan ser lavables después de su uso, se definieron las siguientes especificaciones

Contenedor de excretas.

Material: Fibra de vidrio

Espesor: 2 mm

Medidas:

- Modelo A: 62 cm x 52 cm x 72 cm (alto) medidas exteriores
- Modelo B: 65 cm x 55 cm x 75 cm (alto) medidas exteriores

Peso: 6.5 kg

Capacidad: 232,1228 lts y 268,125 lts respectivamente

Resistencia interna: 70 kg

Recomendamos la fabricación del contenedor en menor espesor debido a que no va a ser sometido a fuerzas de tracción iguales que la cámara y que su fatiga será menor, además teniendo en cuenta que el peso de las heces oscila de 100 a 300 gr por persona y que este estará homogéneamente dividido (excretas y aserrín), es decir el calculo esta hecho que al llenarse no superara los 40 kilos.

Con base a la capacidad que tiene la bolsa dentro de la cámara (140 lts aproximadamente), y la cantidad de excretas generadas por 4 personas diariamente, calculamos el tiempo de llenado con la siguiente formula:

$$T = V_n / P$$

T = Tiempo de llenado días

V_n = Volumen neto de almacenamiento de excretas dentro de cámara (Lts)

P = Producción de excretas (0,6lts x No. de usuarios)

$$R: T = 140\text{lts} / (0.6\text{lts} \times 4\text{personas})$$

$$T = 58 \text{ días aprox.}$$

Este cálculo brinda la seguridad de que tanto la bolsa dentro de la cámara y los contenedores tendrán la capacidad de “contener” materia fecal y mezcla secante (aserrín) hasta por 6 meses.

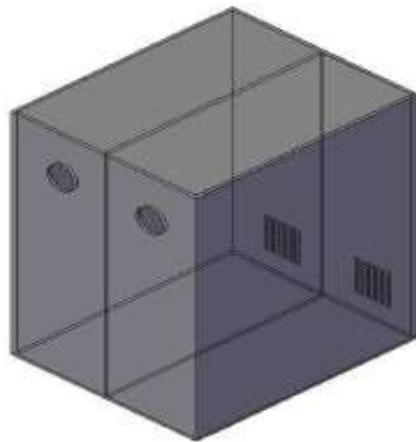
A partir de estos cálculos fue que se opto por incluir el sistema de contenedores tal cual como se utilizan en países como EE.UU y de Europa, con el fin de poder darle un uso menos contaminante a las excretas cumpliendo su función como abono fertilizante.

Los contenedores tienen un sistema de ventilación superior e inferior (partes frontales), la primera circular con un diámetro de 3” (superior) y una rejilla de 15 x 15 cm (inferior opuesta)

El contenedor A es diferente, al estar dividido por una pestaña removible; es decir se divide a la mitad (A1 Y A2) y tiene 2 sistemas de ventilación de igual medida distribuidos uniformemente (centrados a cada división).

El contenedor A fue dividido como solución a los tiempos de llenado de cada uno, para así cada 45 días depositar los residuos y al cabo de 6 meses obtener un material que pueda servir de fertilizante y enriquecedor del suelo.

Estos sistemas de ventilación fueron incluidos con respecto las normas y los manuales de construcción definidos por autores con experiencias gratificantes, que dieron como pauta las medidas mencionadas y distribuciones mencionadas anteriormente.

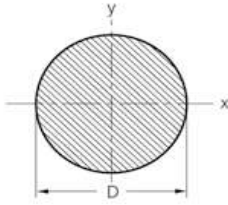


Contenedor A

El mantenimiento total del sanitario se deberá realizar, cuando se saque la bolsa de residuos solidos (45 días aprox.) se podrá hacer un lavado (agua y jabón) interno y externo del sanitario como beneficios a la higiene.

Para construir una estructura la cual nos brindara privacidad, ventilación dentro del baño, y de fácil armado se consiguió las siguientes especificaciones técnicas:

Estructura: aluminio AL- 6082



Material: Aleación Aluminio- magnesio- Silicio (Al- Mg- Si)

Diámetro: 16mm

Peso: 0,562 Kg/m

Altura: 2 m (armada)

Con las propiedades mecánicas siguientes:

Estado	Características a la tracción			Límite a la fatiga N/mm ²	Resistencia a la cizalladura N/mm ²	Dureza Brinell (HB)
	Carga de rotura Rm. N/mm ²	Límite elástico Rp 0,2. N/mm ²	Alargamiento A 5,65 %			
0	130	60	27	120	85	35
T1	260	170	24	200	155	70
T4	260	170	19	200	170	70
T5	325	275	11	210	195	90
T6	340	260	11	210	210	95

NORMA AL-6082 ALEACION DE ALUMINIO-MAGNESIO-SILICIO

Teniendo en cuenta que:

$$1\text{Kg/mm}^2 = 9,8 \text{ 1N/mm}^2$$

$$1\text{N/ mm}^2= 1\text{MPa}$$

Es perfecta por ser liviana y la estructura no va a resistir cargas extremas puntuales ni distribuidas, el producto de aluminio cumple con las normas de calidad ISO 9000.

La estructura fue concebida con cortes de 0.85 cm de largo y roscas internas para los tubos que formaron las paredes de 1,70 mts, en el cual, las partes superiores eran (4), conectadas al techo de aproximadamente 30 cm de alto obteniendo la parte mas

alta, con 45 grados en los 4 sentidos. Todas las piezas se hicieron con puntos de conexión para que no requiriera herramientas ni habilidades profesionales para su armado.

Como precauciones se debe evitar el lavado de los tubos de aluminio con disolventes fuertes para no alterar su resistencia química contra la corrosión.

Carpa de privacidad.

Como queríamos un material que generara intimidad o privacidad, a su vez resistencia a los agentes atmosféricos y tuviera buena ventilación, se utilizó y se generaron las siguientes especificaciones:

Material: Lona Plastextil 700

Peso: 500 g/m²

Calibre: 500 micras

Medidas para carpa:

- paneles de 1.65 m x 1.2 (laterales con detalle ventilación superficial)
- paneles de 1.65 m x 1.1 (frontales con una puerta de acceso cremallera)
- panel techo tipo 4 aguas, medidas iguales de 63 cm con un ángulo de 45°.

Resistencia a la tensión (N/CM): Longitudinal 580, transversal 480

El material (Lona Plastextil 700) nos asegura un excelente resistencia al rasgado, al igual que contra la lluvia y el sol, además se dejó 5 cm más pequeña que la estructura para la circulación de aire también en la parte inferior, cumpliendo los estándares de calidad como carpa de privacidad basadas en la norma ASTM D – 751,

Como precauciones según la normatividad se debe realizar mantenimiento mínimo 1 vez cada 3 años y ser limpiada con jabones suaves.

Material de secado para heces:

Según el análisis de los ensayos y la funcionalidad de nuestro sistema se requirió de un material de secado que sea liviano de y fácil consecución.

Las excretas solas no tienen la capacidad de transformarse, por lo que necesitan mezclarse con otros elementos que alimenten a los microorganismos que las transforman, por lo que se deben cubrir las excretas cada vez que se hace uso del sanitario empleando el material de secado que debe permanecer dentro del SES, igual que se hace en un sanitario convencional al bajar el agua después de haberlo usado. Al cubrir las excretas con una mezcla limpia y rica en carbono se evitan olores desagradables.(Castillo, 2002)

Tabla de materiales idóneos para cubrir excretas

Tabla 3. Propiedades de diferentes materiales de secado.

MATERIAL	% Nitrógeno	Proporción C/N *	MATERIAL	% Nitrógeno	Proporción C/N *
Algas	1.9	19	○ Madera dura	0.09	560
○ Amaranto	3.6	11	○ Madera suave	0.09	641
● Aserrín	0.11	511	Mejillones	3.6	2.2
● Aserrín putrefacto	0.25	200-500	○ Olotes de maíz	0.6	56-123
Betabel	1	44	▷ Orina	15-18	0.8
Camarón	0.10	400-563	● Paja	0.7	80
○ Cartón	0.3	121	● Paja de avena	0.9	80
○ Cáscara de arroz	1.05	48	● Paja de trigo	0.4	80-127
○ Cáscara de avena	2.65	15	○ Pan	2.10	
○ Corteza dura	0.241	223	○ Papel	---	100-800
● Corteza suave	0.14	496	○ Pasto	2.4	12-19
○ Directorios telefónicos	0.7	772	○ Periódico	0.06-0.14	398-852
Frijol de soya	7.2-7.6	4-6	○ Planta de betabel	2.3	19
Frutas	1.4	40	○ Planta de maíz	0.6-0.8	60-73
Granos de café	---	20	○ Planta de papa	1.5	25
▷ Heces	5-7	5-10	Productos vegetales	2.7	19
○ Helecho	1.15	43	Sobras de pescado	10.6	3.6
● Hierba (pastura)	2.10	---	Zanahoria	1.6	27
○ Hierba de legumbres	2.5	16			

Fuente: (Castillo, 2002, pág. 61).

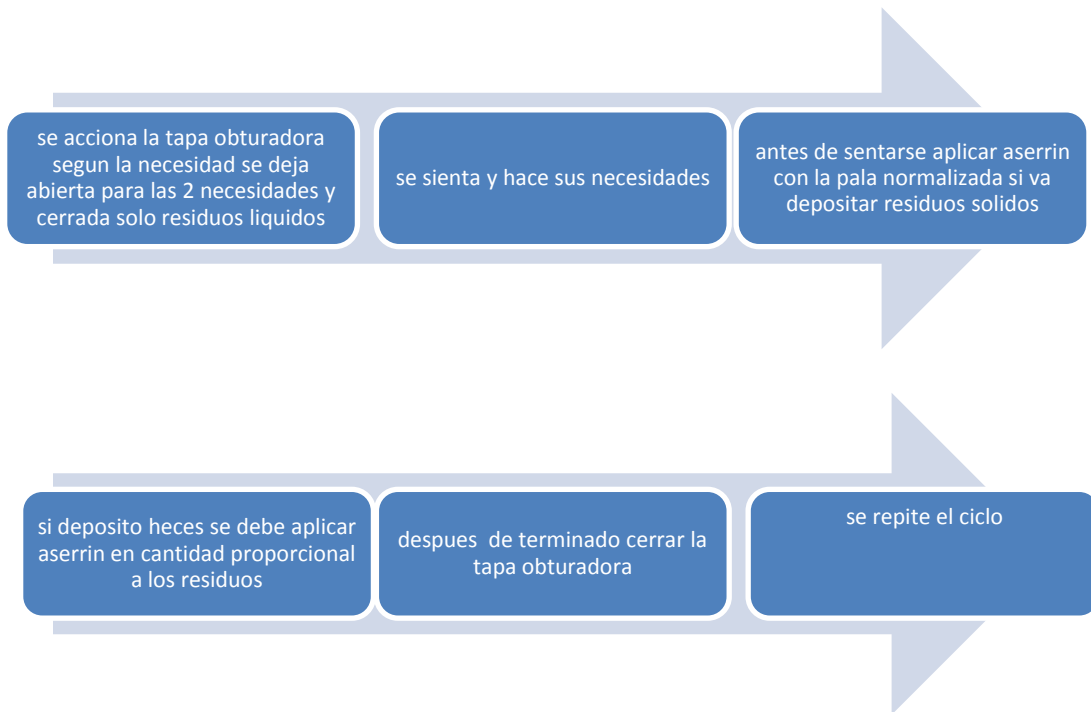
Con respecto a la siguiente tabla, el sanitario seco móvil que diseñamos esta en disposición de utilizar solo material secante como aserrín y cal (opcional), por ser los más ricos en carbono y ayudar a mejorar el proceso de descomposición. Este será tan vital como el papel higiénico, o el agua en el sanitario convencional para funcionamiento, si no existe este tipo de material no se podrá utilizar el sistema de forma correcta.

De acuerdo a los cálculos que se hallaron con respecto a la cantidad normal de heces que genera una persona con buena salud, se habla que esta entre 100 y 300 gramos diarios, si por el contrario la persona se encuentra con problemas de salud puede llegar a superar los 300 gramos debido a que el 60 a 90 % es fundamentalmente un exceso de agua fecal.

Con este dato se definió que el volumen aproximado de heces fecales por una persona (0,6 litros) será equivalente al volumen de material secante, y en casos de enfermedades gastrointestinales, el volumen del material secante deberá ser el doble con el propósito de disminuir los malos olores.

Operación y Manejo de desechos

La operación que se estableció para el sanitario móvil fue idéntica a la convencional que se muestra en el siguiente diagrama



Se estableció por normatividad y ensayos que la cantidad de material secante es proporcional al volumen de residuos es decir puede ir desde 0,5 hasta 0,65 litros, lo cual es necesario para que cubra las excretas, ayude a la descomposición y evite la proliferación de malos olores.

El plan de acción para manejar el sanitario en conjunto de los contenedores fue el siguiente:



Se determino gracias a los datos de secado de la materia fecal, que es indispensable que los contenedores estén en un lugar donde la corriente de aire sea constante y al mismo tiempo libre de humedad, ya que por definición los microorganismos y algunos patógenos mueren por falta de hidratación (estado seco de la materia), y a su vez controlar la salida de gases pesados como el metano y el ácido sulfhídrico.

Al igual que todo Sanitario Ecológico Seco SES, se compone de tres partes: un asiento o taza, un contenedor de materia orgánica o cámara y un agregado o mezcla. La mezcla es el material que se agrega a las cámaras cada vez que se usa el sanitario y que hace posible la transformación de las excretas en una materia nutritiva y sin organismos que puedan transmitir enfermedades.

4.1. PASOS DESCRIPTIVOS DEL SANITARIO

Teniendo en cuenta las características de diseño previamente establecidas se procedió a la fabricación del prototipo.

4.2.1. Criterios generales

El proceso de fabricación se dividió en los siguientes componentes:

- 1) Cámara y mueble, incluyendo sistema de ventilación.
- 2) Paredes.
- 3) Techo.

Esta separación se produce teniendo en cuenta por un lado que cada componente utiliza materiales diferentes y que su integración al SES se hace de manera secuencial, es decir, primero se necesita contar con la cámara y el mueble (en fibra de vidrio), para después instalar las paredes (en lona u otro material similar) y por último el techo.

4.2.2. Cámara.

- La cámara es moldeada en material de fibra de vidrio y resina como refuerzo estructural. La fabricación requirió la construcción previa de un molde con las medidas y especificaciones mencionadas anteriormente y se utilizó material de 4 mm de espesor, teniendo en cuenta que es el espesor empleado en otras aplicaciones similares como jacuzzis.
- La tapa lateral se fabricó por separado en el mismo material y con las dimensiones necesarias para poder introducirla y anclarla al cuerpo de la cámara.
- La cubierta superior de la cámara en donde va el orificio del sanitario debió ser reforzada con resina de poliéster, lo cual permitió ofrecer la resistencia necesaria para soportar el peso de una persona adulta

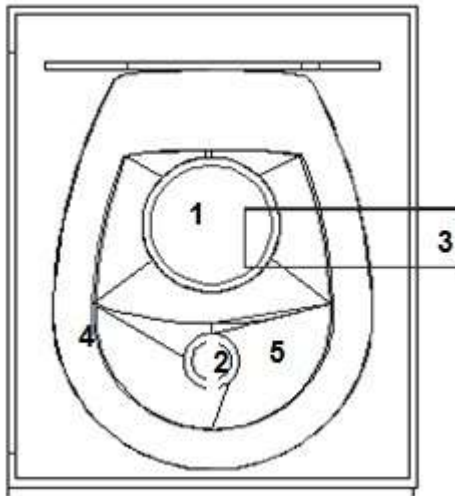
- Se realizó una perforación circular de 2 ½” de diámetro ubicada en una de las paredes verticales de la cámara, a fin de anclar un codo de material PVC y el tubo de ventilación.
- Se realizó una segunda perforación de 1” de diámetro la cual servirá para el paso y transporte de la manguera de residuos líquidos que va conectada a la pimplina plástica.

4.2.3. Inodoro.

- El inodoro se fabricó también en fibra de vidrio y se empotró en la cámara, a fin de garantizar su estabilidad y la facilidad de instalación.
- El interior del inodoro lleva un agujero circular de 6” de diámetro que sirve de unión a un tubo a través del cual se evacúan las de heces hacia la cámara.
- La forma del sanitario se configura de acuerdo con modelos obtenidos de publicaciones hechas por las investigaciones relacionadas en el estado de arte del presente trabajo, teniendo en cuenta que se trata de diseños previamente probados que han mostrado resultados favorables de desempeño y que facilitan la separación de los residuos sólidos de los líquidos.
- Como superficie de apoyo para el usuario se colocó una tapa convencional (biscocho) similar a la que se emplea en los sanitarios convencionales, con el propósito de brindar comodidad y seguridad. Esta tapa se fijó a la cámara de manera que el usuario no encuentre en este aspecto ninguna diferencia con un sanitario convencional.
- Dentro del inodoro se incorporó la tapa separadora, fabricada con una dimensión de 16 cm de diámetro que se abrirá o cerrará según la necesidad.

El mueble del inodoro está dotado de una tapa obturadora que, al accionarse manualmente, permite cerrar el ducto de residuos sólidos, de manera que éste permanece abierto solamente cuando el usuario lo requiera.

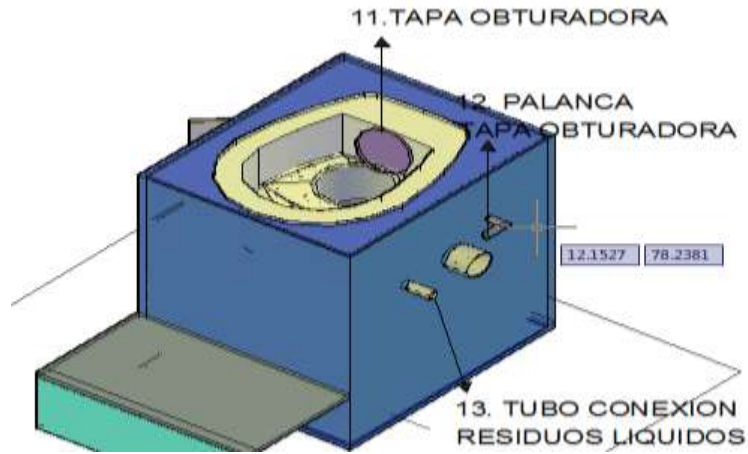
Figura 5. Vista superior del mueble del sanitario.



1. Orificio de 6" donde se depositan residuos sólidos (excremento), encima de este está la tapa de abrir o cerrar
2. Orificio 1 " donde se depositan residuos líquidos (orina)
3. Tubo de ventilación Pvc de 2½ " conectado inferior al tubo Pvc de residuos sólidos
4. Asiento en fibra de vidrio
5. Superficie inferior de taza con inclinación 2% hacia orificio

Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Tapa obturadora y detalles cámara



Fuente: elaboración propia

En la Figuras 7 y 8 se observa que la tapa obturadora se localiza en la parte posterior del ducto de residuos sólidos.

Figura 7. Vista de la cámara en perspectiva 1.

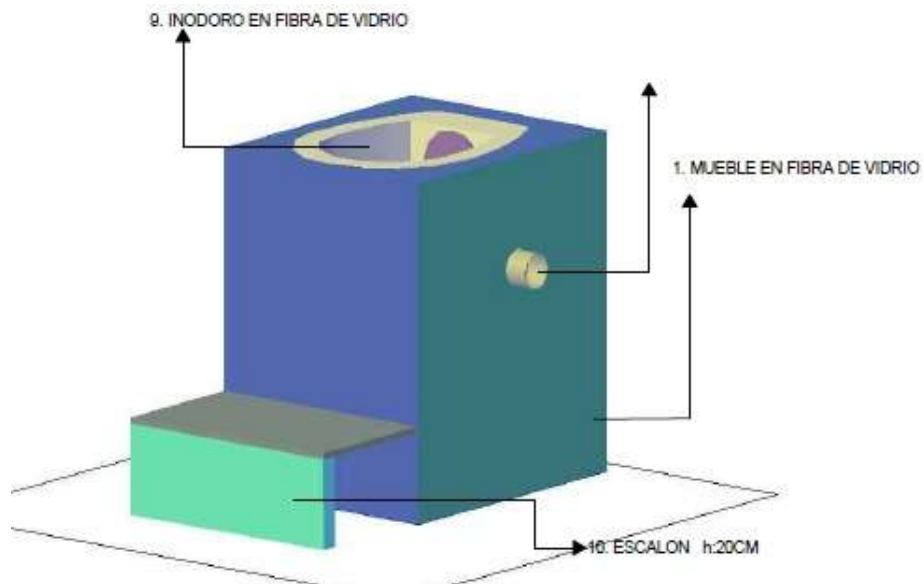
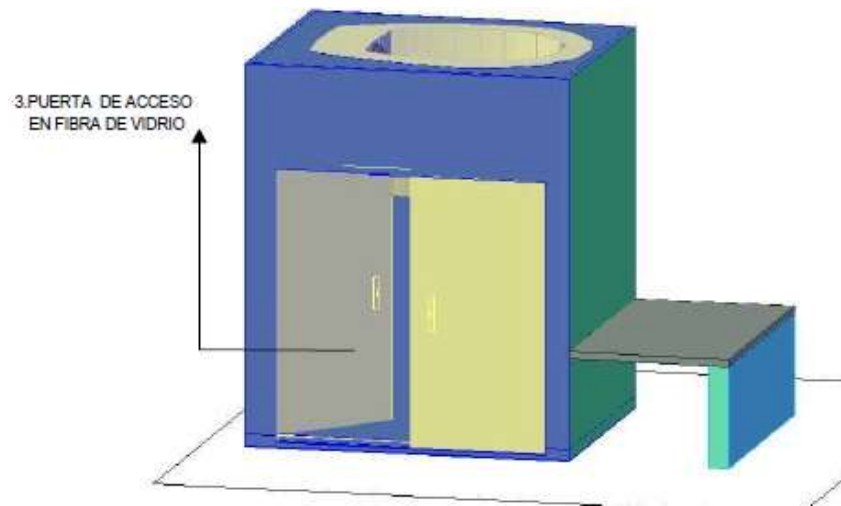


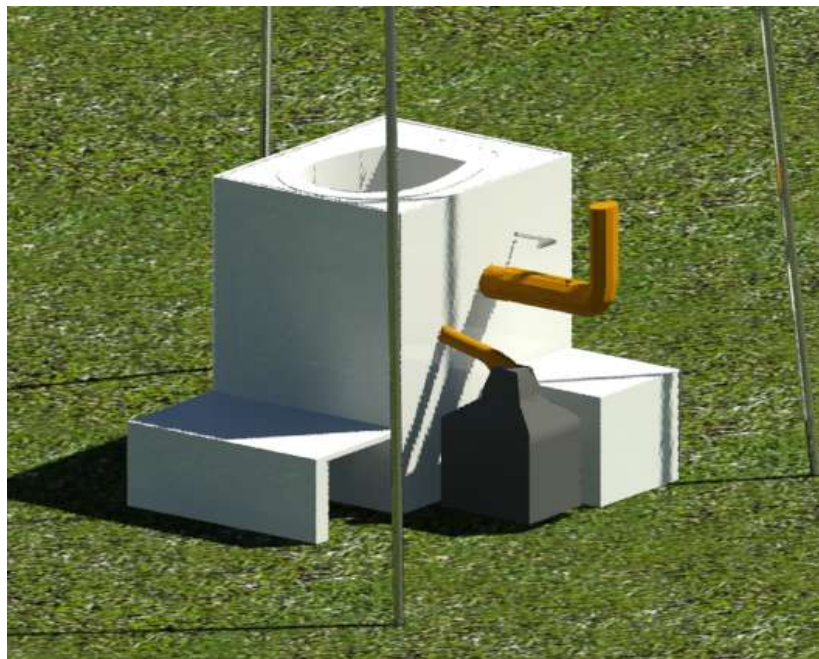
Figura 8. Vista de la cámara en perspectiva 2.



Fuente: elaboración propia.

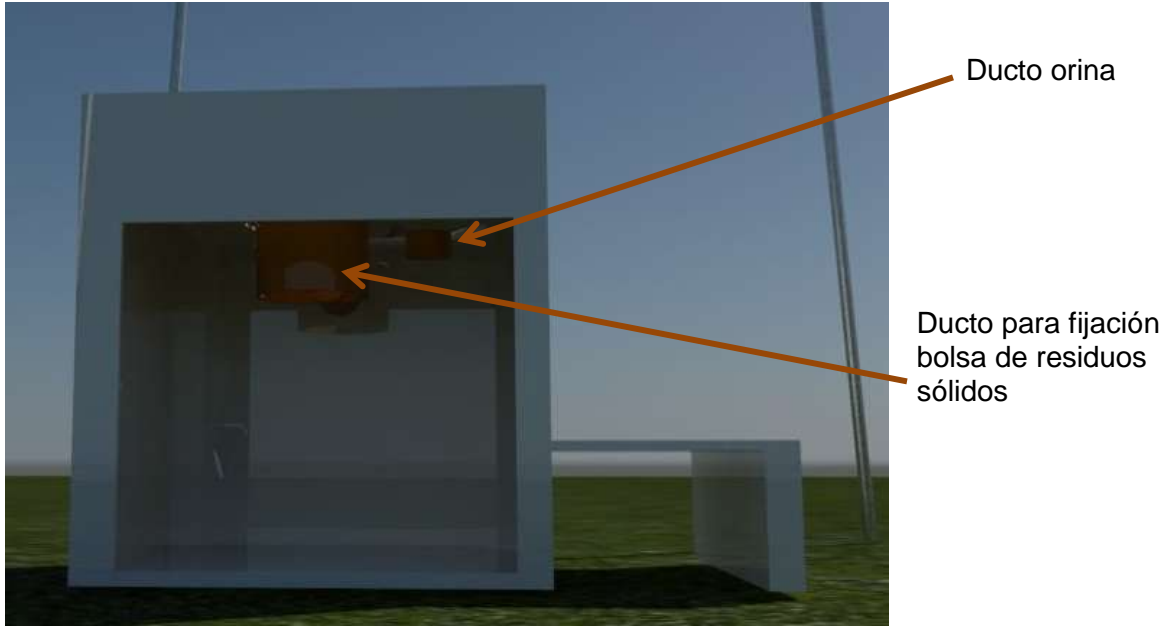
Con base en los anteriores diseños se procedió a la elaboración de los moldes y a la fabricación del mueble en fibra de vidrio. La presentación final del mueble se observa en la Figura 9.

Figura 9. Fotografía del mueble real en fibra de vidrio.



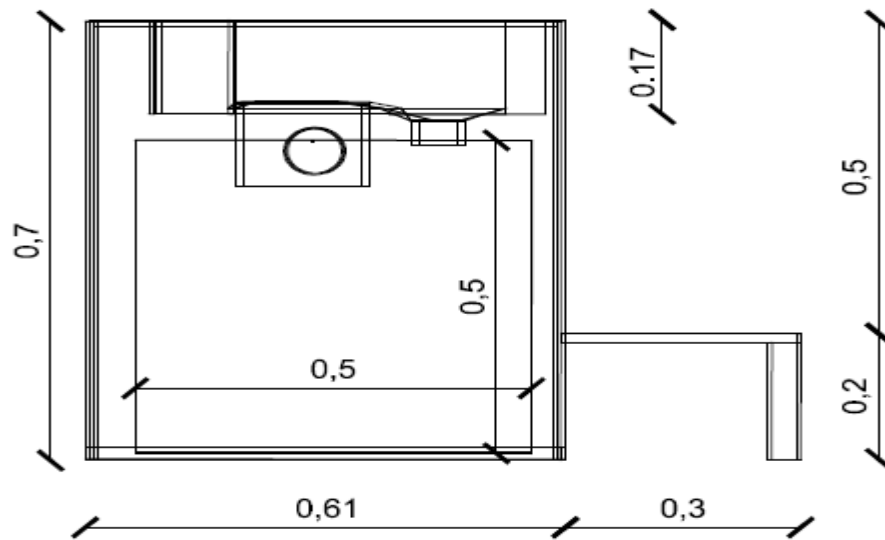
En la Figura 10 se muestra la cámara sin la tapa lateral, lo que permite ver la forma como se fija la bolsa al ducto de llenado.

Figura 10. Cámara sin su tapa lateral.



La bolsa para la recolección de los residuos sólidos requiere una capacidad de 85 litros para permitir su uso aproximadamente durante 120 veces; sin embargo, la capacidad total de la cámara es de 150 litros, con lo cual existe un margen suficiente de espacio que permite que la bolsa sea retirada cada 45 días para ser remplazada y trasladada al contenedor, en donde se mantiene durante un total de 6 meses, tiempo en el cual se ha logrado la desactivación total de las bacterias y por lo tanto su disposición final sin ningún riesgo. Los contenedores tienen una capacidad igual al doble de la capacidad de la cámara, con el objetivo de poder alojar los residuos sólidos generados durante 6 meses.

Figura 11. Vista lateral de la cámara.



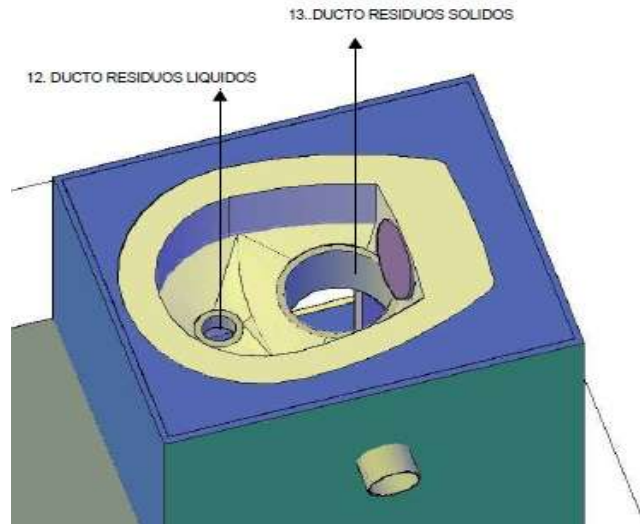
dimensiones están en metros

NOTA: Todas las

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la vista lateral, la cámara tiene en su parte frontal un escalón de 20 centímetros de alto, que sirve de apoyo para los pies del usuario. Igualmente tiene un orificio horizontal que permite la fijación del ducto de ventilación.

Figura 12. Localización de los ductos en la cámara



En la Figura 12 se observa la localización de los ductos para residuos sólidos y líquidos en la cámara.

4.2.4. Paredes y Techo.

- Se fabricaron en material liviano e impermeables (lona plastextil 700) y con un diseño plegable para poder ser guardadas en el interior de la cámara.
- Se fijaron mediante tubos de aluminio, los cuales sirven de soporte a la estructura.
- Se fijan a una estructura metálica liviana e independiente de la cámara.
- El material de las paredes es lona plastextil 700 e impermeable.

En la Figura 13 se presenta la vista externa del sanitario rodeado de la estructura metálica que sostiene la carpa.

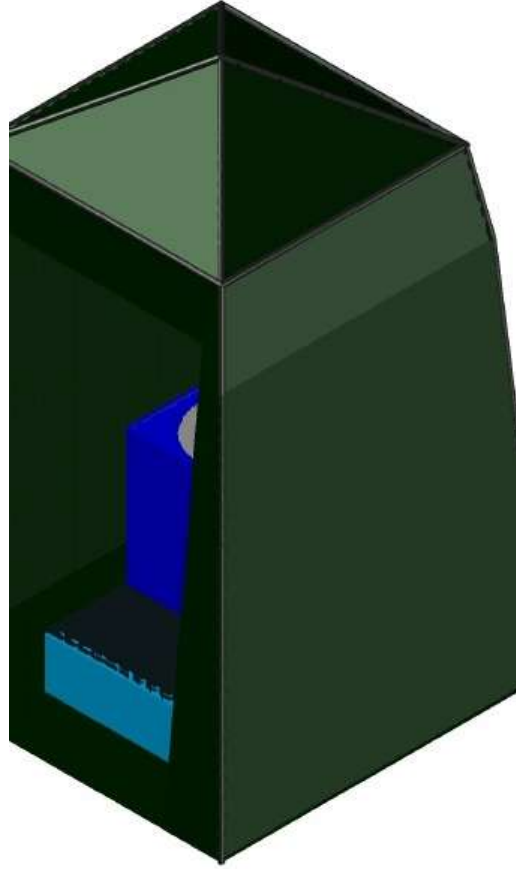
Figura 13. Estructura metálica para la carpa y el techo.



- Se fabricó en material liviano y con un diseño plegable, mediante sistemas de acoples. El material empleado fue la misma lona empleada para las paredes.
- La estructura metálica del techo esta provisto de agujeros en sus esquinas para poder hacer la conexión fácil y rápida con la estructura de las paredes.

En la Figura 14 se presenta ya el conjunto completo, es decir, el sanitario y la carpa instalada en la estructura metálica. Los planos correspondientes aparecen en el Anexo 2.

Figura 14. Vista total del sanitario dentro de la carpa.



Fuente: elaboración propia.

En el Anexo 1 se presenta el manual de uso del sanitario ecológico seco móvil.
En el Anexo 2 se presenta la descripción de pasa para armado de carpa
En el Anexo 3 se presenta ficha técnica de lona plastextil 700

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el desarrollo del trabajo se determinaron las siguientes especificaciones técnicas para la correcta funcionalidad del diseño y prototipo:

Se debe utilizar para la cámara, fibra de vidrio con refuerzo de poliéster tipo C, con espesor igual a 4 mm para cumplir con las normas de resistencia (mecánicas, químicas, físicas) y portabilidad (bajo peso) de la ASTM C582 – 09.

Los orificios del sanitario para residuos sólidos deben ser mínimo de 6" y 1" respectivamente cumpliendo con el manual de sanitarios secos y las normas de higiene para el paso de los mismos, así mismo este será del mismo espesor de la cámara (4") y empotrado posteriormente mediante la técnica de moldeo establecida en la norma ASTM C-582/D409 para la unión de partes de fibra de vidrio.

Los contenedores deberán cumplir con la norma ASTM C582 – 09 y ser como mínimo de 2mm de espesor en fibra de vidrio tipo C, para su ventilación estos deben tener 2 orificios: uno en la parte posterior de diámetro de 3" y una rejilla en la parte inferior opuesta de 15 x 15 cm.

Los accesorios que irán adaptados en el sanitario deben ser los siguientes: una unión en T de 6" la cual permite la reducción a 3" para la conexión de la tubería de ventilación, una manguera de 1" debidamente adaptada al orificio de residuos líquidos para el transporte de los mismos.

La tapa obturadora deberá ser de fibra de vidrio de 1mm de espesor, y adaptada encima de el orificio de residuos sólidos, se colocará mediante perforaciones de 1/2" en la fibra de vidrio para el paso de la varilla (en pvc) que al giro de 90 grados se abrirá o cerrará respectivamente, esta varilla es de 35 cm y lleva una palanca al final.

La estructura que servirá de soporte, deberá ser en aluminio circular hueco de 16 milímetros de diámetro, tipo AL 6082.

El material de privacidad deberá ser lona Plastextil 700 plegable con cintas de velcro (localizadas en partes esquineras e intermedias para la sujeción a la estructura), de calibre 500 micras y cumplir con las normas ASTM C582 – 09 de resistencia de tenacidad, tracción y químicas.

El paso o escalón debe ser de 4 mm de espesor en material de fibra de vidrio, de ancho deberá tener 50 cm y 30 cm de huella, este es soportado por dos apoyos longitudinales de 4 mm y con altura de 20cm.

Según los cálculos y resultados, el manejo de residuos deberá ser de la siguiente manera:

Los residuos orgánicos se sacaran (con guantes y en la bolsa) de la cámara según nuestra prospectiva cada 45 días aproximadamente y se colocará inicialmente dentro del contenedora A 1 (se tiran los residuos y después la bolsa), siguiendo el ciclo hasta llenar los 2 contenedores que tiene un tiempo esperado para su totalidad de 6 meses aproximadamente (es importante colocar los contenedores en un sitio donde exista humedad y halla buena ventilación), momento de que se cumple este tiempo, el contenido de residuos orgánicos en el contenedor A 1 ya ha cumplido periodo suficiente para que la mayoría de microorganismos y patógenos se hallan muerto, es decir éste se pueda sacar de dicho contenedor y utilizarlo como nutrientes para el suelo (se siembra) . Así de esta manera continuaremos con el proceso, con el contenedor A2 Y B. si por algún caso se llena los contenedores antes de tiempo, es necesario suspender el sistema hasta que se cumpla los 6 meses de por lo menos uno.

Los residuos líquidos, los cuales se transportaran de manera inmediata a una pimpina de 5 litros, al momento de ser llenada se diluye con un litro de agua y se utiliza para la fertilización de árboles, en caso de que se utilice para plantas y otros, se deberá diluir con 2 litros de agua. Esta cantidad no es nada comparado con los 13 litros que una persona utiliza cada vez que baja la cisterna de un sanitario convencional.

Se logró que la cámara y el sanitario tuvieran un peso aproximado de 10kg utilizando fibra de vidrio para su construcción, cabe reseñar que la fibra de vidrio es un material idóneo

para fabricar este tipo de sanitario, pues gracias a sus propiedades se pudieron satisfacer todos los criterios de diseño previamente definidos, a un costo razonable.

Con el fin de que la estructura cumpliera con la característica de portabilidad se logró, que esta fuera liviana (implementado aluminio hueco con un diámetro de 16 mm), desarmable, resistente y que a su vez ocupe el menor espacio a la hora de su traslado.

Se construyó un sistema plegable en lona, con el cual se pudo comprobar que es el más eficiente e indicado para el sanitario ecológico portátil móvil, cabe indicar que es un material resistente a las fuerzas verticales o laterales ejercidas por el viento, además de ser invulnerable a la lluvia y el sol, con todo esto podemos decir que se consiguió lo que estábamos esperando.

El diseño obtenido cumple con las condiciones de portabilidad, resistencia y privacidad requeridos para que el sanitario pueda ser empleado en situaciones de emergencia.

Además se elaboró un manual que aparece en el Anexo 1.

La principal conclusión alcanzada con el desarrollo del presente trabajo es que se cumple la hipótesis inicialmente planteada, es decir, que sí es posible construir un sanitario ecológico seco que pueda ser trasladado fácilmente para atender a las personas que puedan requerir de este servicio en condiciones de emergencia.

La investigación también concluyó que el aserrín reúne las diferentes condiciones requeridas para ser utilizado como material de secado para este tipo de sanitario, brindando las condiciones necesarias para que las bacterias presentes en las excretas se desactiven y dejen de constituir una amenaza.

Igualmente, el hecho de que la orina contiene tantas propiedades y ventajas como material fertilizante fue un hallazgo no previsto al comienzo de la investigación.

La realización del trabajo genera una expectativa positiva en el propósito de encontrar soluciones que eviten la contaminación directa del agua con las excretas humanas no desactivadas.

Teniendo en cuenta que durante el trabajo se empleó un prototipo, se recomienda la realización de pruebas adicionales a escala real y en las condiciones de emergencia para las cuales fue hecho el diseño, con el propósito de obtener aprendizajes adicionales que permitan acercar cada vez más este diseño a su uso masivo.

BIBLIOGRAFÍA

- AIB International. (2010). *Diseño y mantenimiento sanitario*. Manhattan, Kansas. USA: Pearson Educación.
- Aitex. (2005). *Manual de fibras de uso técnico. Fibras de vidrio*. Alicante: Aitex.
- Alcanzamos. (2005). *Sanitario Ecológico Seco Separador. Un sistema de salubridad para todos*. México: Alcanzamos Equipo de Comunicaciones.
- Alcanzamos, E. d. (2005). *Sanitario Ecológico Seco Separador. Un sistema de salubridad para todos*. México: Alcanzamos.
- Alcanzamos, Equipo de Publicaciones. (2004). *Diseña y Construye tu Propio Sanitario*. México: Publicaciones Alcanzamos.
- Castillo, L. (2002). *Sanitario seco ecológico: manual de diseño, construcción, uso y mantenimiento*. México.
- Centers for Disease Control. (1192). *Famine-affected, refugee and displaced populations: recommendations for public health issues*. Washington: MMWR.
- Centro de Comercio Internacional UNCTAD/OMC. (1998). *Manejo ambiental de residuos de envases y embalajes en Colombia*. México: UNCTAD/OMC.
- Centro de Información Tecnología Alternativa. (2011). *Sanitario ecológico seco*. Obtenido de Acuaviva: <http://www.acuaviva.org/sanitario.html>
- Chaves, C. (30 de Mayo de 2001). *Se agrava problema de basuras en Colombia*. Obtenido de El Pulso: www.periodicoelpulso.com/html/mayo01/observa/observa2.htm
- Cronin, V. (2003). *Napoleón Bonaparte. Una biografía íntima*. Barcelona, España: Ediciones B S.A.
- Delgado, C. (2008). Representaciones sociales de higiene y disposición de excretas. El caso de la introducción de sanitarios ecológicos en Quibdó y Tumaco. *Cuaderno de Vivienda y Urbanismo*, 248-279.

- Espin, N. (2011). *La biotecnología en la revalorización de desechos agroindustriales*. Lima.
- Fernández, R. (2008). *Manual de prevención de riesgos laborales para no iniciados*. Caracas: Norma.
- Fritche, J., Martínez, R., Hernández, Y., & Guerrero, M. (2006). *Diseño y construcción de sanitarios ecológicos secos en áreas rurales*. La Habana: Revista Cubana de Salud Pública.
- Galán, E., & Aparicio, P. (2006). *Materias primas para la industria cerámica*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Gómez, T. (2011). *Enfoque curricular de una institución educativa con énfasis en sostenibilidad y producción limpia*. Leticia, Amazonas: Universidad de la Amazonia.
- Innovative & Efficient Product line Leading Chines. (30 de Junio de 2010). *Construcción Civil*. Obtenido de Saneamiento Ecológico: orina y heces un valioso recurso: <http://www.construccion-civil.com/2011/03/los-banos-ecologicos-secos.html>
- Lillibridge, S. (2000). *Manejos de aspectos de salud ambiental en los desastres, agua, excretas humanas y albergues*. Buenos Aires: Organización Panamericana de la Salud.
- Montes, A. (2009). *Análisis de la contribución de los sanitarios secos al saneamiento básico rural*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- ONU, O. (2012). *El Futuro que Queremos*. Washington: ONU.
- OPS, O. (2005). *Letrinas en zonas inundables*. Lima: UNATSABAR.
- Organización de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, P. (2006). *Por un turismo más sostenible: guía para responsables políticos*. Washington: ONU.
- Organización de las Naciones Unidas, O. (16 de Junio de 2001). *Organización de las Naciones Unidas*. Obtenido de Los objetivos de desarrollo del Milenio: <http://www.un.org/es/aboutun/booklet/environment.shtml>

Planet, M. (24 de Noviembre de 2010). *Mio Planet Org*. Recuperado el 29 de Febrero de 2012, de <http://mioplanet.org/la-ruta-de-la-caca-posible-soluci%C3%B3n-construcci%C3%B3n-de-un-ba%C3%B1o-seco>

Sawyer, R. (2007). *Cerrando el ciclo para alcanzar los ODM's*. Fortaleza de Caerá, Brasil: Sarar.

Secretaría de Estado de Medio Ambiente y Recursos Naturales, U. (2003). *Proyecto para la creacion de capacidades y el perfeccionamiento en la formulacion de politicas y de la capacidad de negociacion en medio ambiente*. Santo Domingo, República Dominicana: Proyecto UNCTAD-FIELD.

Semu-Banda, P. (2012). *Agricultores de Malawi usan sus heces para fertilizar*. Obtenido de Tierramerica: <http://www.tierramerica.info/about/quienes.php>

Susana, A. (2 de Diciembre de 2010). *Susana*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2011, de Caso de estudio de proyectos de saneamiento sostenible sanitarios secos con separación de orina en un área rural, Tututepec, Oaxaca, México: http://www.susana.org/docs_ccbk/susana_download/2-755-es-susana-cs-sanitarios-de-separacion-tutepec.pdf

Tonantzin, C. (2008). *El a, b, c del sanitario ecológico seco. Construcción, uso y mantenimiento*. Ciudad Juárez: Tonantzin.

Universidad del Norte. (2007). *Tecnologías Alternativas de Saneamiento Básico. Objetivos del Milenio*. Barranquilla: Universidad del Norte.

ANEXO 1. MANUAL DE OPERACIÓN

El sanitario ecológico seco está hecho para evitar la contaminación del agua con los residuos humanos. Su uso es muy sencillo; siga las siguientes instrucciones durante su uso:

Separación de desechos. Asegúrese de que la orina y los residuos sólidos se evacúan de manera separada en los ductos correspondientes; evite que la orina llegue al depósito de residuos sólidos haciendo uso de la tapa obturadora.

Material secante. Una vez haya hecho uso del sanitario, asegúrese de cubrir completamente los residuos sólidos con el material secante.

Aprovechamiento de los fertilizantes (urea) de la orina. La orina contiene sustancias fertilizantes como nitrógeno y fósforo, que mejoran las propiedades del suelo para el cultivo. Recoja la orina del sanitario ecológico y antes de regar el terreno, simplemente agréguele agua.

Desocupando la cámara. La cámara esta diseñada para ser empleada durante 45 días antes de desocuparla; una vez transcurrido este plazo, remplace la bolsa abriendo la tapa vertical; deposite la bolsa en el contenedor durante 45 días adicionales antes de usar los residuos como fertilizante.

Ventilación. La cámara y el contenedor deben ventilarse permanentemente; simplemente asegúrese de que tanto en la cámara como en el contenedor la rejilla inferior esté siempre destapada, igual que el ducto vertical que sale de la cámara.

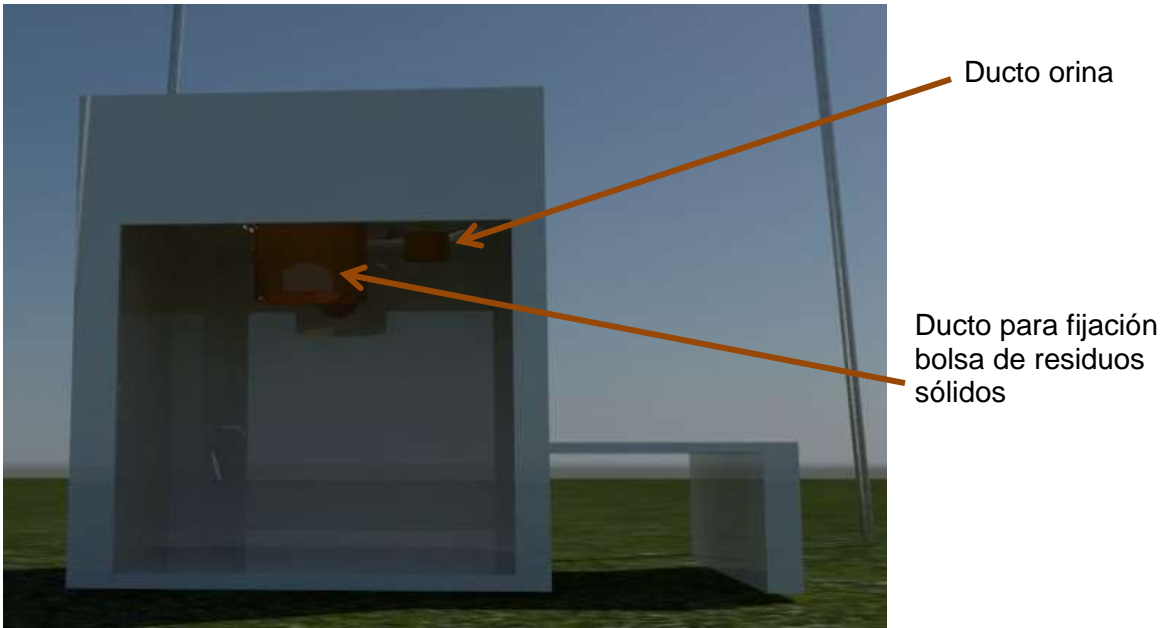
Traslado del sanitario. Para trasladar el sanitario simplemente retire las paredes de lona de la estructura metálica y dóblelas; posteriormente desarme la estructura metálica.

Armado del sanitario ecológico seco. Cuando vaya a trasladar el sanitario:

- Asegúrese de escoger un lugar plano para colocar la cámara.



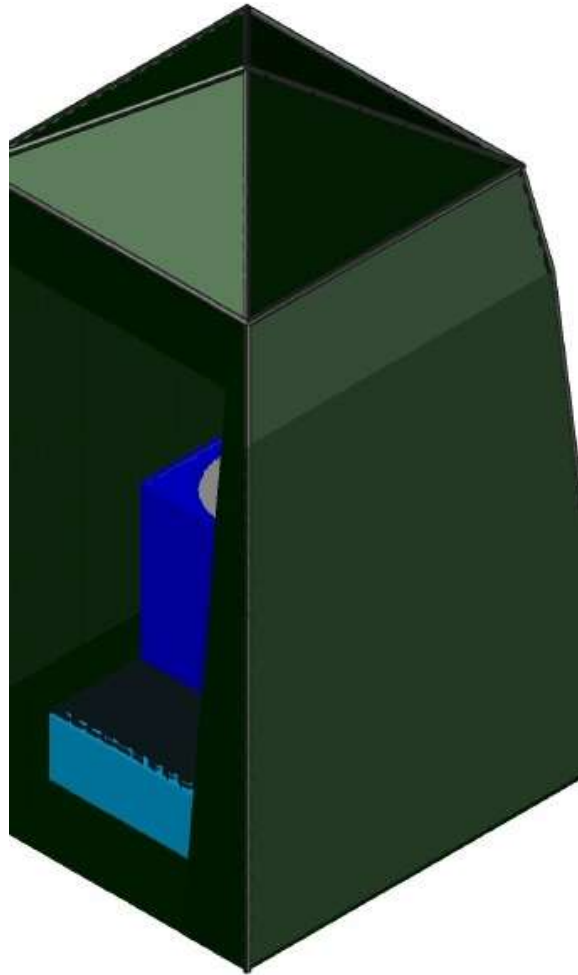
- A continuación asegure dentro de la cámara la bolsa que recibe los residuos sólidos.



- Conecte la pimpina plástica que recoge la orina, al ducto correspondiente.
- Arme la estructura metálica que soporta las paredes de lona.

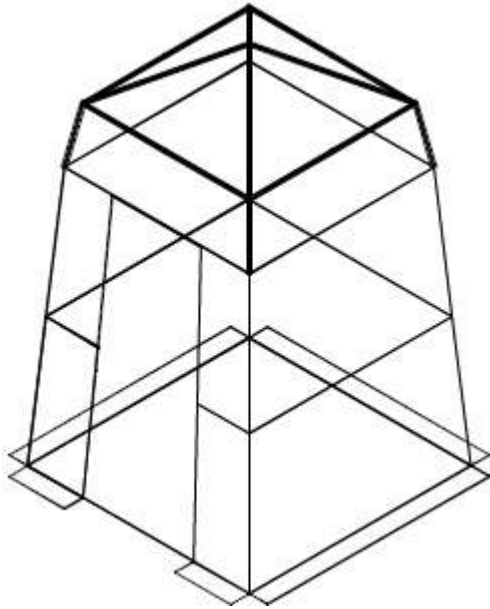


- Instale las paredes de lona en la estructura metálica.

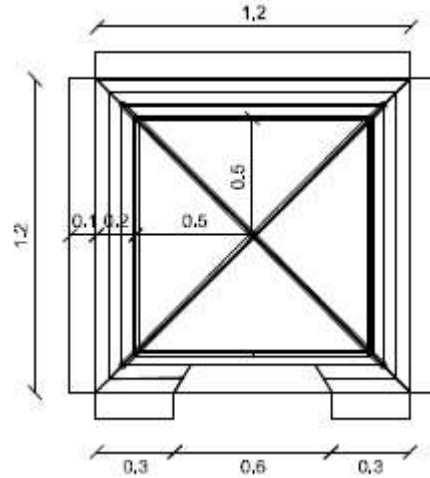


ANEXO 2. PLANOS DEL SANITARIO ECOLÓGICO SECO MÓVIL

Figura 15. Perspectiva y vista superior de la carpa externa.



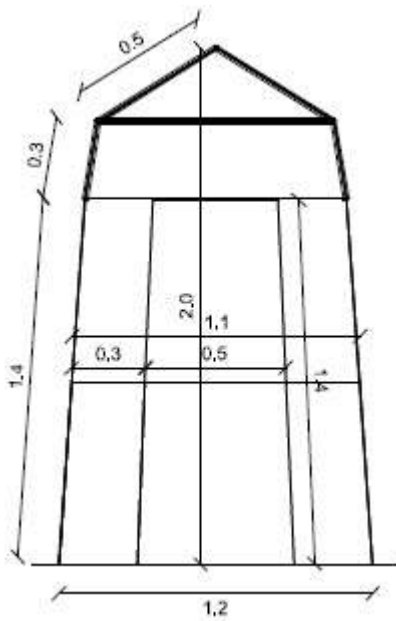
Perspectiva



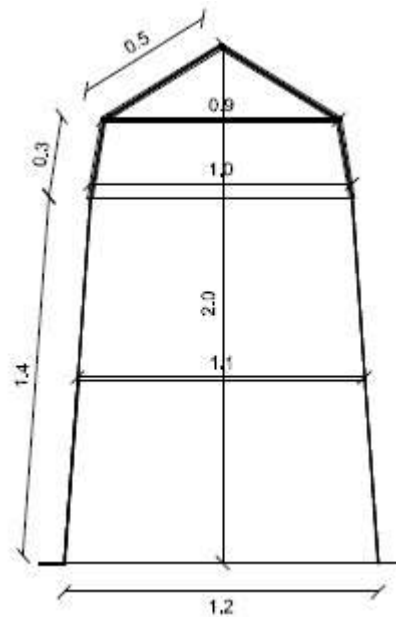
Vista superior

Fuente: elaboración propia

Figura 16. Vistas lateral y frontal de la carpa



Vista frontal



Vista lateral

Figura 17. Planos de la cámara.

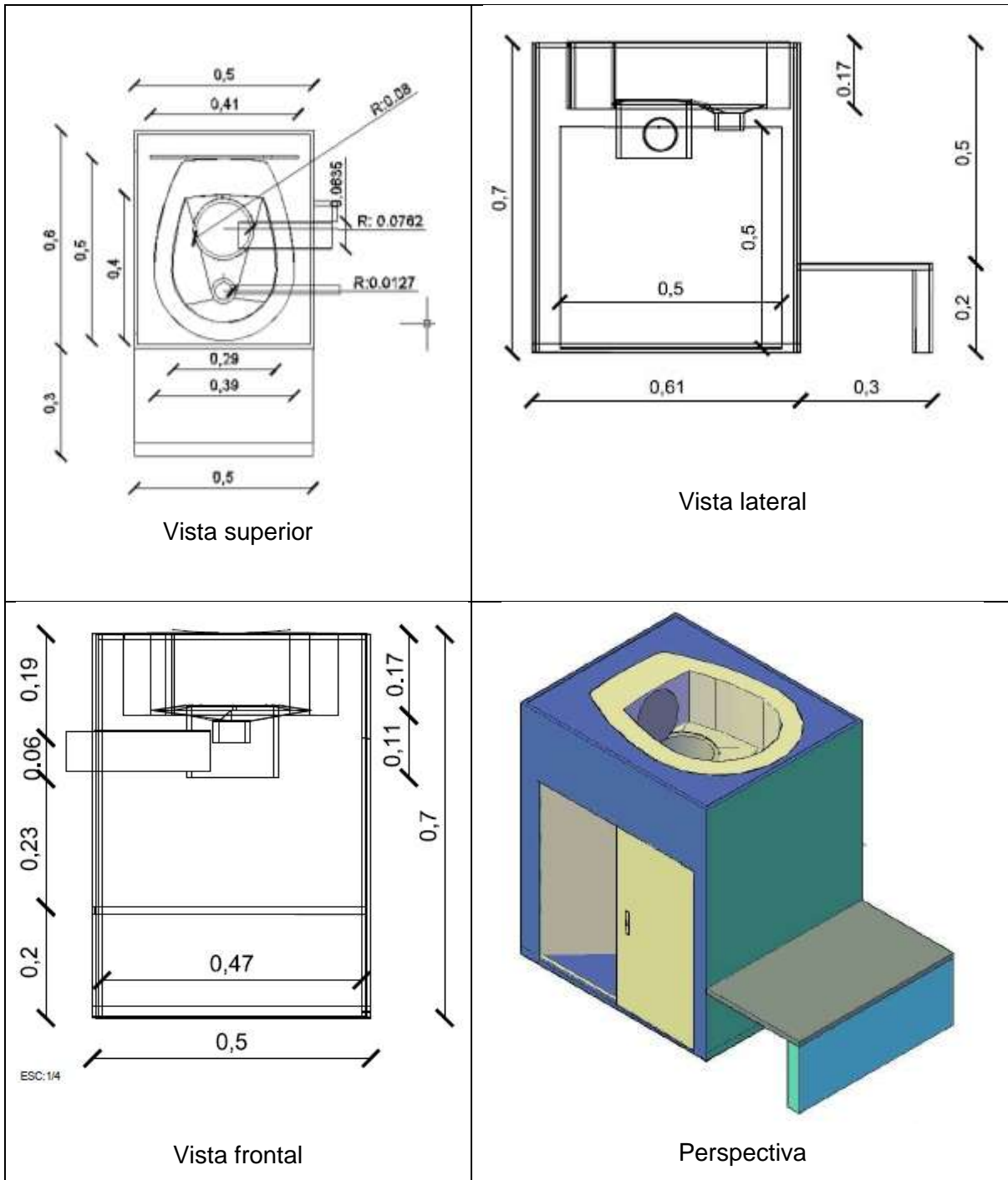


Figura 18. Contenedores de residuos sólidos

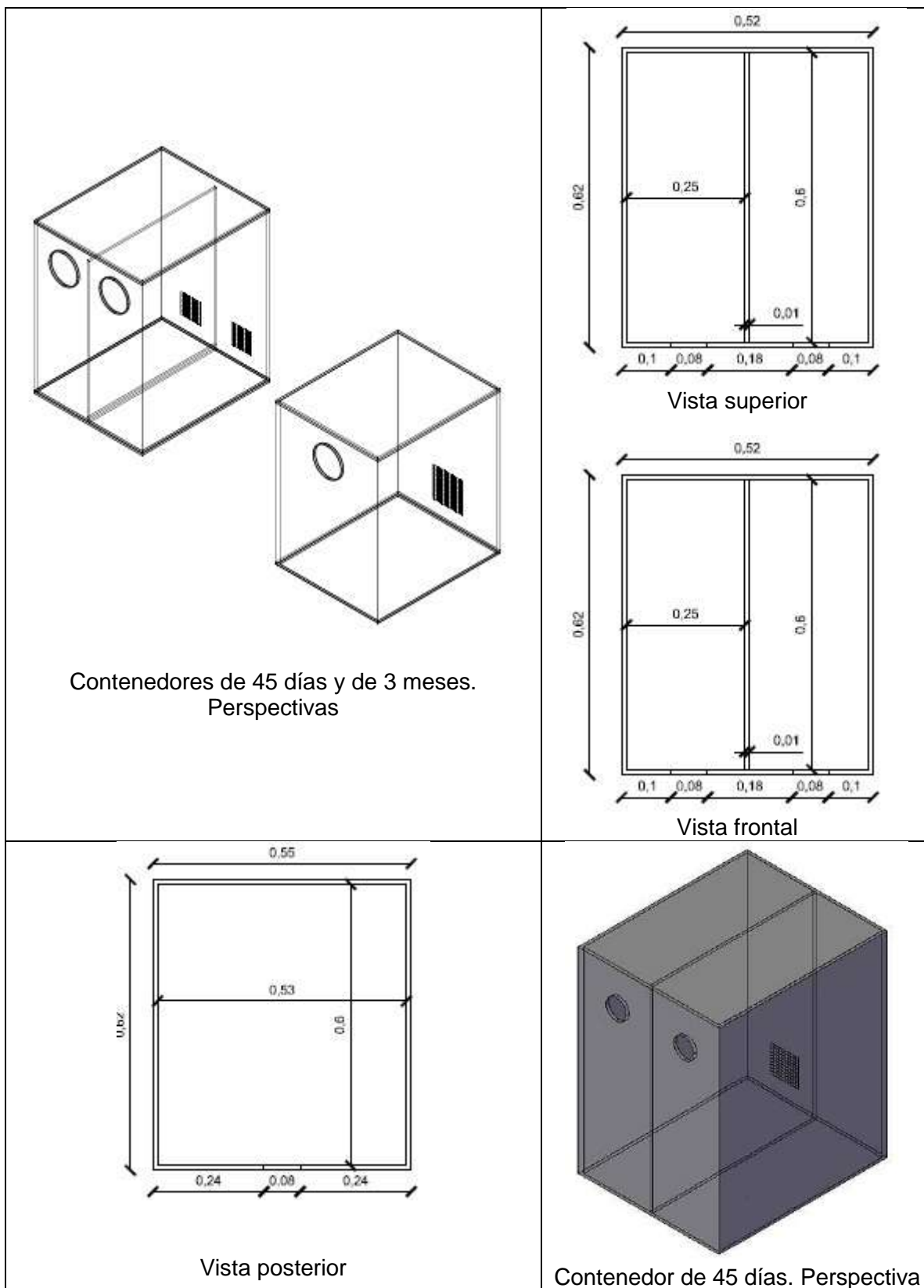
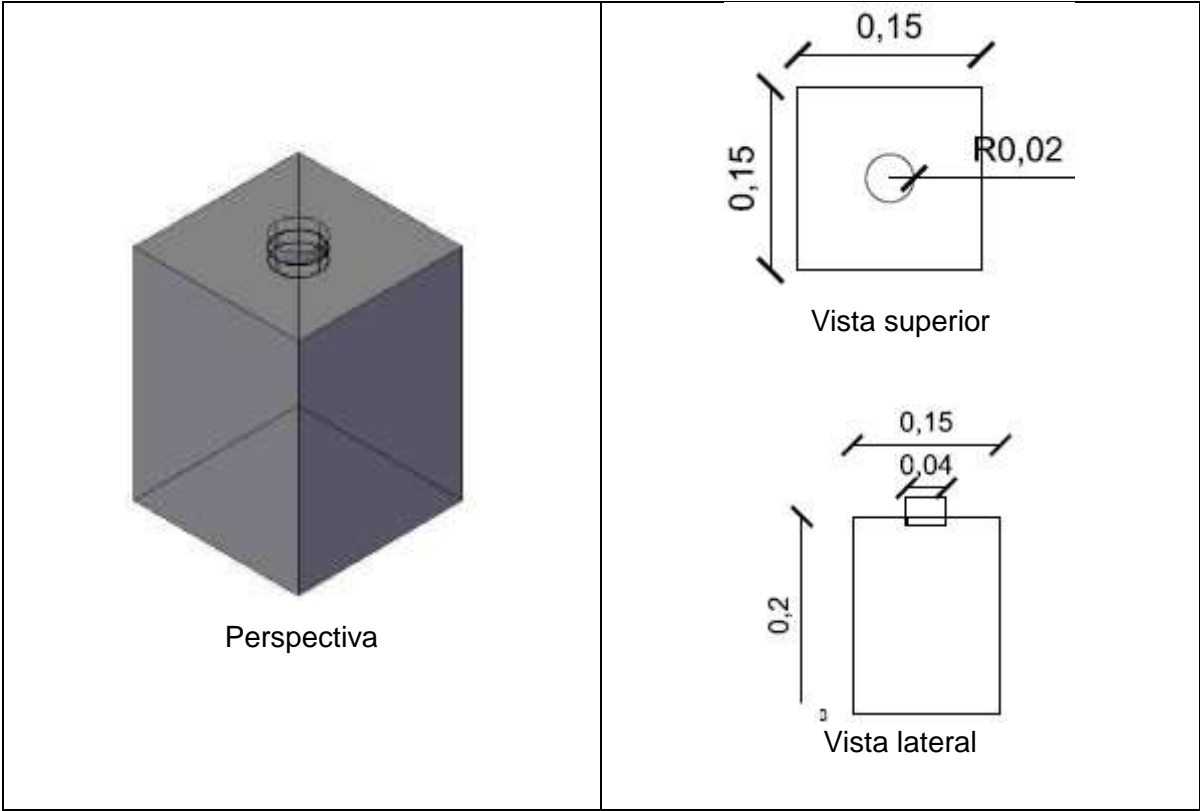


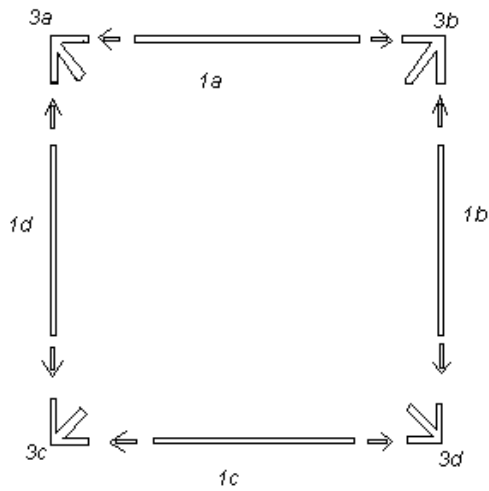
Figura 19. Contenedor de residuos líquidos



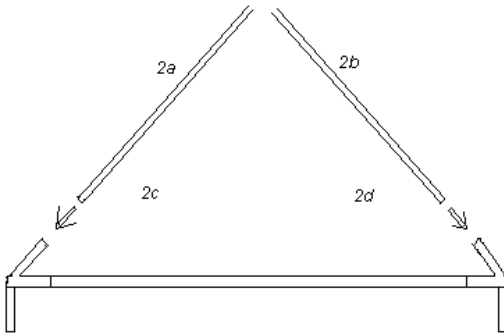
PASOS PARA ARMAR LA ESTRUCTURA Y PANELES DE LA CARPA

1. Paso # 1: base del techo.

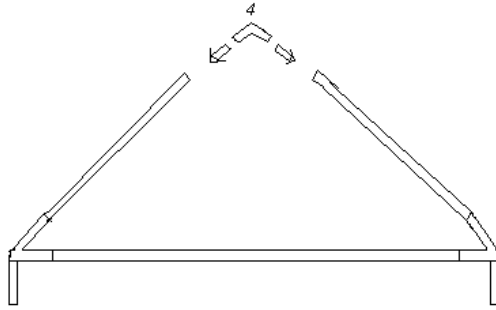
Se identifican los laterales como muestra la figura y luego se procede a la unión con los respectivos codos esquineros.



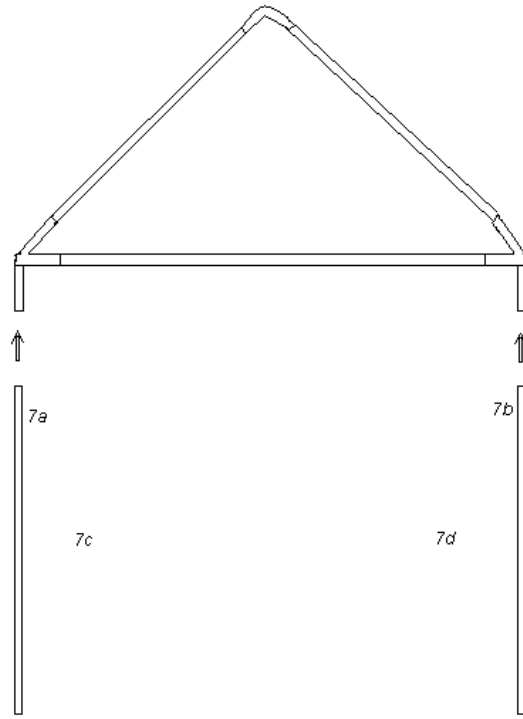
2. Paso # 2: Se instalan los tubos de aluminio como se muestra en la figura, en su respectiva unión.



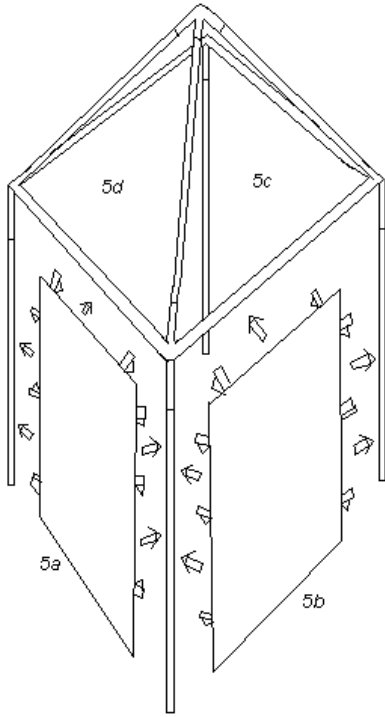
3. Paso #3: Se instala el acople que va fijar los 4 tubos de aluminio tal como lo muestra la figura.



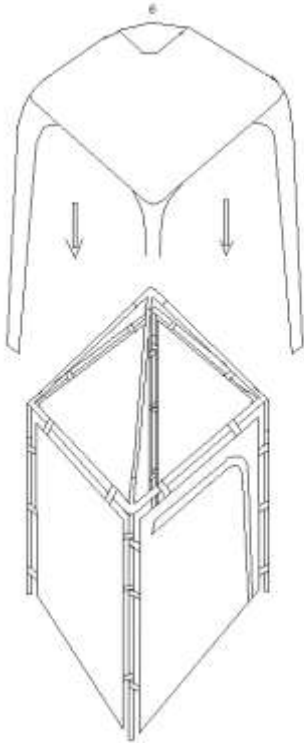
4. Paso #4: Se procede a la instalación de los tubos que van a soportar la estructura del techo, estos deben encajar en la unión tal como se muestra en la figura.



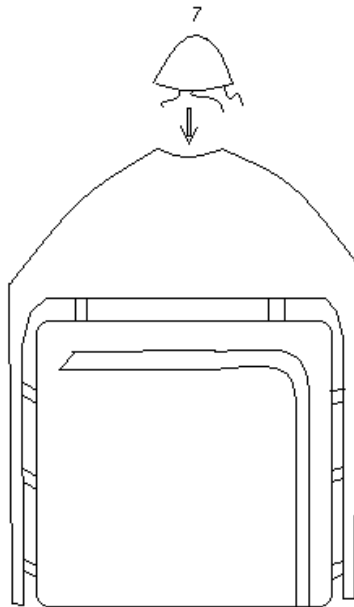
5. Paso #5: Aquí se procede a la instalación de los paneles frontales y laterales, el ajuste es muy fácil debe realizarse como se muestra en la figura.



6. Paso #6: Instalación del techo y protector de laterales.



7. Paso #7: Instalación del protector del ducto de ventilación.



Final: este es el producto obtenido al terminar.

