
**DISEÑO DEL SISTEMA INTEGRAL DE ASEO DEL MUNICIPIO
DE COVEÑAS (SUCRE)**

Elaborado

***JOSE LUIS CARABALLO BOHORQUEZ
ALEJANDRO EMILIO PAOLA CONTRERAS***

Trabajo de Grado realizado para optar el Título de Ingeniero Civil

Director

Guillermo Gutiérrez Ribón
Ingeniero Civil
Msc Ingeniería Ambiental

UNIVERSIDAD DE SUCRE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

Sincelejo, Mayo de 2004

DEDICATORIA

Reconozco que todo trabajo tiene
su recompensa, la mía siento que
la recibí, pero tengo muy
presente que mi esfuerzo
personal no hubiera sido
suficiente para realizar mis
estudios universitarios y
presentar este trabajo de grado,
es por ello que espero
retribuirles en algo a las
personas que todo me lo han
brindado dedicándole este texto.
Y en el cual considero
intervinieron directamente mis

A Dios por acompañarme y
Señalarme el camino a seguir.
A mis Padres Alejandro y Doralba por
su paciencia asidua en enseñarme y
guiarme personal y profesionalmente.
A mis Hermanos Oscar, Yuranis ,
Frank, Alejandro y Leydy por
acompañarme Incondicionalmente en
todo Momento.
A Paula y mi Bebe porque llegan
llenándome de felicidad

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por iluminarnos y conducirnos por el mejor de los caminos, por estar presente en todos nuestros logros personales y sobre todo, por ser el mas grande y el mejor de los amigos.

- ❖ A nuestros padres por regalarnos la vida y por su gran interés y empeño en nuestra formación personal y profesional.
- ❖ A nuestros hermanos por darnos fortaleza, animo y llenarnos de alegría al saber que podemos contar con ellos.
- ❖ A nuestros demás familiares por ofrecernos su apoyo incondicional.
- ❖ A nuestros compañeros de clases por brindarnos su valiosa amistad y poner sus conocimientos a nuestra disposición, en especial a Diana Albis, Jorge Arroyo, Jorge De vivero y Henry Serpa.
- ❖ A la familia Álvarez Salinas por su colaboración en la realización de este trabajo.
- ❖ A la Universidad de Sucre por Universalizar, estructurar y formar integralmente nuestros conocimientos de Ingeniero Civil.
- ❖ Al profesor Guillermo Gutiérrez por su generosidad y amabilidad para dirigir este trabajo.
- ❖ A todos los profesores porque parte de nuestro aprendizaje es producto de todo lo bueno que tienen para enseñar.
- ❖ A los jurados, por su amabilidad y cooperación al aceptar evaluar este trabajo de grado.
- ❖ Al Ing. Fernando Delgado por su colaboración en la ampliación de la información, al Señor. Félix Ayubb, José Luis Romero, Carlos Ladeut, Emiliano Muñoz y Roberto Navarro por ser un excelente equipo de trabajo y por su colaboración asidua en la recolección de información y voluntad para desarrollar las etapas de premuestreo y muestreo.

"Únicamente los autores son responsables de las ideas expuestas en el presente trabajo"

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
1. GENERALIDADES	15
1.1 ESTADO DEL ARTE	15
1.1.1 Disposición final de los residuos sólidos.	17
1.2 METODOLOGIA	22
1.2.1 TRABAJO DE OFICINA	22
1.2.1.1 Revisión Bibliográfica	22
1.2.1.2 Diseño de Encuesta	22
1.2.1.3 Organización e Interpretación de Resultados	23
1.2.1.4 Diseño del Sistema de Aseo	23
1.2.1.5 Elaboración del Documento Final	23
1.2.2 TRABAJO DE CAMPO	23
1.2.2.1 Realización de la Encuesta.	23
1.2.2.2 Diagnóstico del actual tratamiento de residuos sólidos.	24
1.2.2.3 Muestreo	24
1.2.2.4 Levantamiento Topográfico	26
2. DIAGNÓSTICO	27
2.1 SECTOR RESIDENCIAL	28
2.1.1 Sector Portuario e Industrial	32
2.1.2 Sector Institucional Militar	33
2.1.3 Sector de Producción de Residuos Especiales y Peligrosos	34
2.2 SECTOR TURÍSTICO	35

3 RESULTADOS Y ANALISIS	40
3.1 PRODUCCIÓN	40
3.1.1. Resultados Premuestreo Residencial	40
3.1.2. Resultados Premuestreo Turístico	43
3.1.3. Resultados Muestreo Residencial	45
3.1.4. Resultados Muestreo Turístico	48
3.1.5. Proyecciones	51
3.1.5.1. Calculo de la Población Actual y Futura	51
3.1.5.2. Proyección de la Producción de Residuos Sólidos	52
3.1.5.3. Residuos Sólidos Peligrosos	53
3.2 COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	53
3.2.1. Análisis de la Composición Física de los Residuos Sólidos.	61
3.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	63
3.3.1. Biodegradabilidad de los Residuos Sólidos	64
3.3.2. Contenido Energético de los Residuos Sólidos	64
3.3.3. Lixiviados	65
3.3.3.1. Cantidades de Residuos.	66
3.3.3.2. Características de los Residuos Sólidos	66
3.3.3.3. Característica del Relleno	66
3.3.3.4. Composición Química	67
3.3.3.5. Composición Molar de los Elementos	68
3.3.3.6. Cantidad de Gas que Pueden derivarse de la Descomposición Lenta y Rápida de los Constituyentes Orgánicos de los Residuos Sólidos	68
3.3.3.7. Definición de los elementos del balance de aguas :	74
3.3.3.8. Balance de aguas para el primer año:	75
3.4 RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	76
3.4.1.1. Cobertura	78
3.4.1.2. Cuadrilla	78

3.4.1.3	Equipo	78
3.5	ASPECTOS TÉCNICOS DE DISEÑO	79
3.5.1	Aspectos generales	80
3.5.2	Localización del Sitio Para la Planta de Selección y Disposición Final de Residuos Sólidos del Municipio de Coveñas	80
3.5.2.1	Geología de la Zona:	81
3.5.2.1.1	Espesor del Suelo:	81
3.5.2.1.2	Pendiente:	82
3.5.2.1.3	Textura:	82
3.5.2.1.4	Permeabilidad:	82
3.5.2.2	Topografía del Sitio.	82
3.5.2.3	Meteorología de la Región.	82
3.5.2.4	Posibilidad de Material de Cobertura.	83
3.6	SISTEMA DE APROVECHAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	84
3.6.1	Movimiento de Tierras	84
3.6.2	Frente de Trabajo y Conformación de la Celda Diaria	84
3.6.3	Sistema de Impermeabilización	85
3.6.4	Sistema de Cobertura Final	85
3.6.5	Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales	86
3.6.6	Sistema de Manejo de Aguas Lluvias	86
3.6.7	Procesos de Recuperación, Reciclaje y Valorización de Residuos	87
3.6.7.1	Reciclaje	87
3.6.8	Obras de Adecuación Para la Operación del Relleno Sanitario	89
3.6.8.1	Valla de Información	89
3.6.8.2	Cerco Perimetral.	90
3.6.8.3	Puerta	90
3.6.8.4	Caseta de Registro	90
3.6.8.5	Zona Administrativa	90

3.6.8.6	Bodegas	91
3.6.8.7	Taller de Maquinas	91
3.6.8.8	Zona de Compostación	91
3.6.8.9	Vías Internas	92
3.6.8.10	Vía Principal	92
3.6.8.11	Vías Internas Secundarias	92
3.6.8.12	Vías Internas Temporales	93
3.6.8.13	Señalización Vial	93
4. CONCLUSIONES		94
5. RECOMENDACIONES		96
BIBLIOGRAFIA		99
ANEXOS		101

LISTA DE TABLAS

TABLA 1.	RESULTADOS ENCUESTA SECTOR RESIDENCIAL	Pág.30
TABLA 2.	RESULTADOS ENCUESTA SECTOR TURÍSTICO	Pág.36
TABLA 3.	UNIDADES PREMUESTRALES RESIDENCIALES	Pág. 40
TABLA 4.	UNIDADES PREMUESTRALES TURÍSTICAS	Pág. 43
TABLA 5.	UNIDADES MUESTRALES RESIDENCIALES, INSTITUCIONALES Y COMERCIALES	Pág. 44
TABLA 6.	UNIDADES MUESTRALES TURÍSTICAS	Pág 48
TABLA 7.	PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN	Pág. 51
TABLA 8.	APORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS POR SECTOR TEMPORADA BAJA	Pág. 52
TABLA 9.	PROYECCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	Pág. 53
TABLA 10.	APORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS POR SECTOR TEMPORADA ALTA.	Pág. 54
TABLA 11.	APORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS POR SECTOR TEMPORADA BAJA.	Pág. 55
TABLA 12.	APORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS POR SECTOR TEMPORADA ALTA	Pág. 56
TABLA 13.	COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	Pág. 57
TABLA 14.	PROPORCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PONDERADOS.	Pág. 58
TABLA 15.	PONDERACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	Pág. 58
TABLA 16.	RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO	Pág. 62
TABLA 17.	CONTENIDO ENERGÉTICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	Pág. 63
TABLA 18.	CONSTITUYENTES ORGANICOS RAPIDAMENTE BIODEGRADABLES	Pág. 65
TABLA 19.	CONSTITUYENTES ORGANICOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS LENTAMENTE BIODEGRADABLES	Pág. 65
TABLA 20.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS RAPIDAMENTE BIODEGRADABLES.	Pág. 65
TABLA 21.	COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS LENTAMENTE BIODEGRADABLES..	Pág. 65
TABLA 22.	PRODUCCIÓN ANUAL DE GAS DE LOS RSRB	Pág. 69
TABLA 23.	PRODUCCIÓN ANUAL DE GAS DE LOS RSLB	Pág. 70
TABLA 24.	AGUA DE INFILTRACIÓN POTENCIAL	Pág. 71
TABLA 25.	PRODUCCIÓN DE LIXIVIADO	Pág. 74
TABLA 26.	BALANCE DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN	Pág. 83

LISTA DE GRAFICAS

GRAFICA 1.	APORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS POR SECTOR TEMPORADA BAJA	Pág.56
GRAFICA 2.	APORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS POR SECTOR TEMPORADA ALTA	Pág.57
GRAFICA 3.	APORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS POR SECTOR (Inst. Militar e Industrial) TEMP. BAJA	Pág.58
GRAFICA 4.	APORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS POR SECTOR (Inst. Militar e Industrial) TEMP. ALTA	Pág.59
GRAFICA 5.	PONDERACIÓN DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	Pág.61
GRAFICA 6.	VOLUMEN DE GAS PARA LA R.S.R.B.	Pág.72
GRAFICA 7.	VOLUMEN DE GAS PARA LA R.S.L.B	Pág.73

INTRODUCCIÓN

Dentro del amplio espectro de temas que guardan relación con una problemática de tanta actualidad como es la protección del medio ambiente, el manejo de los residuos sólidos, ocupa un lugar principal. De hecho, los principios que guían hoy las estrategias de la política de conservación ambiental de los organismos nacionales e internacionales, están orientadas hacia el control y prohibición de vertimientos de todo tipo de desechos y ha sido tan prioritario el tema, en especial el de los residuos sólidos, que hacen parte de la economía de los países en la medida en que éstos integren los factores ambientales, sociales y económicos bajo lo que se denomina Gestión Integral de Residuos Sólidos, el cual es un término aplicado a todas las actividades programadas con el propósito de ejecutarse y así lograr que los residuos producidos por la sociedad sean compatibles con las medidas de protección ambiental, la salud pública y con los deseos de Reutilizar y Reciclar los materiales recuperables que son recursos dentro de otro marco porque sus propiedades intrínsecas se conservan a pesar de haber sido desechados.

Con respecto a lo anterior y obedeciendo el compromiso que se adquiere con la comunidad en relación con la puesta al servicio de los conocimientos de la ingeniería, se expone el presente trabajo de grado, concebido como “Diseño del Sistema Integral de Aseo del Municipio de Coveñas”, a través del cual se apropia el concepto de gestión integral de residuos sólidos aplicado exclusivamente al enunciado de las actividades a desarrollar para el tratamiento adecuado de los residuos sólidos en asocio con la infraestructura requerida para el óptimo funcionamiento del sistema.

El presente documento es fruto de la constante búsqueda, recopilación y creación de información, así como del ingenio para formular la solución al inadecuado manejo domiciliario, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos que produce el municipio de Coveñas. Su implementación es la mejor forma de tener un entorno estético y disminuir los riesgos a la salud de la población, la cual cuenta con gran potencial turístico y ecoturístico, pero que aún no ha logrado organizarse totalmente, por lo menos en lo que respecta a ordenamiento territorial y administración de los servicios públicos domiciliarios del sector agua potable y saneamiento básico, debido a su corta vida como municipio. Lo expresado anteriormente conlleva a que el servicio de aseo se comprenda mas allá de la administración pública, limitado a la recolección, selección y disposición final, la nueva visión expuesta con este trabajo, se recrea en procesos que abarcan un mundo de posibilidades cobijados por la disciplina, la técnica y la ciencia que posibilitan la vinculación de estos a los planes de gestión integral de residuos sólidos establecidos mediante el decreto 1713 de 2002. Siguiendo lo anterior, se trazó un esquema secuencial de las fases de tratamiento y disposición final previo a la determinación de la cantidad, composición física y química y diagnóstico de la situación actual que fueron la base para recomendar la implementación de un servicio de recolección y transporte, separación de material inorgánico recuperable, tratamiento de biotransformación de la materia orgánica y la disposición final de los residuos no recuperables, tal como se indica en el documento y se detalla en los planos.

RESUMEN

El diseño del sistema integral de Aseo del municipio de Coveñas, se compone básicamente de tres fases, obedeciendo a un orden cronológico para el desarrollo satisfactorio de este proyecto.

En la primera fase se realizaron las encuestas y el muestreo, lo que permitió conocer los datos de soporte como producción, composición física y química, proyección de cantidades y tipo de disposición final de residuos sólidos empleada por la comunidad.

En la segunda fase se desarrollo todo lo concerniente a la escogencia del sitio de disposición final, se tuvieron en cuenta factores ambientales, sociales y condiciones locales. El sitio seleccionado se levantó topográficamente y se hizo un apique para extraer muestras de suelo. El análisis de suelo corrobora la información de un estudio hidrogeológico realizado en la zona, el cual muestra la predominancia absoluta de arcilla, terrenos por lo tanto aptos para las labores de enterrado de Residuos Sólidos.

La tercera fase correspondió al diseño de la zona de clasificación, compostaje y bodegas de almacenamiento en base a la producción y composición física. Se diseño la caseta de vigilancia, el cerco perimetral, un taller para maquinas y una zona administrativa. Diseñada la infraestructura asociada al Relleno Sanitario se dimensionaron las trincheras, los canales para interceptar las aguas lluvias, los espesores de las vías, la piscina de pondaje, el sistema de recolección y recirculación de lixiviados, el equipo de bombeo, las tuberías de agua potable y aguas residuales, y se propuso para el tratamiento de aguas residuales un sistema séptico eternit complementado con el diseño de un campo de infiltración.

Por último se dan las conclusiones del trabajo y se dan las recomendaciones sobre el manejo del sistema, como manejar su eficiencia, recomendaciones a la comunidad, a CARSUCRE y al municipio de Coveñas.

ABSTRACT

The design of the integral system of Toilet of the municipality of Coveñas, is composed basically of three phases, obeying a chronological order for the satisfactory development of this project.

In the first phase they were carried out the surveys and the sampling, what allowed to know the support data as production, physical and chemical composition, projection of quantities and form of final disposition of solid residuals used by the community.

In the second phase you development all the concerning one to the escogencia of the place of final disposition, they were had under bill environmental, social factors and local conditions. The selected place rose topographically and an apique was made to extract floor samples. The floor analysis corroborates the information of a hidrogeológico study carried out in the area, which shows the absolute predominance of clay, lands therefore capable for the works of having buried of Solid Residuals.

The third phase corresponded to the design of classification area, compost and storage cellars based on production and the physical composition. The design of the hut surveillance, the fence perimetral, a shop for you scheme and administrative area. Designed the infrastructure associated to the Sanitary Filler you dimension the trenches, the channels to intercept the waters rains, the thickness of the roads, the pondaje pool, the gathering system and recirculation of having leached, the team of pumping, the pipes of drinkable water and wastewaters, and for the treatment of wastewaters a system septic eternit supplemented with the design of an infiltration field.

Lastly the conclusions of the work are given and the recommendations are given on the handling of the system, as managing their efficiency, recommendations to the community, CARSUCRE and the municipality of Coveñas.

1. GENERALIDADES

1.1 ESTADO DEL ARTE

Los residuos sólidos son todos aquellos que surgen de las actividades humanas y animales los cuales son desechados como inservibles o no requeridos, día tras día mas complejos por el creciente urbanismo que los ha convertido en una masa heterogénea (Muñoz y Collazos 1993).

Son el suelo, el agua y el aire los receptores de los residuos, por lo que paulatinamente estos tres elementos, indispensables para la vida y el desarrollo del hombre y demás seres vivos, se viene deteriorando.

El crecimiento exponencial de la población mundial, al igual que el crecimiento económico, bajo la cobertura idealizada de "industria productiva avanzada" ha generado mayor cantidad de residuos, causando una acumulación de los mismos, aspecto preocupante, no sólo por la perdida de recursos naturales, y por la peligrosidad para el entorno, sino, por las dificultades económicas, geográficas, ecológicas y sociales, para encontrar un destino final aceptable y manejar adecuadamente los residuos sólidos. (Pineda 1998).

Es el llamado progreso, el motor del estado de bienestar, el que fomenta el despilfarro y el consumo con la moda del "usar y tirar", ocasionando un gasto inútil y generando una gran cantidad de residuos. Los países industrializados saben y son conscientes de tal situación, pero aun así, su población que representa el 20%, consume el 80% de la producción mundial. (Castells 2000).

Esta problemática de masiva generación de residuos sólidos, se pretende solucionar a través de una política de tratamiento, que unánimemente comparten muchos países industrializados y que a grandes rasgos tiene los siguientes tres puntos de referencia:

1- Minimización: Se pretende fomentar procesos que reduzcan la generación de residuos, lo cual supone que se deben cambiar algunos aspectos en los procesos de producción, en las materias primas o, simplemente, en los hábitos de fabricación.

2- Valorización: Una vez producido el residuo se debe reducir, aplicando una serie de técnicas que permitan su reutilización. Es el proceso conocido como vías de las tres "R" la Recuperación de todos aquellos materiales que puedan volver a usarse. El Reciclaje por medio de las numerosas técnicas existentes y la Reutilización, directa e indirecta, del material.

3- Tratamiento: comprende todos los procesos que tienen como fin reducir la toxicidad del residuo, pero cuyo destino final es el relleno sanitario. (Castells 2.000).

La producción de residuos sólidos varía en composición y cantidad no sólo de un país a otro, sino, de una localidad a otra y está determinada por el nivel socioeconómico, los hábitos de consumo, el grado de industrialización, la actividad económica predominante y el tamaño de la comunidad; por ejemplo, en Colombia se pueden observar claras diferencias entre ciudades: Bogotá produce 4.600 ton / día de residuos sólidos con una producción per cápita de 0.74 Kg/hab.-día. Y una población como Aracataca produce 6 ton/día con una producción per cápita de 0.35 Kg/hab.-día. Atípicamente Santa Marta, que es una ciudad intermedia, genera 230 Ton/día de residuos sólidos con una producción per cápita de 1.1 Kg/hab.-día, un valor mucho mayor que el de la ciudad de Bogotá, el cual se debe básicamente a la actividad económica predominante que es el turismo. (OPS 1996).

En contraste, para el Municipio de Coveñas no se conoce un valor ni siquiera aproximado de la producción de residuos sólidos, debido a que no se cuenta con una empresa que planifique la gestión de los residuos sólidos. Pero igual el problema existe y es que se desconoce dónde y cómo se tratarán y dispondrán las basuras, de tal manera que no interfieran con el desarrollo

urbanístico y no afecten el medio ambiente.

En general se puede afirmar que en los municipios del Departamento de Sucre, inclusive su capital, Sincelejo, se desconocen estudios técnicos de los residuos sólidos que se producen, específicamente lo concerniente a la composición física y química de estos, como en la producción per cápita de los mismos, por lo que las técnicas aplicadas para el manejo y disposición de los residuos pueden presentar innumerables falencias.

Para diseñar cualquier sistema integral de aseo urbano, es necesario conocer lo mas ampliamente posible todos los factores que caracterizan a los residuos sólidos, la población que los produce y la zona que ocupan estas poblaciones.

1.1.1 Disposición final de los residuos sólidos.

Los sistemas de tratamiento para integrar los residuos sólidos a medio lo constituyen principalmente la Incineración, la Compostación, y la Recuperación con o sin transformación, simultáneamente con el Relleno Sanitario (Tchobanoglous Y Colaboradores 1993).

La Incineración: Es uno de los métodos mas antiguos, desarrollados y tecnificado a finales del siglo XIX. Fue considerada la mejor solución para los residuos sólidos porque con ella se reduce volumen y peso de los mismos, deja residuos inodoros, no combustibles, homogéneos, de mejor aspecto y sin valor para la procreación de insectos y roedores. Pero se creó un nuevo problema, que es la contaminación atmosférica, que sumada a los altos costos de combustible, de construcción y mantenimiento de los incineradores, han ido eliminando este sistema especialmente en América Latina, siendo sólo utilizado para los residuos especiales como los hospitalarios (OPS/OMS 1995).

La Compostación: La técnica del compost es un método que acelera la

descomposición biológica de los residuos hasta obtener un humus estabilizado. Estas técnicas se mejoraron en Europa entre 1920 y 1930 y, prácticamente, reemplazaron a los incineradores, pero comenzó a decaer cuando se demostró que el producto final, en ese entonces, no tenía mercado y no podía competir con los fertilizantes y adecuadores de tierra comerciales. (Duque y Collazos 1995).

No se puede, hoy en día, generalizar esta situación, pues eso depende del contexto. Lo más adecuado antes de tomar una decisión de esta magnitud, es realizar un estudio de mercado pertinente y evaluar el proyecto para determinar su viabilidad técnica, legal, económica y gerencial.

En el Departamento de Sucre se produce bioabono orgánico (compost por proceso de vermicultura), apetecido en la zona y en el interior del país por considerarse un gran fertilizante a muy bajo costo.

La Reutilización y el Reciclaje: La reutilización se refiere a volver a utilizar el material de desecho, mientras que el reciclaje es la utilización de los elementos que constituyen el residuo, para elaborar otros productos; as por ejemplo: en Estados Unidos la chatarra es la fuente del 50% del plomo, el 40% del cobre, el 45% del hierro y acero y el 25% del zinc y del aluminio. (Sticrelberger, D. En Residuos Sólidos de Duque y Collazos 1993).

En el Departamento de Sucre se tiene conocimiento, aunque no con exactitud, de la existencia de cooperativas recolectoras de papel, cartón, vidrio y chatarra, principalmente.

El reuso y reciclaje de los residuos sólidos minimizan el problema de la disposición final, porque solo lo que no se utiliza es lo que se dispondrá en el relleno sanitario.

Siendo la cultura del reciclaje una técnica que trae consigo tantas ventajas,

no siempre es la más utilizada en el mundo o, por lo menos, en las comunidades urbanas y rurales de la región por la falta de dicha cultura. Sin embargo, parece ser que en ocasiones resulta mas costoso reciclar que adquirir nuevas materias primas para la fabricación de productos.

Reellenos Sanitarios: Una vez aprovechados o no, los residuos sólidos se disponen en los rellenos sanitarios. La American Society Of Civil Engineers (ASCE), define el relleno sanitario como una técnica para la disposición de la basura en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestias o peligros para la salud y la seguridad publica, utilizando principios de ingeniería para confinar la basura en la mínima área posible, para luego cubrir las basuras depositadas, con una capa de tierra diariamente al final de la jornada, o tan frecuentemente como sea necesario".

Varios autores, coinciden al exponer que los rellenos sanitarios son actualmente los métodos más económicos y aceptables. Sin embargo, en los países industrializados los costos crecientes de los rellenos sanitarios hacen que los procesos de incineración y compostaje sean competitivos, aun cuando utilicen una técnica avanzada.

Para el caso de los países subdesarrollados, existen diferencias entre los costos de tratamiento sofisticados y los rellenos sanitarios, de hasta veinte veces, por lo cual estos son la alternativa que mas se ha empleado en Latinoamérica. (OPS/OMS 1995).

Los rellenos sanitarios han sido clasificados de acuerdo al vertido y al tipo de trituración y de acuerdo a las condiciones y características de los terrenos.

Teniendo en cuenta el primer criterio, se tiene:

- a) Relleno sanitario para residuos sólidos urbanos no seleccionados: en este tipo de rellenos se disponen los residuos directamente desde la recogida; también se llevan a ellos cantidades limitadas de residuos

industriales no peligrosos y de todas las plantas de tratamientos de aguas residuales como de agua potable.

- b) Relleno sanitario controlado con trituración previa: triturando los residuos se consigue un producto más homogéneo y de más fácil manejo con un ligero aumento de la densidad de los residuos. Con la reducción de volumen se consigue un menor costo económico de transporte posterior y mejora de las condiciones de higiene en el relleno sanitario.
- c) Sistema de vertido controlado con trituración in situ: emplea básicamente la técnica anterior pero no hay recubrimiento diario de los residuos, de forma que al utilizar racionalmente la máquina compactadora y trituradora a la vez, se logra una degradación aerobia de los residuos y una ausencia parcial de lixiviados.
- d) Relleno sanitario con base en balas de alta densidad: tiene un bajo índice de descomposición de los residuos y se logra una alta densidad de las balas cuyo peso oscila entre 1 y 2 ton/m³, permite así, el uso del área de vertido para múltiples propósitos entre ellas las referidas a fines recreativas. (Pineda 1.998). Vale la pena decir que muy poco, los rellenos sanitarios de países subdesarrollados, utilizan técnicas de trituración, simplemente, los residuos llegan, se esparcen, se compactan y se cubren con tierra después es compactada.

Teniendo en cuenta las condiciones y características del terreno, se tiene:

- a) Relleno Sanitario tipo área: Se emplea cuando se dispone de terrenos con depresiones y hondonadas naturales y artificiales, canteras producidas por extracción de materiales como arena, arcilla, grava y otros similares.
- b) Rellenos sanitario tipo zanja o trinchera: En él se excavan zanjas o

trincheras para albergar la basura.

- c) Relleno sanitario rampa: Como su nombre sugiere, los desperdicios se descargan y extienden sobre una rampa, para luego ser apisonados y cubiertos.

En todos los rellenos se producen gases, constituidos por otros gases que están presentes en grandes cantidades llamados principales y otros que se presentan en pequeñas cantidades que se conocen como oligogases. Los constituyentes principales del gas son: el Amoníaco (NH_3), Dióxido de Carbono (CO_2), Monóxido de Carbono (CO), Hidrógeno (H_2), Sulfuro de Hidrógeno (H_2S), Metano (CH_4), Nitrógeno (N_2) y Oxígeno (O_2).

Igualmente se producen líquidos llamados lixiviados que se filtra a través de los residuos sólidos y que extrae materiales disueltos o en suspensión. La cantidad de lixiviados producidos por un relleno sanitario depende de la precipitación registrada en la zona, de la humedad y composición de los residuos y de la compactación que alcance el relleno. (Tchobanoglous y colaboradores 1993).

Los rellenos sanitarios aunque presentan ventajas, no son la solución perfecta porque con ellos se esta sepultando energía, se pueden poner en riesgo las aguas subterráneas y las superficiales, por lo que se deben seleccionar sitios adecuados y aplicar los principios ingenieriles ajustados para su manejo, así, como determinadas tecnologías o combinación de técnicas, con el fin de minimizar los impactos negativos generados.

En la Costa Atlántica Colombiana recientemente es reconocido el nuevo relleno sanitario de la ciudad de Cartagena de Indias, el cual fue diseñado con base en los parámetros que estable el "RAS 2000". Dicho caso puede ser un ejemplo cercano y apropiado de comparación para la propuesta "*Diseño del sistema integral de aseo del municipio de Coveñas*".

Un sistema integral de aseo comprende, además del manejo y la disposición

final de los residuos sólidos, la recolección de estos, lo que implica el diseño de un Macrorruteo y un Microrruteo, la escogencia de una frecuencia de recolección, así como de un equipo o vehículo transportador de los residuos. Los vehículos transportadores pueden ser de tracción animal para pueblos pequeños. Para poblaciones mayores se puede utilizar volquetas, tractores con vagones o carros compactadores de diferentes capacidades. Sea como fuere el sistema de aseo a seleccionar e implantar, debe siempre tener presente los criterios de economía, eficiencia y seguridad, así como un trabajo en equipo con los usuarios de dicho sistema y la empresa municipal prestadora del servicio.

1.2 METODOLOGIA

Se dividió el trabajo en dos partes: Trabajo de campo y Trabajo de oficina

1.2.1 TRABAJO DE OFICINA

1.2.1.1 Revisión Bibliográfica

Inicialmente se revisó la bibliografía pertinente a la temática de residuos sólidos, con el fin de ampliar el conocimiento del estado del arte y ajustarlo al escenario de referencia. Es importante aclarar que esta actividad actuó como una constante durante el desarrollo del proyecto.

1.2.1.2 Diseño de Encuesta

Se diseñó una encuesta, que sirvió como punto de contacto directo con la comunidad de Coveñas, a la vez que se obtuvieron datos importantes para el diseño del sistema, la encuesta permitió conocer la opinión de los habitantes y de los establecimientos turísticos, acerca de la prestación del servicio de aseo urbano, así como sus expectativas ante un nuevo sistema.

1.2.1.3 Organización e Interpretación de Resultados

Con base en el sector donde se realizó la encuesta se analizaron los resultados, de acuerdo al tipo de respuesta obtenida con la misma y se clasificaron para facilitar las comparaciones que permitieron inferir a conclusiones.

1.2.1.4 Diseño del Sistema de Aseo

Adquirida y evaluada la información y conociendo la temática de residuos sólidos, se planteo la mejor alternativa de solución para la problemática que presenta el sistema integral de aseo del municipio de Coveñas, la cual incluyó:

Ubicación del sitio de manejo y disposición final de los residuos sólidos, Diseño de estructuras para el manejo de aguas lluvias y lixiviados, Diseño del sistema de eliminación de gases, Diseño de vías de acceso en el relleno sanitario, macrorruteo y microrruteo, e infraestructura asociada a la clasificación, reciclaje y tratamiento de residuos sólidos.

1.2.1.5 Elaboración del Documento Final

En el documento final se organizó y plasmó todas las actividades y resultados que fueron necesarios para concebir este proyecto y así dar solución al inadecuado manejo y disposición de los residuos sólidos en el Municipio de Coveñas.

1.2.2 TRABAJO DE CAMPO

1.2.2.1 Realización de la Encuesta.

La encuesta previamente diseñada se realizó a una población muestra, y sirvió para elaborar el diagnóstico y determinar el numero de habitantes promedio por vivienda, dato utilizado para el cálculo de la producción per cápita. Se necesitaron planos de la localidad para ubicar las viviendas

seleccionadas.

1.2.2.2 Diagnóstico del actual tratamiento de residuos sólidos.

Se realizaron visitas técnicas al municipio de Coveñas, para revisar la forma como la población y las autoridades competentes del municipio tratan y disponen los residuos sólidos. En este se identificaron problemas de contaminación en aguas superficiales, especialmente en áreas cenagosas.

1.2.2.3 Muestreo

Se empleó el método descrito por el instituto Colombiano de Normas Técnicas. El muestreo se realizó cumpliendo el procedimiento particular de sistemas de aseo que estipula el RAS 2000, el cual obedeció a unos cálculos estadísticos, obtenidos, en primera instancia, por un premuestreo, en el que fue determinada la varianza. A continuación, se presenta en detalle el procedimiento seguido.

Luego de haber calculado el tamaño de la muestra para el sector residencial y turístico, se realizó una selección al azar de las unidades muestrales de igual manera como se hizo para el premuestreo. Para la selección aleatoria se elaboraron papeles con el número de cada una de las viviendas y de los hoteles que conforman el municipio y se echaron independientemente en dos bolsas para sacarlos al azar. Para la numeración se tomó un plano de viviendas del municipio y se inició la asignación de los números de la siguiente manera:

Para el sector residencial se tomó el sentido de la Isla de Gallinazo – Guayabal – Punta Seca y para el sector turístico toda la franja costera desde Puerto Viejo hasta San José.

Ya en campo, se tomaron unos días previos al muestreo, para comprobar la existencia de las unidades muestrales tomadas, se revisó nuevamente la

estratificación y resultó conveniente trabajar un único estrato. Fue realizada una visita a las viviendas y a los establecimientos para explicarles el propósito del estudio y se fijó en el calendario los días de muestreo.

Una vez seleccionada y ubicadas las unidades lo que correspondía era marcarlas para identificarlas fácilmente. Esta se realizó el mismo día que se repartieron las bolsas para el depósito de las basuras del primer día. Dos días después se inició la recolección de basuras y se entrevistaron a los jefes de hogar para conocer el número de personas que habitaban la vivienda y a los administradores de hoteles el número de personas hospedadas, el número de trabajadores y los porcentajes de ocupación para la fecha del muestreo, semana santa, vacaciones de mitad de año y vacaciones de fin de año, además de los trabajadores necesarios para atender cada temporada.

Luego se hacía el pesaje de la muestra y al final de la recolección se trasladaban al basurero a cielo abierto de San Antero para tomar densidad y realizar el pesaje de los distintos componentes de los residuos sólidos, haciendo en principio un cuarteo para determinar la composición física de los residuos sólidos, luego se votaban las tres cuartas partes que no eran utilizadas y se hacían un esparcimiento del cuarto restante para hacer la selección y el pesaje de los mismos. En los días posteriores el procedimiento fue el mismo.

Se tomaron las medidas de precaución necesarias, tales como capacitación a los recolectores sobre procedimiento de muestreo y selección de materiales, implementación del equipamiento protector necesario: máscaras, overoles, guantes, gorras y botas y los elementos de limpieza e higiene al finalizar las labores: alcohol y detergentes para el lavado de las manos.

En cuanto a los utensilios de selección se emplearon sacos, palas para la homogeneización y dos tanques plásticos para la evacuación.

Se seleccionó parte de la muestra homogeneizada para la composición física

y se envió al laboratorio para analizarlas física y químicamente a través de pruebas tales como: Peso específico, Contenido de humedad, tamaño de partículas, distribución del tamaño, análisis elemental (Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Azufre, Cenizas) Sólidos totales, Sólidos volátiles y Coliformes, según lo estipulado por el "RAS 2000" para el respectivo nivel de complejidad del sistema. Dichas pruebas fueron realizadas en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Cartagena.

Es necesario mencionar que la recolección se iniciaba a las siete de la mañana y se seguía el mismo recorrido diariamente en el sentido planteado, para disminuir la posibilidad de que las personas utilizaran las bolsas del día anterior.

El estudio se realizó con una volqueta, el conductor, tres recolectores, un anotador y un operador de la báscula. El premuestreo y muestreo residencial tuvo una duración de ocho días, y el premuestreo y muestreo turístico cuatro días, aprovechando dos puentes festivos, fecha en las cuales se aumenta la actividad turística.

1.2.2.4 Levantamiento Topográfico

Con base en las visitas de inspección, el sitio que se seleccionó como adecuado para el manejo y disposición final de los residuos sólidos, fue levantado topográficamente para poder diseñar el sistema de tratamiento y disposición final de los residuos sólidos. Así mismo se realizó un apique para corroborar la información suministrada en el estudio geoelectrico del sitio, dichas pruebas fueron realizadas en los Laboratorios de Análisis de Suelos y Aguas de la Universidad de Sucre.

2. DIAGNÓSTICO

Al mirar en detalle el municipio de Coveñas, aunque su situación actual de manejo y disposición de residuos sólidos es inadmisibles para la salud de su población y es contraria a las políticas nacionales e internacionales de conservación de los ambientes de amplia biodiversidad, la realización del presente diagnóstico es el inicio de la verdadera gestión para el desarrollo de un servicio de aseo municipal de excelente calidad.

Se parte del hecho, de que la información aquí contenida, no está evaluando la operación de un servicio de aseo como tal, por que en Coveñas no existe, pero si es necesario mirar el servicio de recolección que fue prestado gratuitamente a la población hace algún tiempo para así tener una idea global de la problemática de generación y disposición de los residuos sólidos, con el objeto de proyectar, diseñar y organizar los planes que con respecto al tema debe implementar el municipio.

Actualmente el municipio de Coveñas no cuenta con un sistema de aseo que funcione correctamente según los términos establecidos por las Normas Técnicas Colombianas RAS-2000 y la reglamentación existente. Con lo que cuenta es con una volqueta recolectora contratada mensualmente por el municipio, que dispone finalmente los residuos sólidos en el botadero a cielo abierto del municipio de San Antero, pero en general no cuenta con una empresa encargada de coordinar el control y operación de esta labor ni aun el adiestramiento al personal en el servicio de eliminación de residuos e investigación continua y permanente, acerca de la normatividad referida al saneamiento básico y a la protección del medio ambiente.

Hay que considerar además que Coveñas tiene escasos dos años de estar funcionando como municipio, en donde nunca contó con planes regionales y estratégicos para el manejo de los residuos sólidos. En el momento en que

este obtiene la categoría de municipio surgieron propuestas de municipios vecinos (Santiago de Tolú, Toluviéjo y Palmito) para dar un tratamiento a los residuos sólidos en planes de coordinación regional, evento este que ha culminado en nada hasta la presente.

El municipio de Coveñas cuenta con una población flotante bastante alta que se origina por su actividad económica predominante, el turismo, lo cual genera una variabilidad en los componentes de los residuos sólidos, encontrándose una máxima producción de desechables, vidrio y residuos de comida en temporada alta.

El sector agropecuario se encuentra como la segunda actividad económica del municipio y su producción de residuos sólidos se ve reflejada en el sector residencial y rural, la pesca artesanal también hace parte de este sector pero su producción de residuos sólidos no es significativa.

Para hacer la descripción de manejo actual, se va a seguir con el esquema utilizado en la elaboración del muestreo, dadas las diferencias físicas, económicas y de generación de residuos que tienen los diferentes sectores.

2.1 SECTOR RESIDENCIAL

En el sector residencial del municipio se escogieron 143 viviendas al azar, que corresponde a las unidades de muestras, determinadas estadísticamente para realizarles una encuesta que permitiera conocer el manejo de los residuos sólidos domiciliarios y de igual manera cual era la opinión acerca del servicio de recolección prestado hace algún tiempo por el municipio de Coveñas, para tener presente las expectativas de la comunidad con respecto al servicio municipal de aseo. Los resultados de la encuesta se muestran en la tabla que aparece a continuación.

TABLA 1. Resultados encuesta sector residencial.

CUESTIONARIO	RESULTADOS	
¿Fue usuario del servicio de aseo?	Si	No
	83,20%	16,80%

USUARIOS

¿Cuál fue la frecuencia de recolección?	1 Vez Semanal	2 o 3 Veces Semanalmente.		Diariamente
	17,48%	77,62%		4,90%
¿Que calificación le merece el servicio de recolección?	Excelente	Bueno	Regular	Deficiente
	6,29%	69,23%	20,98%	3,50%
¿En las condiciones en que opero la recolección le pareció justo lo que usted cancelo por tal concepto	Si		No	
	74,17%		25,83%	
Por donde pasaba el camión de recolector?	Frente a las viviendas		Por la esquina	
	88,33%		11,67%	
¿Como presentaba usted las basuras?	Canecas	Bolsas. Plásticas	Cajas Cartón	Sacos
	3,33%	77,50%	7,50%	11,67%
¿Estaría usted dispuesto a clasificar las basuras que produce su vivienda?	Si		No	
	62,94%		37,06%	
Actualmente ¿cuál es el destino de las basura que se producen en su vivienda?	Las quema	Las arroja en solares		Arroja en la periferia
	61,67%	31,37%		6,66%

NO USUARIOS

¿Por qué no fué usuario?	Vehículo no pasa	Tiene Suf. Espacio	Producen poca basura
	43,48%	30,43%	26,09%
¿Qué destino tienen las basuras de su vivienda?	Las quema	Las arroja en solares	Las arroja en la periferia
	65,22%	26,08%	8,70%
¿Con que frecuencia dispone usted las basura de su vivienda?	1 Vez Semanal	2 o 3 Veces Semanalmente.	Diariamente
	26,09%	56,52%	17,39%
Estaría dispuesto a solicitar el servicio de aseo y asumir una tarifa acorde a su capacidad económica?	Si		No
	52,17%		47,83%

Fuente: Autores

En la población de los que fueron usuarios debe resaltarse que mas del 11% no le recogen la basura en el frente de su vivienda. Para el diseño de las

rutas de recolección es un aspecto crítico, ya que la mayoría de las vías son estrechas, otras son callejones sin salidas y en mal estado, que dificultan las labores de recolección. En sectores como el Edén en Guayabal, La Sabanera e Isla de Gallinazo puede encontrarse estas dificultades.

Los resultados sobre disposición de la población usuaria permiten afirmar que se están disponiendo mal los residuos sólidos del sector residencial en un 100% y que pueden desatarse epidemias y enfermedades en el municipio a causa del tratamiento que se les da.

Si se comparan las dos últimas respuestas, obtenidas de la primera pregunta realizada a los que no fueron usuarios, podría decirse que es la misma, pues bien, este es un indicador de que el 69,57% de los no usuarios y que representan el 11,09% del total de la muestra, se están quedando con la basura en sus casas con el agravante de que en algunos, por la falta de alcantarillado arrojan materias fecales a la disposición final que ellos le dan a los residuos sólidos, este aspecto es preocupante, porque las viviendas poseen patios muy húmedos y dado el ambiente tropical de la zona, es muy rápido el crecimiento poblacional de las moscas e insectos que son transmisores de enfermedades.

Analizando la segunda pregunta de los no usuarios puede observarse que el 100% del sector residencial de Coveñas realiza una inadecuada disposición final, en este sector son incluidos los pequeños establecimientos comerciales y las instituciones públicas tales como Alcaldía, Concejo Municipal, Colegio y Escuelas.

Extrapolando los datos obtenidos de las encuestas a toda la población del municipio, puede expresarse en términos de cada 100 viviendas que 62 de ellas queman las basuras ya sea en el patio o en un sitio cercano a esta, 31 las arrojan sin mayores consideraciones en solares cercanos y las otras siete las arrojan en la periferia del casco urbano. La anterior es una cifra bastante

desalentadora sobre disposición de residuos sólidos y muestra la forma tan común o normal en que las personas conviven con los residuos, es decir que las personas no tratan de alejarlos si no que se han acostumbrado a vivir sobre ellos. Las fotografías que se muestran a continuación dan evidencia de esta realidad.



Disposición de residuos sólidos en inmediaciones de los sectores de Bella Vista y El Edén.



Disposición de residuos sólidos en áreas residenciales de Guayabal.

El sector portuario e industrial y el institucional militar no serán incluidos en el Diseño del Sistema Integral de Aseo del municipio de Coveñas las apreciaciones sobre cada uno de ellos aparece a continuación

2.1.1 Sector Portuario e Industrial

Aunque no utilicen el servicio de recolección municipal, es necesario diagnosticar su uso porque están sobre el área municipal de Coveñas y en caso de que se de una mala disposición podría afectar a la población. Los residuos del puerto, es decir de barcos y remolcadores que llegan al muelle pagan un vehículo particular para que les dispongan los residuos sólidos en el botadero de San Antero. Generalmente esta basura es sacada dos veces por mes en cada barco, con un volumen que puede llegar a 1,7 m³.

En cuanto a las empresas petroleras, es importante dar a conocer que su sistema de tratamiento y disposición final es excelente. En las cuatro plantas hay 120 personas y son sacados 1600 Kilogramos de residuos sólidos por semana, es decir, que cada persona produce aproximadamente 1.9 Kg/Hab*Dia. Los residuos son recogidos los lunes y jueves. (ECOPETROL 2003).

Para aplicar la idea de desarrollo sostenible han desarrollado políticas internas para aprovechar los residuos, tal es el caso de la reutilización del papel con una cara usada, canecas con distintos colores y marcadas con el tipo de residuos que deben depositarse en cada una de ellas. ECOPETROL realiza una licitación a través de la cual se selecciona la mejor propuesta que emplee un esquema económico de rentabilidad por venta de residuos, pues ellos no se encargan del manejo de las basuras, si no el contratista dueño de la mejor oferta.

La clasificación de residuos sólidos que maneja ECOPETROL es la siguiente:

- Orgánicos: Residuos de comida y Jardín.
- Reciclables: Envases, materiales de caucho, llantas, etc.
- Aceitosos Sólidos: Principalmente Guantes sucios.
- Borrás aceitosas: Lodos de las pistas de biodegradación.
- Especiales: Baterías y desechos de pinturas de todo tipo

Todos estos residuos tienen un tratamiento técnico adecuado, al cual no se pudo tener acceso por políticas internas de la empresa ,pero sí es un hecho de que es incorporado al compost las pinturas de vinilo. (Delgado, Fernando 2003)

El sitio de disposición final, se encuentra en la finca Mandalay, donde se produce Compost con el 100% de la materia orgánica que se produce, de la cual el 40% se queda en la misma finca para propósitos de reforestación y preservar una especie vegetal en vía de extinción y el 60% restante se utiliza en las instalaciones de ECOPETROL. La finca está ubicada en el corregimiento el Porvenir Jurisdicción del municipio de San Antero (Córdoba). La empresa Oleoducto Central de Colombia OCENSA, no fue tomada porque sus instalaciones productoras de residuos sólidos están en territorio cordobés.

2.1.2 Sector Institucional Militar

En lo que respecta a la Base de Instrumentación y Entrenamiento de infantería de marina, esta institución realiza un mal tratamiento y disposición final de los residuos sólidos. Su situación debe ser motivo de preocupación para todos los actores del municipio, pues sus instalaciones ocupan gran parte del sector de Guayabal y en general es un área bastante grande, rica en recursos hídricos en el que se puede resaltar el arroyo de corriente permanente como lo es “Villeros”, afluente de la represa “Villeros”.

La producción semanal de residuos sólidos es de aproximadamente de 7000 Kg, es decir que los 5000 hombres que recibe anualmente la institución producen 0.2 Kg/Hab-Día. Las labores de disposición final se realizan a cielo abierto dentro del área institucional aunque tienen proyectado poner en funcionamiento una planta de aprovechamiento, de la cual ya existen unas albercas y un galpón. En el momento en que entre en operación la planta el 50% de los residuos sólidos se convertirán en Compost, el 40% se reciclará y el 10% restante se incinerará. (BRIEIM 2003)

2.1.3 Sector de Producción de Residuos Especiales y Peligrosos

Para la identificación de este tipo de residuos se realizó un recorrido por todo el Municipio con el fin de conocer las actividades que se desarrollan dentro de él. El resultado encontrado es que las actividades comerciales no son diversas. Existen almacenes de víveres, ropa, droguerías, ferreterías, una estación de servicio y pocos almacenes de productos agropecuarios; esto hace pensar que existe poca contaminación de los residuos sólidos aprovechables por la presencia de sustancias especiales o peligrosas, en comparación con el volumen total producido por el municipio. Se consideran como tales los recipientes de aceite de motor, de pinturas de aceite, envases de medicamentos y productos veterinarios y agroquímicos, además de éstos pueden considerarse como residuos peligrosos producidos en las viviendas los envases de productos para destapar cañerías productos de limpieza, detergentes, baterías, partes de electrodomésticos y aerosoles que se pueden encontrar con cierta regularidad.

Los residuos que se consideran como de más peligro, son los hospitalarios, debido a que contienen sustancias patógenas que hace tenerles especial cuidado. El centro de salud municipal no posee incinerador para su

tratamiento, situación desfavorable para que se de una correcta operación del servicio de aseo, pues estos residuos no pueden mezclarse con los ordinarios como se hace actualmente, en el botadero a cielo abierto del municipio de San Antero, por el riesgo al que es expuesto la salud de las personas que laboran en el servicio y a la comunidad en general.

2.2 SECTOR TURÍSTICO

Pese a que el turismo es la principal actividad económica del municipio de Coveñas, este sector no se ha preocupado por el detrimento estético que sufren los sitios atractivos para el turista debido a la presencia de basuras en los alrededores de las vías de acceso, la playa y los establecimientos turísticos.

TABLA 2. Resultados encuesta sector turístico.

CUESTIONARIO		RESULTADOS		
¿Fue usuario del servicio de aseo?	Si	No	NR	
	65%	24%	11%	
USUARIOS				
¿Cuál fue la frecuencia de recolección?	1 Vez Semanal	2 o 3 Veces Semanalmente.		Diariamente
	26,16%	61,54%		12,30%
¿Que calificación le merece el servicio de recolección prestado?	Excelente	Bueno	Regular	Deficiente
	4,62%	52,31%	35,38%	7,69%
¿En las condiciones en que opero la recolección, le pareció justo lo que usted cancelo por tal concepto?	Si		No	
	89,23%		10,77%	
¿Por dónde pasaba el vehículo recolector?	Frente al establecimiento		Posterior al establecimiento	
	96,62%		3,08%	
¿Como presentaba usted las basuras?	Canecas	Bolsas Plásticas		Varios recipientes
	40,00%	30,77%		29,23%
¿Estaría usted dispuesto a clasificar las basuras que produce su vivienda?	Si		No	
	46,15%		53,85%	

Continuación Resultados encuesta sector turístico.

Actualmente ¿cuál es el destino de las basuras que se producen en el establecimiento?	Las quema	Las arroja en solares	Las entierra	Recoje Serv. Particular
	41,55%	46,15%	6,15%	6,15%

NO USUARIOS

¿Por qué no fue usuario?	No. Tubo conocimiento	Tiene Suf. Espacio	No pasa el vehículo
	20,83%	33,34%	45,83%
¿Cuál era el destino de las basuras producidas en su establecimiento?	Las quemaba	Las arroja en solares	Las arroja en el manglar
	54,17%	37,50%	8,33%
¿Actualmente, las basuras tienen el mismo destino?	Si		No
	91,67%		8,33%
¿Con qué frecuencia disponía el establecimiento las basuras?	1 Vez Semanal	2 o 3 Veces Semanalmente.	Diariamente
	41,67%	41,67%	16,66%
Estaría dispuesto a solicitar el servicio de aseo y asumir una tarifa acorde a su capacidad económica?	Si		No
	87,50%		12,50%

Fuente: Autores

De la encuesta se tiene que hay una mala concepción en la disposición final por parte de los no usuarios los cuales consideran que cuentan con suficiente espacio en sus predios par realizar esta labor.

Ninguno de los establecimientos trata de alejar las basura de su radio de influencia, si no por el contrario las queman en sus propios predios y los que no las echan en solares cercanos o en el manglar, estas dos ultimas respuestas pueden ser consideradas como una sola, debido a que la mayoría de los establecimientos turísticos están ubicados en áreas cenagosas donde es predominante la vegetación manglar.

A la pregunta ¿Por dónde pasaba el vehículo recolector?, el 96,62% respondió que frente a su establecimiento y el 3,08% por la parte posterior. Cabe anotar que mas del 90% de los establecimientos turísticos en Coveñas están frente a la playa y sus predios son tan grande que tienen acceso a la carretera. Esta afirmación es valida para todos los establecimiento desde puerto viejo hasta Punta de Piedra y de Punta de Piedra hasta el sector de la

Coquerita, por la vía de Coveñitas, pero estos últimos no tienen la facilidad de presentar la basura en el frente, si no por la parte posterior, debido a que no existen acceso transversales como tampoco una vía que bordee la playa que permita el paso de grandes vehículos. En el sector de la Coquerita y San José la recolección puede hacerse de frente a los establecimientos.

En lo que respecta a la presentación de la basura, el 40% utiliza canecas que en su mayoría son metálicas y de volumen superior a lo 120 Lt, el 30,77% utiliza bolsas plásticas y el 29,23% utiliza varios recipientes de distintos materiales.

En la actualidad, las personas encuestadas que fueron usuarios están realizando una inadecuada disposición final en la que utilizan los siguientes métodos: en solares cercanos el 46,15%, las queman el 41,55%, el 6,15% las entierra y el 6,15% restante las entrega a un servicio particular. Cabe aclarar que hay personas que recogen las basuras a los establecimientos turísticos, pero en definitiva esos residuos van a parar al manglar. Son muy pocos los hoteles que pagan una volqueta para que sus residuos sólidos sean llevados al botadero a cielo abierto del municipio de San Antero.

En definitiva, la encuesta al sector turístico evidencia que casi en su totalidad, los establecimiento disponen los residuos sólidos en su área de influencia, utilizando como métodos lo basureros a cielo abierto en solares cercanos, practica que es muy común en este sector para rellenar áreas pantanosas y sobre todo son usados los restos de demoliciones.

Esta problemática es palpable en toda la zona y es comprobable al observar los residuos a lado y lado de la vía asfaltada, en las playas sobre todo las de la Coquerita, Punta de Piedra y Puerto Viejo, y en el resto de áreas públicas. Ver las fotografías siguientes.

En termino de 100 establecimiento, puede expresarse que 44 de cada 100 establecimientos turísticos disponen los residuos sólidos en solares cercanos, 45 de cada 100 las quema, 5 de cada 100 las arroja al manglar, 4 de cada 100 las entierra y 2 de cada 100 contrata un servicio particular. El

manglar y solares cercanos pueden estar contenidos como un único porcentaje, debido a que más del 60% de los hoteles están ubicados en zonas de marismas con predominancia de vegetación de manglar.



Disposición de residuos sólidos en áreas de manglar



Disposición de residuos sólidos en la desembocadura del arroyo Villeros en el sector de la Coquerita



Estado de las Playas, finalizada la actividad turística.

3 RESULTADOS Y ANALISIS

3.1 PRODUCCIÓN

El primer problema que se presenta en cuanto al tratamiento de los residuos sólidos, es conocer cuánta basura y de qué tipo se produce en la población que se atenderá con el servicio de aseo. El conocimiento de esta información permite establecer, entre otros, los sistemas para el aprovechamiento de residuos, alternativas de tratamiento, capacidad de las estructuras, vida útil, la necesidad de importación de material de cobertura, el frente de trabajo y la morfología final del terreno y de las estructuras.

3.1.1. Resultados Premuestreo Residencial

TABLA N° 3 UNIDADES PREMUESTRALES RESIDENCIALES

Muestra	Propietario	Muestras en kilogramos						
		Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves
1	Juan Jaraba	2,39	0,68	1,70	1,14	1,82	1,14	2,39
2	Gloria Castro	1,54	3,41	1,02	2,61	4,32	2,84	6,36
3	Antonia Sáenz Angarita	2,05	0,68	1,59	2,50	1,82	2,39	1,36
4	Erlinda Jaraba	2,73	6,36	8,64	2,95	5,91	2,95	2,73
5	Luis Guevara	0,91	0,57	0,68	0,45	0,68	1,25	0,34
6	Luis López Carta	1,14	0,45	1,36	0,91	0,91	0,23	0,45
7	Malenys Esquibel	5,23	6,48	6,14	3,75	4,77	1,82	2,84
8	Alfredo Angarita	1,19	1,82	1,82	1,14	0,80	1,02	0,68
9	Francisca Díaz	2,50	3,41	4,66	5,23	3,64	2,05	2,50
10	José Antonio Carta	3,64	5,23	1,36	2,95	2,50	2,73	5,34
11	Isabel Rodríguez	0,34	0,57	1,14	0,91	0,91	0,80	0,45
12	Félix Ayubb	1,54	0,91	2,27	0,91	1,59	2,50	3,64
13	Walberto Anaya	2,56	6,02	0,68	1,59	1,25	10,45	16,59
14	Domingo Gómez	1,31	0,45	1,82	1,82	1,82	7,27	2,95
15	Eliana González	3,30	1,59	1,93	2,95	0,91	0,91	1,82
16	Rafael Suárez	0,86	0,91	1,14	2,39	0,23	1,14	1,93
17	Eduardo Luna	3,69	3,64	4,32	4,09	4,09	5,00	4,43

Continuación UNIDADES PREMUESTRALES RESIDENCIALES								
18	Ana Natalia Rincón	1,65	2,73	4,09	2,39	1,36	1,36	0,68
19	Marielena Álvarez	5,91	2,95	2,95	3,18	3,86	0,91	1,59
20	Librada Suárez	8,01	10,68	3,86	4,09	1,14	1,59	5,00
21	Deisy Bello González	2,67	4,32	1,36	1,14	0,68	2,73	2,16
22	Guillermo Torres	0,57	2,05	0,91	0,91	0,91	2,39	2,95
23	Néstor Carta	4,77	4,09	8,86	5,00	2,73	4,55	4,55
24	Enadys Olivera	2,16	6,48	6,82	14,55	7,50	1,36	1,59
25	Flor Maria Esquibel	3,53	4,32	8,07	3,52	3,75	3,07	2,84

Fuente: Autores

Algunos valores obtenidos en la tabla muestran picos en ambos sentidos (altos y bajos) para una misma unidad muestral, esto se debió a que algunos jefes de hogar no acostumbrados a que les recogieran los residuos, no entregaban la cantidad real producida, en algunos días se les olvidó y hacia el primero y último día, muchos tendieron a aprovechar el servicio y desalojar lo que no era útil. En los establecimientos turísticos el comportamiento fue similar.

El tamaño muestral del sector residencial es calculado a través de la expresión:

$$n = \frac{t^2 * s^2}{d^2}$$

Donde t es la t estudent característica, que corresponde al nivel de confianza deseado. Para un nivel de confianza del 95% se toma $t = 2$, s es la desviación estándar estimada y d es el error esperado.

Tomando los datos encontrados en el premuestreo con las 25 viviendas que finalmente fueron las que entregaron las bolsas diariamente, se tiene:

➤ Media ($\bar{X}$): De la tabla se tiene: Sumatoria promedio de producción de viviendas durante los ocho días = 71.72 Kg

Numero de viviendas = 25

$$\bar{X} = \frac{71.72 \text{ Kg}}{25} = 2.869$$

➤ Varianza (S^2):
$$S^2 = \frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1} = \frac{60.190}{24} = 2.508$$

➤ Error permisible (d): Según Muñoz y collazos es recomendable un valor del 5% al 10% de $\bar{X}$, se tomo un valor del 7%.

$$d = \bar{X} * 0.07 = 2.869 * 0.07 = 0.2$$

Como es mas o menos 0.2 es decir 0.2 por encima de 2.869 ó 0.2 por debajo de 2.869, el valor de d es $0.2 * 2 = 0.4$

➤ Tamaño de la muestra (n)
$$n = \frac{2^2 * 2.508^2}{0.4^2} = 157 \text{ Viviendas}$$

$$\frac{n}{N} = \frac{157}{1548} = 0.10 > 0.05 \text{ Es necesario corregir n}$$

N = Es el numero de viviendas del municipio de Coveñas (Sin incluir el sector turístico), se calcula nuevamente n, pero a través de la expresión:

$$n = \frac{N * t^2 * s^2}{N * d^2 + t^2 * S^2} = \frac{1548 * 2^2 * 2.508^2}{1548 * 0.4^2 + 2^2 * 2.508^2} = 142.75 \cong 143$$

$n = 143$ Viviendas

➤ Coeficiente de correlación (r):
$$r = \frac{s^2}{\bar{X}} = \frac{2.508}{2.869} = 0.874$$

Esta relación es alta y esta indicando que existe bastante variabilidad de los datos porque $r > 0.5$, las razones son expuestas a continuación:

1. Se trabajo el municipio de Coveñas como si existiera un estrato único. La razón es que en la estratificación que realizo el SISBEN en el año 2003 se encontró de que la mayoría de las viviendas están estratificada como uno o dos, lo cual no es justificable la separación porque los hábitos de consumo entre uno y otro estrato varían muy poco, pero puede considerarse que si influyo en la alta variabilidad de los datos.
2. Las viviendas se tomaron como si en cada una hubiera la misma cantidad de personas. Lo que se encontró a través del premuestreo es que existe mucha heterogeneidad, hay viviendas habitadas por una sola

persona y otra en las que puede haber hasta 16. Esto hace que en algunas se produzca poco basura y en otras gran cantidad.

3. El sector urbano y rural se tomaron integrado
4. La impuntualidad en la entrega de basuras: Como hasta hace poco no existía la recolección de basuras las personas no tienen la costumbre de sacarlas para que el camión se las lleve, hubieron días en que no entregaron y otros en que por la carrera no lo recogían toda.
5. La presencia de la base de entrenamiento de infantería de marina: Parte de los infantes habitan en viviendas particulares y esto afecta la producción de las viviendas.
6. La actividad económica: De manera parcial puede considerarse que el turismo influye en el sector residencial, porque en temporada alta pueden ser alquiladas viviendas que no están ubicadas en la franja costera donde están los hoteles y cabañas.

3.1.2 Resultados Premuestreo Turístico

TABLA N° 4 UNIDADES PREMUESTRALES TURISTICAS

Muestra	Propietario	Propietario administrador	Muestras en kilogramos			
			Viernes	Sábado	Domingo	Lunes
1	Venecia	Alberto Gutiérrez	5,45	1,14	2,05	2,05
2	R. De las Palmeras	Juan Ruiz	0	12,95	10,23	2,95
3	Alcatraz	Julio González	16,82	4,09	7,27	8,18
4	Merlandya	Consuelo	7,73	7,85	6,95	8,39
5	Doña Miyo	Miyo	0	5,91	6,36	6,36
6	Cary Mary		6,95	6,01	5,91	7,05
7	Villa Luz		0	5	0,68	0
8	Tesoro	Carlos Alberto	12,27	6,25	0	9,26
9	Sotavento	Darío Aristizabal	2,27	0	2,95	0,45
10	Atlántida	Gustavo Márquez	2,05	0,68	1,25	2,95
11	Las Araucarias	Libia Pérez	3,86	12,27	19,55	5
12	Arrecife		1,14	1,82	8,64	2,05
13	Olimar	Carlos Martínez	11,14	0	4,09	0
14	Los Ángeles	Mary Álvarez	8,86	12,05	9,43	12,05
15	La Góndola	Ofelia Castaño	10	4,55	9,09	4,09
16	R. Alberto	Alberto Castro	9,09	0,45	2,27	0

Continuación. UNIDADES PREMUESTRALES TURISTICAS						
17	Calamari	Alfredo López	16,14	3,86	8,98	0
18	Carmencita	Carmen García	2,95	2,85	3,15	2,85
19	Golfo Mar	Luis Murillo	8,41	9,77	10,91	10,45
20	La Solución	Gladis Mercado	2,5	0,45	0,45	0,68
21	La Tranquera	Nicolás Osorio	1,14	2,73	13,18	4,55
22	Villa Nelly	Hernando Arango	1,71	0	1,82	1,59
23	Villa Anna	Odette Giraldo	4,77	5,45	3,64	4,2
24	Caracolitas	Diego Betancurt	3,18	3,64	1,02	2,27
25	Condominio Tajamares		3,86	2,95	13,18	11,82
26	Vergaralandia	Antonio Vargas	0	5,23	9,09	11,59
27	Jhaisury	Catalina Ortiz	3,41	8,18	19,5	9,77
28	Santa Martha	Iris Revuelta	9,55	4,32	0	16,02
29	La Playa	Mario Ordóñez	0	4,55	14,55	3,98
30	La Niña Jose		0	9,09	7,27	5,68

Fuente: Autores

Para el sector turístico los cálculos a realizar son los mismos y aparecen a continuación:

$$\bar{X} = \frac{159.74 \text{ Kg}}{30} = 5.325 \text{ Kg / Estable * día}$$

$$s^2 = \frac{146.735}{29} = 5.06$$

$$n = \frac{2^2 * 5.06^2}{0.96^2} = 111 \text{ Estab .}$$

En este caso d se tomo como el 9% de $\bar{X}$

$$d = 0.48 * 2 = 0.96$$

$$\frac{n}{N} = \frac{111}{407} = 0.27 > 0.05 \text{ Es necesario corregir n.}$$

$$n = \frac{N * t^2 * s^2}{N * d^2 + t^2 * S^2} = \frac{407 * 2^2 * 5.06^2}{407 * 0.96^2 + 2^2 * 5.06^2} = 87.3 \cong 87 \text{ Establecimientos}$$

Aunque en el censo del SISBEN, aparezcan 534 establecimientos turísticos, en realidad son 407, ya que el resto son solares y zonas de Camping, que para la época en que se realizó el estudio no estaban funcionando.

$$R = 5.06 / 5.325 = 0.95$$

Como puede observarse el coeficiente de correlación es alto y mas aun que el calculado para el sector residencial. Las razones son similares a las del sector residencial, pero acá el turismo influye de manera directa y sustancial y además los hoteles poseen capacidades muy diferentes unos de otros. Por este motivo se consideró necesario permitir un porcentaje de error mayor que el residencial.

3.1.3 Resultados Muestreo Residencial

TABLA 5. UNIDADES MUESTRALES RESIDENCIALES, INSTITUCIONALES Y COMERCIALES

Muestra	Propietario	Muestras en kilogramos						
		Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves
1	Juan Jaraba	2,39	0,68	1,70	1,14	1,82	1,14	2,39
2	Gloria Castro	1,54	3,41	1,02	2,61	4,32	2,84	6,36
3	Antonia Sáenz Angarita	2,05	0,68	1,59	2,50	1,82	2,39	1,36
4	Erlinda Jaraba	2,73	6,36	8,64	2,95	5,91	2,95	2,73
5	Luis Guevara	0,91	0,57	0,68	0,45	0,68	1,25	0,34
6	Luis López Carta	1,14	0,45	1,36	0,91	0,91	0,23	0,45
7	Malenys Esquibel	5,23	6,48	6,14	3,75	4,77	1,82	2,84
8	Alfredo Angarita	1,19	1,82	1,82	1,14	0,80	1,02	0,68
9	Francisca Díaz	2,50	3,41	4,66	5,23	3,64	2,05	2,50
10	Antonia Ramos	5,57	4,55	5,57	6,82	5,23	5,00	4,32
11	José Antonio Carta	3,64	5,23	1,36	2,95	2,50	2,73	5,34
12	Aristides Vega	4,43	0,80	8,07	5,68	11,36	8,18	6,82
13	Isabel Rodríguez	0,34	0,57	1,14	0,91	0,91	0,80	0,45
14	Félix Ayubb	1,54	0,91	2,27	0,91	1,59	2,50	3,64
15	Walberto Anaya	2,56	6,02	0,68	1,59	1,25	10,45	16,59
16	Domingo Gómez	1,31	0,45	1,82	1,82	1,82	7,27	2,95
17	Eliana Gonzáles	3,30	1,59	1,93	2,95	0,91	0,91	1,82
18	Rafael Suárez	0,86	0,91	1,14	2,39	0,23	1,14	1,93
19	Siríaco Correa	6,08	4,20	3,87	3,87	8,75	5,68	6,02
20	Eduardo Luna	3,69	3,64	4,32	4,09	4,09	5,00	4,43
21	Ana Natalia Rincón	1,65	2,73	4,09	2,39	1,36	1,36	0,68
22	Marielena Álvarez	5,91	2,95	2,95	3,18	3,86	0,91	1,59
23	Librada Suárez	8,01	10,68	3,86	4,09	1,14	1,59	5,00
24	Deisy Bello González	2,67	4,32	1,36	1,14	0,68	2,73	2,16
25	Edilsa Olascuagua	5,40	6,82	5,23	5,23	8,86	5,34	3,30
26	Guillermo Torres	0,57	2,05	0,91	0,91	0,91	2,39	2,95
27	Néstor Carta	4,77	4,09	8,86	5,00	2,73	4,55	4,55

Continuación.		UNIDADES		MUESTRALES		RESIDENCIALES,		
INSTITUCIONALES Y COMERCIALES								
28	Enadys Olivera	2,16	6,48	6,82	14,55	7,50	1,36	1,59
29	Flor Maria Esquibel	3,53	4,32	8,07	3,52	3,75	3,07	2,84
30	Ana Rodríguez	2,44	8,64	3,64	5,91	3,64	3,18	2,39
31	María Luisa Medrano	3,92	1,70	1,82	5,45	7,05	11,14	0,00
32	Guillermina Salcedo	0,45	3,75	1,48	0,91	2,05	2,50	1,14
33	Policarpo López Orozco	0,23	0,11	0,45	0,11	0,11	0,00	0,00
34	Luz Mila Medrano	5,00	1,25	2,50	4,09	2,95	0,91	2,95
35	Luis Arenas	0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
36	Celina Arias Díaz	3,64	7,95	4,77	5,68	5,45	3,18	7,05
37	Beatriz Betancurt	1,02	1,25	0,91	0,80	1,36	0,45	0,57
38	María Chico Rena	6,88	0,27	0,30	3,41	3,41	4,32	6,36
39	Ernedys Rivera	7,05	2,05	1,36	2,73	2,95	2,84	0,00
40	María Martínez	3,41	1,36	0,45	1,02	0,34	0,45	0,45
41	Liliana Méndez	1,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
42	Renso Torres	5,23	2,95	1,02	1,14	2,27	0,00	0,00
43	Bravo Núñez	7,84	6,36	4,09	2,73	3,07	5,23	2,95
44	Eneida Rosa Luna	3,18	5,23	2,50	14,77	9,77	7,50	4,09
45	Genevieves Vuelvas	0,57	0,91	0,57	0,57	1,82	0,68	1,36
46	Alcaldía y Concejo municipal	0,00	0,00	2,95	4,09	5,45	3,86	6,82
47	Deposito la Esmeralda	0,00	0,00	6,82	17,27	0,00	15,00	14,55
48	Ferretería Gustavo	0,00	0,00	0,68	0,45	0,45	0,23	0,11
49	Restaurante La Mona	0,00	0,00	2,05	0,80	1,36	0,91	5,00
50	Deposito El Tablón	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
51	Colegio Ismael Contreras	0,00	0,00	3,41	2,84	16,59	4,09	0,00
52	Escuela Punta Seca	0,00	0,00	0,00	0,23	3,18	0,00	0,00
53	Nilson Conde	4,94	2,95	5,00	6,14	4,77	4,55	0,00
54	Carlos Mendoza Terán	8,47	1,59	1,82	4,32	2,95	6,59	7,50
55	María Espitia	5,28	8,41	3,41	3,18	3,41	2,05	1,82
56	Ana Mercado	3,92	1,48	5,68	3,64	3,64	2,27	10,91
57	Carmen Esther Romero	2,78	0,57	1,36	4,55	2,05	0,68	0,68
58	Lucy Herrera	1,59	3,86	1,82	3,98	6,59	4,20	0,00
59	Arnolys Rodríguez	0,68	0,80	1,36	2,61	1,36	1,36	3,41
60	Danicela Sotomayor	3,81	0,45	0,68	5,23	1,36	3,98	3,64
61	Yadira Oviedo	0,68	0,68	0,68	0,57	0,00	0,00	0,00
62	Griselda Garay	1,88	0,68	0,45	1,14	2,73	3,86	2,05
63	Manuel López	2,61	1,14	2,95	2,95	4,32	5,45	3,41
64	Freddy Carey	2,56	0,45	2,39	2,05	1,36	1,93	2,05
65	Dilidia Romero	0,68	0,91	0,45	0,45	0,91	1,59	2,50
66	Yajaira Correa Sierra	5,28	0,91	2,27	6,14	1,70	2,05	2,50
67	Carmen Hernández	0,23	0,11	0,45	1,14	1,36	0,23	0,45
68	Clara Otálvaro	1,25	2,27	2,27	5,45	3,18	0,91	0,68
69	Jadys Vergara	0,85	0,91	1,59	0,23	0,45	0,45	0,00

Continuación. INSTITUCIONALES Y COMERCIALES		UNIDADES MUESTRALES		RESIDENCIALES,				
70	Nicolasa tapia	5,91	7,84	2,27	2,50	5,00	2,73	2,84
71	Ana Sofía Monterroza	2,27	3,18	3,41	3,18	1,36	3,64	2,95
72	Manuel Mercado	3,30	2,95	1,36	2,73	2,73	6,70	0,00
73	Alberto Narváez	4,83	0,34	0,45	0,45	0,45	3,64	1,82
74	Esther Coavas	1,82	1,59	1,36	1,93	1,93	9,55	4,32
75	Inés María Álvarez	3,52	1,59	5,45	2,50	5,45	2,73	3,86
76	Medardo Suárez	2,61	3,18	7,27	7,05	3,07	1,48	6,14
77	Oscar Ortiz	1,70	2,05	3,41	3,41	0,91	3,41	1,82
78	Magali Escudero	3,81	1,82	0,91	4,09	1,59	1,82	1,82
79	Rafael Hernández	3,52	2,61	3,41	2,27	4,32	2,50	4,09
80	Andrés Paternina	5,57	6,59	7,05	3,52	17,27	5,00	3,86
81	Rosa Inés Paternina	3,58	3,64	5,68	2,50	5,57	2,73	2,50
82	Helena Arias	3,30	7,73	4,43	9,32	2,73	2,73	2,73
83	Gregorio Paternina	3,41	3,07	5,45	5,68	3,86	0,91	0,23
84	Luz Mayra	4,20	1,36	1,36	1,59	1,59	1,36	0,00
85	Luz Nery Villero	0,45	0,45	0,45	0,91	0,34	0,91	0,00
86	Alexander Ayala	1,93	1,14	1,14	1,82	1,82	2,95	1,59
87	Lucy Gallego	0,34	0,11	0,11	4,55	0,45	0,45	0,23
88	Kelly Johana Salazar	1,70	0,68	10,00	1,36	2,50	2,50	3,98
89	Juvenal Medina	3,30	0,23	0,68	3,64	4,09	3,41	4,77
90	Rocío Ortega	2,95	1,82	3,18	1,14	2,05	2,50	1,59
91	Humberto Ávila	1,93	0,45	0,57	1,59	3,86	2,16	0,00
92	Álvaro Coavas	1,02	1,82	1,82	3,41	6,59	1,59	4,77
93	Luz Mary Anaya	1,59	6,59	2,05	2,95	2,05	1,14	1,14
94	Gertrudis Díaz	2,84	0,34	0,45	0,45	3,41	0,00	0,00
95	Alberto Zabala	0,57	0,91	2,50	3,64	2,27	2,05	0,00
96	Emperatriz Escudero	2,16	2,05	2,05	17,73	20,91	4,09	4,77
97	Rita Agresoto	3,64	4,32	4,55	15,91	5,45	5,45	0,00
98	Josefa Cárdenas	3,41	5,80	4,77	3,86	4,55	3,86	0,00
99	Isidora Cárdenas	0,91	1,36	0,34	0,34	0,68	0,68	1,59
100	María Carlina Suárez	6,76	4,32	6,59	3,41	3,86	4,55	5,91
101	Omar Monterroza	2,84	2,73	3,18	12,27	2,95	5,68	1,14
102	Nubia Mosquera	0,11	0,91	2,05	0,91	0,91	0,23	1,25
103	Norys Sierra	4,32	3,64	3,64	3,64	2,95	2,73	1,82
104	Ana Cecilia Pinzón	1,36	1,36	1,70	2,05	4,09	2,73	0,00
105	Blanca Conde	3,18	3,18	12,95	2,73	2,27	2,95	2,05
106	Sara Inés Álvarez	0,91	1,82	0,68	1,59	1,14	9,55	3,18
107	Ana Zúñiga	1,59	1,82	2,05	1,59	1,59	0,91	0,00
108	José Santos	0,85	0,68	0,68	1,59	5,23	1,59	1,82
109	Nicolás Méndez	0,11	0,45	4,09	2,95	2,50	4,55	0,00
110	Merly González	4,43	1,82	2,50	3,75	1,36	1,59	1,59
111	Dalila Mendoza	1,82	3,41	2,50	2,73	3,86	2,73	2,95

Continuación. UNIDADES MUESTRALES RESIDENCIALES, INSTITUCIONALES Y COMERCIALES								
112	Itala Álvarez	8,64	0,91	8,41	13,18	3,41	10,45	2,05
113	Ana Milena Peralta	2,39	2,05	0,91	0,91	1,82	0,91	0,23
114	Silvia Martínez	5,17	1,82	1,59	7,50	3,41	1,14	3,18
115	Beatriz Barbosa	7,90	8,30	7,05	3,64	5,00	2,73	5,00
116	Ángela López	8,64	8,41	5,45	5,45	5,68	7,05	0,00
117	Mari luz Pérez	3,07	4,55	1,93	0,34	6,14	1,25	2,50
118	María Parra	1,59	0,91	1,14	1,48	1,14	1,14	1,36
119	Virginia Barraza	2,73	1,70	3,18	1,59	1,59	1,25	1,14
120	Lino Monterroza	7,27	4,09	6,82	6,48	8,64	5,68	6,59
121	María Andrea Núñez	2,16	0,45	0,23	0,23	0,45	0,00	0,00
122	Luis Alberto Arroyo	2,27	0,23	0,68	4,09	4,55	0,91	2,95
123	Uvaldridis Castellanos	0,45	2,05	1,59	3,86	2,27	3,41	0,00
124	Edibet Tobías	2,50	1,59	1,25	2,39	0,00	0,00	0,00
125	Elba González	1,48	7,95	2,84	4,32	1,59	3,86	12,27
126	Elvia Díaz	1,25	3,18	3,18	3,41	1,59	3,64	0,00
127	Manuel Ballesteros	3,92	4,32	5,68	3,07	5,91	5,45	2,95
128	Benito Monterroza	5,34	0,91	2,50	1,59	1,82	2,05	2,05
129	Claribel Monterroza	14,09	0,23	2,27	0,68	0,91	6,93	7,73
130	María Sierra	6,42	6,82	11,14	8,86	11,82	6,59	3,41
131	Julián Santos	7,05	1,82	2,05	4,55	6,59	2,27	5,45
132	Yadith Santos	7,50	0,11	2,27	2,05	1,82	1,93	2,27
133	Hilda Martínez	8,75	2,05	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
134	Erma Pestana	4,32	7,05	3,64	8,41	10,00	6,59	4,32
135	Maribel Benítez	4,94	3,41	4,32	5,68	6,36	3,41	4,32
136	Ana Mercado	10,17	2,05	7,27	2,95	2,95	4,55	2,95
137	Elina Garay	5,68	0,80	2,05	1,36	1,14	3,07	2,27
138	Luis Bertel	6,59	6,93	7,73	5,91	9,09	6,59	2,05
139	Edith Bohórquez	8,64	1,36	2,16	5,00	5,68	4,09	3,64
140	Yoe Mercado	1,36	5,00	0,23	1,36	2,05	1,14	0,91
141	Ruth Pinzón	2,90	1,36	1,36	5,91	6,59	2,84	2,50
142	Ana María Zúñiga	2,39	1,25	1,25	1,82	1,82	2,50	2,05
143	Griselda Monterroza	4,09	2,50	2,50	3,86	6,36	2,27	1,59

Fuente: Autores

Producción Per cápita Promedio = 0.53 Kg/Hab*Día

3.1.4 Resultados Muestreo Turístico

TABLA 6. UNIDADES MUESTRALES TURISTICAS

Muestra	Propietario	Muestras en kilogramos			
		Viernes	Sábado	Domingo	Lunes
1	Venecia	5,45	1,14	2,05	2,05

2	R. De las Palmeras	0	12,95	10,23	2,95
3	Katty Mar	14,09	26,93	53,98	30,23
4	Alcatraz	16,82	4,09	7,27	8,18
5	Merlandya	7,73	0	0	0
6	Doña Miyo	0	5,91	6,36	6,36
7	Cary Mary	0	0	5,91	7,05
8	Villa Luz	0	5	0,68	0
9	Palma Caoba	34,55	19,77	21,59	25,303
10	Tesoro	12,27	6,25	0	0
11	Sotavento	2,27	0	2,95	0,45
12	Villa Liliana	0	4,77	0	39,09
13	Atlantida	2,05	0,68	1,25	2,95
14	Villa Canaria	19,09	0	0	0
15	Las Araucarias	3,86	12,27	19,55	5
16	Arrecife	1,14	1,82	8,64	2,05
17	Olimar	11,14	0	4,09	0
18	La Barracuda	0	0	0	0
19	Los Ángeles	8,86	12,05	9,43	12,05
20	La Góndola	10	4,55	9,09	4,09
21	Mar, Sol y Aire	0	0	0	0
22	R. Alberto	9,09	0,45	2,27	0
23	Calamari	16,14	3,86	8,98	0
24	Corales	0	0	0	0
25	Carmencita	2,95	0	0	0
26	Golfo Mar	8,41	9,77	10,91	10,45
27	La Solución	2,5	0,45	0,45	0,68
28	La Tranquera	1,14	2,73	13,18	4,55
29	Villa Nelly	0	0	1,82	1,59
30	Villa Anna	4,77	5,45	3,64	4,2
31	Caracolitas	3,18	3,64	1,02	2,27
32	Condominio Tajamares	3,86	2,95	13,18	11,82
33	Vergaralandia	0	5,23	9,09	11,59
34	Jhaisury	3,41	8,18	19,5	9,77
35	Socorrito	11,59	10	14,55	0
36	Santa Martha	9,55	4,32	0	16,02
37	La Playa	0	4,55	14,55	3,98
38	La Niña Jose	0	9,09	7,27	5,68
39	El Muelle	4,66	5,11	25,5	17,27
40	Villa Lina	26,82	29,09	0	0
41	Fontijola	27,5	0	0	0
42	Logroño	0	0	9,55	0
43	La Coquerita	31,14	0,91	13,41	7,73
44	Waikiki	28,64	18,41	42,27	19,09
45	Maite	0	2,73	0,45	0
46	Taboga	0	0	2,84	21,6
47	Varinka	5,91	0	0	0

Continuación. UNIDADES MUESTRALES TURISTICAS					
48	Sorrento	15,23	3,86	17,73	12,27
49	Macondo	0	20	1,02	0
50	San Jose	12,73	5	6,36	7,73
51	Hotel Bahia	10,91	12,27	22,73	40,68
52	Rst. La Cocho	0	18,64	4,32	8,64
53	Casarma	1,59	2,5	2,95	1,36
54	Tienda	1,36	0,57	0	0
55	La Playa	0	4,55	0	0
56	Villa Car	1,59	0,68	0,68	0
57	Villa Juliana	21,82	2,73	8,64	1,82
58	Villa Osnaida	3,86	0	1,36	1,59
59	Calunga	2,5	9,32	5,34	3,75
60	La Gloria	4,09	20,45	1,36	4,55
61	Vista del Mar	0	2,5	4,55	2,27
62	El Poblado	0	0	4,89	4,55
63	La Candelita	3,41	6,14	5,68	1,48
64	Ademar	0,91	0	3,86	4,77
65	Tienda Los Sánchez	2,05	0	0	6,36
66	DOMPA	0	0	0	0
67	Conchenacar	0	0	0	0
68	La Chequera	6,93	3,86	5,34	5,68
69	Marena	0	0	26,48	9,77
70	Edif. Las Canoas	2,84	8,98	2,5	5,45
71	Casa Blanca	5,23	0	0	8,3
72	Villa Lili	8,09	8,64	8,41	2,95
73	Vadelandia	5,86	2,73	2,95	3,07
74	La Merced	0	0	8,98	0
75	Camping Libia	5,45	8,86	17,73	10,34
76	Carlada	0	5,23	4,32	0
77	La Lorena	19,32	10,68	0	5,57
78	Barrasca	3,86	1,93	0	13,07
79	Fontanella	0	0	7,73	0
80	El Faro	1,82	2,5	13,18	0
81	Villa Catalina	2,41	2,05	2,27	1,36
82	Villa Melly	1,82	2,05	5,23	4,32
83	Villa Faty	2,05	2,5	6,48	2,73
84	Cristina Isabel	0	5	0	6,14
85	Villa Ara	3,86	0,57	0	2,27
86	Teolinda	3,18	3,41	1,36	2,05
87	No Tiene	2,5	5,91	5,91	2,05
88	No Tiene	6,14	1,14	8,64	6,59

Fuente: Autores

Producción Per cápita Promedio = 0.61 Kg/Hab*día

Este valor se aumentó en un 5%, debido a que los residuos sólidos que son arrojados en la Playa no fueron contabilizados y mostraron esta tendencia por muestreo realizado, en playas ubicadas en zonas de bastante influencia turística.

Producción per cápita sector turístico = 0.64 Kg/Hab*Día

3.1.5 Proyecciones

3.1.5.1 Cálculo de la Población Actual y Futura

Para el municipio de Coveñas, la población rural y urbana se tomó integrada separando sus residuos en turísticos y residenciales. En cuanto a los turísticos su parte urbana se extiende, según la estratificación del SISBEN realizada en el año 2003, desde San José hasta Punta de Piedra y de allí hasta Puerto Viejo es rural. Con respecto a los residenciales en la parte urbana se considera únicamente Guayabal, los sectores de Bella Vista, Punta Seca e Isla de Gallinazos adjuntos a la parte urbana son de carácter rural al igual que Torrente Usuarios, Torrente Indígena, el Reparo y El Mamey. Por las similitudes culturales, sociales, económicas y de distribución espacial no se tuvieron en cuenta para el muestreo por lo que la composición física de los residuos sólidos al igual que la producción per cápita se tomó igual a los sectores residenciales incluidos (Los sectores residenciales no se ubican en zonas costeras). La estimación de toda esta población es el principal aspecto en la definición del nivel de complejidad. El RAS-2000 establece que esa población corresponda a la proyectada al año horizonte del proyecto. Se utilizó para su proyección el método recomendado por del DNP, cuando no existen censos poblacionales.

$$P_f = P_{uc} * (1 + r)^{T_f - T_{uc}} = n$$

P_f = Población Futura

T_f = Tiempo Final

T_{uc} = Tiempo Último Censo

P_{uc} = Población Último censo

r = Tasa de crecimiento

n = Número de Años

Para el año actual

$$P_f = 9.701 * (1 + 0.02)^0 = 9701 \rightarrow \text{Para el sector residencial}$$

$$P_f = 10.556 * (1 + 0.02)^0 = 10556 \rightarrow \text{Para sector turístico (Temporada Alta)}$$

TABLA 7. PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN¹

Año	N	Pobl. Residencial	Pobl. Turística	10% pobl. Turística	Pobl. Total bajo turismo	Pobl. Total alto turismo
2003	0	9.701	10.556	1.056	10.757	20.257
2004	1	9.895	10.767	1.077	10.972	20.662
2005	2	10.093	10.982	1.098	11.191	21.075
2006	3	10.295	11.202	1.120	11.415	21.497
2007	4	10.501	11.426	1.143	11.643	21.927
2008	5	10.711	11.655	1.165	11.876	22.365
2009	6	10.925	11.888	1.189	12.114	22.813
2010	7	11.143	12.126	1.213	12.356	23.269
2011	8	11.366	12.368	1.237	12.603	23.734
2012	9	11.594	12.615	1.262	12.855	24.209
2013	10	11.825	12.868	1.287	13.112	24.693
2014	11	12.062	13.125	1.313	13.374	25.187
2015	12	12.303	13.388	1.339	13.642	25.691
2016	13	12.549	13.655	1.366	13.915	26.205
2017	14	12.800	13.928	1.393	14.193	26.729
2018	15	13.056	14.207	1.421	14.477	27.263
2019	16	13.317	14.491	1.449	14.766	27.808
2020	17	13.584	14.781	1.478	15.062	28.365
2021	18	13.855	15.077	1.508	15.363	28.932
2022	19	14.132	15.378	1.538	15.670	29.802
2023	20	14.415	15.686	1.569	15.984	30.101
2024	21	14.703	15.999	1.600	16.303	30.702
2025	22	14.998	16.319	1.632	16.630	31.317
2026	23	15.297	16.646	1.665	16.962	31.943
2027	24	15.603	16.979	1.698	17.301	32.582
2028	25	15.916	17.318	1.732	17.648	33.234

Fuente: Autores

3.1.5.2 Proyección de la Producción de Residuos Sólidos

La producción por habitante tiende a crecer con el tiempo a medida que crece la población. Se recomienda utilizar entre el 0.5 y el 1% anual, de tal

¹ Los datos de población turística se tomaron en base al número de camas disponibles en todo el sector turístico, Fuente: PAT 2003.

manera, que las poblaciones pequeñas tiendan al 0.5% y los grandes al 1% (Collazos, 1993). Bajo esta recomendación, se tomó un crecimiento anual de los residuos sólidos para el municipio de Coveñas de 0.5% anual. Los resultados se muestran en la Tabla 9.

3.1.5.3 Residuos Sólidos Peligrosos

La generación de Residuos Sólidos peligrosos en el municipio de Coveñas se da en el sector salud y en la estación de servicio debido a los productos desechables que se generan en estos puntos.

3.2 COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

A continuación se presentan las composiciones físicas generales del Sector Residencial, Turístico, Institucional y Comercial. Además se presenta el porcentaje para cada sector en la temporada de bajo turismo y de alto turismo, considerando que actualmente la temporada de alto turismo solo se presenta 2 meses durante el año. Como se observa en las graficas y se detalla en la tabla 13.

TABLA 8. APOORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS POR SECTOR TEMPORADA BAJA

Temporada de bajo turismo		
Sector	Porcentaje	
Residencial	84,81	
Turístico	11,15	
Institucional	2,97	
Comercial	1,07	
TOTAL	100	
Fuente: Autores		

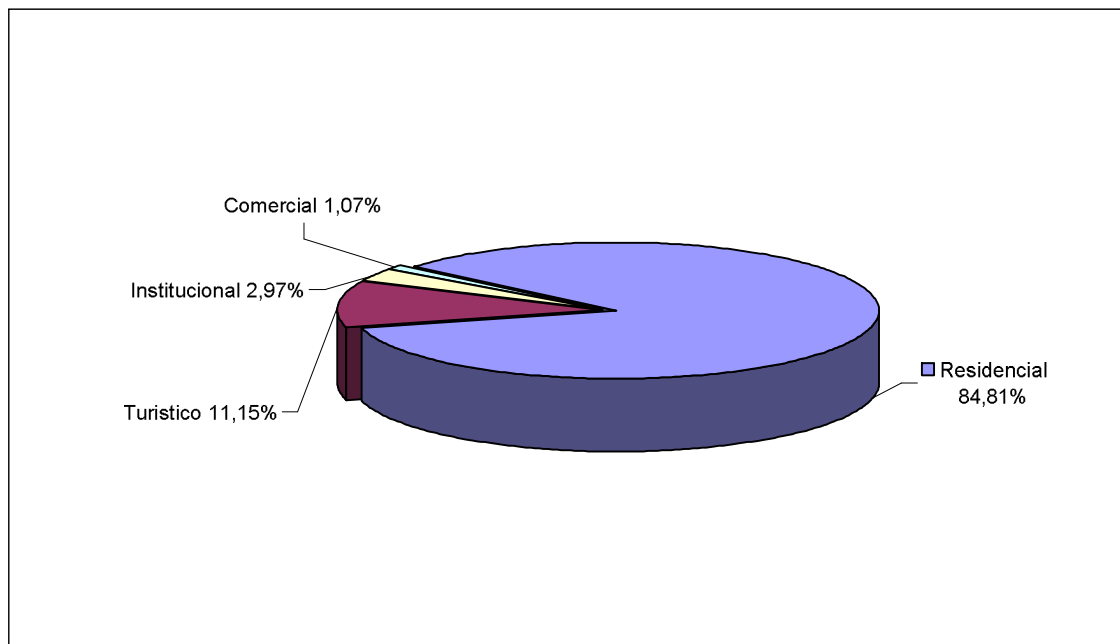
TABLA 9. PROYECCIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

A ²	PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS													Volumen Temporal Baja M³/Día	Volumen Temporal Alta M³/Día	Volumen M³/Año	Volumen M³/Año Acumulada
	Temporada Baja						Temporada Alta						RS/Año Acumulada				
	RS/Semana			RS/Mes			RS/Semana			RS/Mes							
	RS/Día	RS/Semana	RS/Mes	RS/Día	RS/Semana	RS/Mes	RS/Día	RS/Semana	RS/Mes	RS/Día	RS/Semana	RS/Mes					
03	6.063,00	42.441,00	181.890,00	12.180,00	85.260,00	365.400,00	2.549.700,0	2.549.700,00	2.549.700,00	18,66	37,48	8.032,62	8.032,62	8.032,62	37,48	8.032,62	8.032,62
04	6.198,35	43.388,45	185.950,50	12.487,53	87.272,71	374.025,90	2.607.556,80	2.607.556,80	2.607.556,80	19,07	38,36	8.215,06	8.215,06	16.247,68	38,36	8.215,06	16.247,68
05	6.329,23	44.304,61	189.876,90	12.723,51	89.064,57	381.705,30	2.662.179,6	2.662.179,6	2.662.179,6	19,47	39,15	8.387,07	8.387,07	24.634,74	39,15	8.387,07	24.634,74
06	6.463,26	45.172,82	193.597,80	12.974,07	90.818,49	389.222,10	2.714.422,2	2.714.422,2	2.714.422,2	19,86	39,92	8.551,67	8.551,67	33.186,41	39,92	8.551,67	33.186,41
07	6.578,01	46.046,07	197.340,30	13.229,28	92.604,96	396.878,40	2.767.159,8	2.767.159,8	2.767.159,8	20,24	40,71	8.717,87	8.717,87	41.904,28	40,71	8.717,87	41.904,28
08	6.705,90	46.941,30	201.177,00	13.489,84	94.428,88	404.695,20	2.821.160,4	2.821.160,4	2.821.160,4	20,63	41,51	8.888,03	8.888,03	50.792,31	41,51	8.888,03	50.792,31
09	6.835,92	47.851,44	205.077,60	13.755,12	96.285,84	412.653,60	2.876.083,2	2.876.083,2	2.876.083,2	21,03	42,32	9.061,10	9.061,10	59.853,41	42,32	9.061,10	59.853,41
10	6.968,72	48.781,04	209.061,60	13.935,75	97.550,25	418.072,50	2.926.761,0	2.926.761,0	2.926.761,0	21,44	42,88	9.219,81	9.219,81	69.073,23	42,88	9.219,81	69.073,23
11	7.104,20	49.729,40	213.126,00	14.301,62	100.111,34	429.048,60	2.989.357,2	2.989.357,2	2.989.357,2	21,86	44,00	9.418,05	9.418,05	78.491,27	44,00	9.418,05	78.491,27
12	7.243,00	50.701,00	217.290,00	14.583,39	102.083,73	437.501,70	3.047.903,4	3.047.903,4	3.047.903,4	22,29	44,87	9.602,52	9.602,52	88.093,80	44,87	9.602,52	88.093,80
13	7.389,83	51.728,81	221.694,90	14.870,62	104.094,34	446.118,60	3.109.186,2	3.109.186,2	3.109.186,2	22,74	45,76	9.795,51	9.795,51	97.869,30	45,76	9.795,51	97.869,30
14	7.527,66	52.693,62	225.829,80	15.163,56	106.144,92	454.906,80	3.168.111,6	3.168.111,6	3.168.111,6	23,16	46,66	9.981,32	9.981,32	107.870,62	46,66	9.981,32	107.870,62
15	7.674,00	53.718,00	230.220,00	15.462,61	108.238,27	463.878,30	3.229.956,6	3.229.956,6	3.229.956,6	23,61	47,58	10.176,21	10.176,21	118.046,84	47,58	10.176,21	118.046,84
16	7.823,70	54.765,90	234.711,00	15.766,85	110.387,95	473.005,50	3.293.121,0	3.293.121,0	3.293.121,0	24,07	48,51	10.375,25	10.375,25	128.422,09	48,51	10.375,25	128.422,09
17	7.976,06	55.832,42	239.281,80	16.077,62	112.543,34	482.328,60	3.357.475,2	3.357.475,2	3.357.475,2	24,54	49,47	10.578,04	10.578,04	139.000,13	49,47	10.578,04	139.000,13
18	8.131,74	56.922,18	243.952,20	16.394,92	114.764,44	491.847,60	3.423.217,2	3.423.217,2	3.423.217,2	25,02	50,45	10.785,21	10.785,21	149.785,33	50,45	10.785,21	149.785,33
19	8.172,40	57.206,80	245.172,00	16.746,89	115.338,23	494.906,70	3.522.717,95	3.522.717,95	3.522.717,95	25,15	50,70	10.840,50	10.840,50	160.625,83	50,70	10.840,50	160.625,83
20	8.213,26	57.492,82	246.397,80	16.559,27	115.914,89	496.778,10	3.540.330,55	3.540.330,55	3.540.330,55	25,27	50,95	10.892,75	10.892,75	171.518,58	50,95	10.892,75	171.518,58
21	8.254,33	57.780,31	247.629,90	16.642,07	116.494,49	499.262,10	3.558.033,55	3.558.033,55	3.558.033,55	25,40	51,21	10.948,65	10.948,65	182.467,23	51,21	10.948,65	182.467,23
22	8.295,60	58.069,20	248.868,00	16.725,28	117.076,96	501.758,40	3.575.823,20	3.575.823,20	3.575.823,20	25,52	51,46	11.000,90	11.000,90	193.468,13	51,46	11.000,90	193.468,13
23	8.337,08	58.359,56	250.112,40	16.808,91	117.662,37	504.287,30	3.593.703,15	3.593.703,15	3.593.703,15	25,65	51,72	11.056,80	11.056,80	204.524,93	51,72	11.056,80	204.524,93
24	8.378,77	58.651,39	251.363,10	16.892,95	118.250,65	506.788,50	3.611.672,75	3.611.672,75	3.611.672,75	25,78	51,98	11.112,70	11.112,70	215.637,63	51,98	11.112,70	215.637,63
25	8.420,66	58.944,62	252.619,80	16.977,41	118.841,87	509.322,30	3.629.729,65	3.629.729,65	3.629.729,65	25,91	52,24	11.168,60	11.168,60	226.806,23	52,24	11.168,60	226.806,23
26	8.462,76	59.239,32	253.882,80	17.062,30	119.436,10	511.869,00	3.647.877,50	3.647.877,50	3.647.877,50	26,04	52,50	11.224,50	11.224,50	238.030,73	52,50	11.224,50	238.030,73
27	8.505,07	59.535,49	255.162,10	17.147,61	120.033,27	514.428,30	3.666.115,65	3.666.115,65	3.666.115,65	26,17	52,76	11.280,40	11.280,40	249.311,13	52,76	11.280,40	249.311,13
28	8.547,60	59.833,17	256.427,86	17.233,35	120.633,45	517.000,50	3.684.446,35	3.684.446,35	3.684.446,35	26,30	53,03	11.336,95	11.336,95	260.648,08	53,03	11.336,95	260.648,08

Fuente: Autores

² Se entiende los años a partir del 2000; 03 equivale a 2003

GRAFICA 1. APOORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS POR SECTOR TEMPORADA BAJA.



En estos datos se observa que en la temporada de bajo turismo, la producción de residuos sólidos en el sector residencial es casi 8 veces mayor que la producida en el sector turístico.

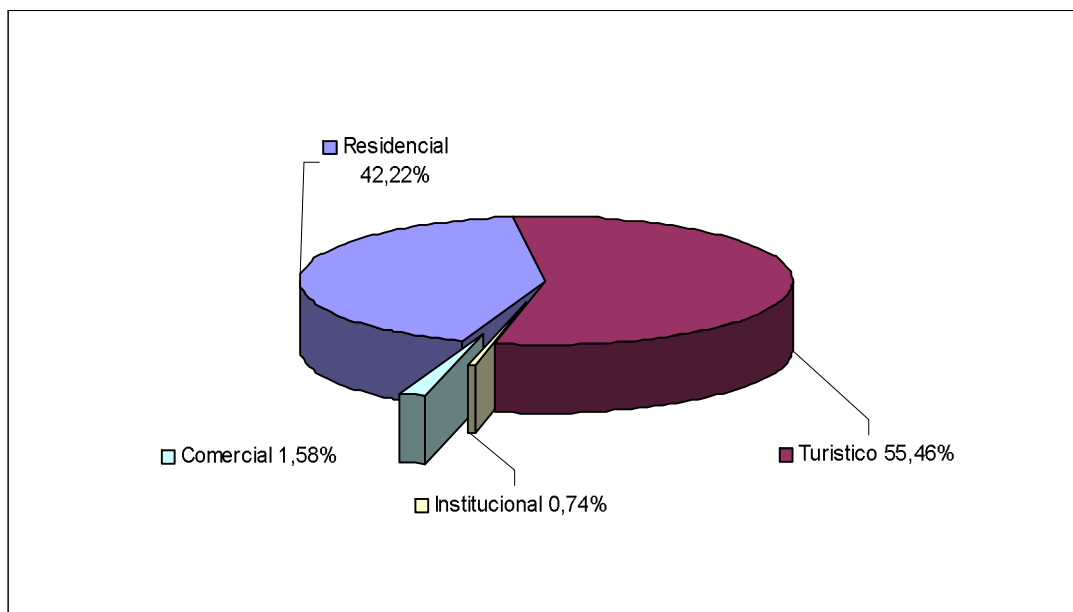
TABLA 10. APORTES DE RESIDUOS SÓLIDOS POR SECTOR EN TEMPORADA ALTA

Temporada de alto turismo	
Sector	Porcentaje
Residencial	42,22
Turística	55,46
Institucional	0,74
Comercial	1,58
TOTAL	100

Fuente: Autores

En la temporada de alto turismo, el sector turístico tiene la mayor producción de residuos sólidos, encontrándose en aproximadamente en un 13% mas que la producción dada en el sector residencial, también se observa que el sector institucional tiene una baja producción esto debido a que no se encuentran operando los colegios y escuelas, en época de vacaciones.

GRAFICA 2. APOORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS POR SECTOR EN TEMPORADA ALTA.



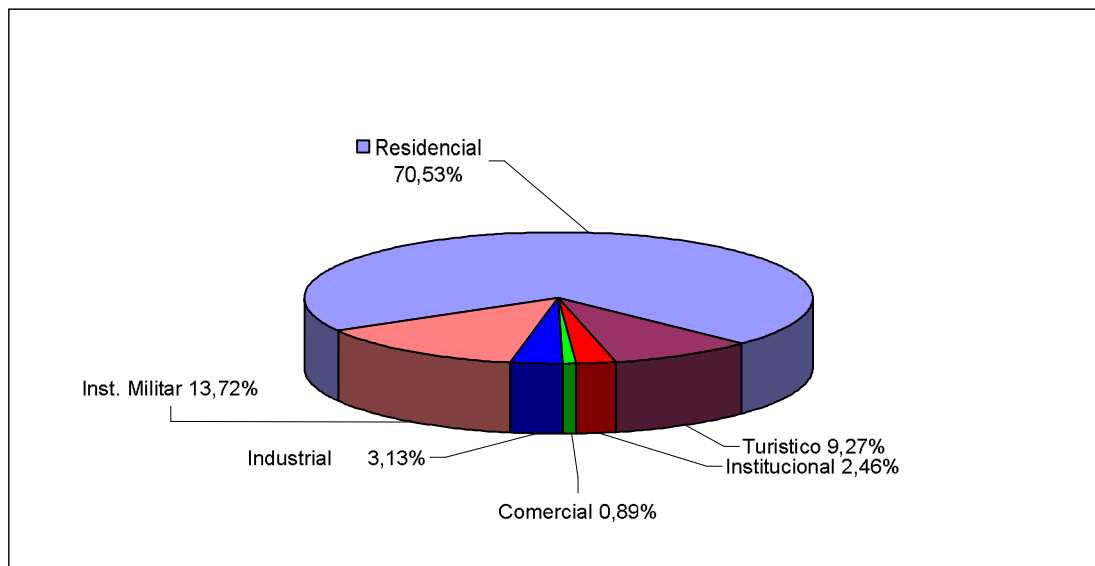
Dos de los sectores también productores de residuos sólidos en el municipio de Coveñas es el sector Industrial y el sector Institucional Militar, si se considera los aportes de estos la tabla porcentual de producción de residuos sólidos tendría los siguientes esquemas, tanto para la temporada de bajo turismo y de alto turismo.

TABLA 11. APOORTE DE RESIDUOS SOLIDÓS POR SECTOR. TEMPORADA DE BAJO TURISMO

Temporada de bajo turismo	
Sector	Porcentaje
Residencial	70,53
Turística	9,27
Institucional	2,46
Comercial	0,89
Industrial	3,13
Inst Militar	13,72
TOTAL	100

Fuente: Autores

GRAFICA 3. APOORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS POR SECTOR EN TEMPORADA BAJA.



Aun considerando la producción hecha por los sectores Industrial e Institucional Militar, el sector residencial tiene la máxima producción de residuos sólidos, y aun conserva la posición de ser 8 veces mayor que la presentada en el sector turístico, pero el sector Institucional Militar, tienen la segunda máxima producción.

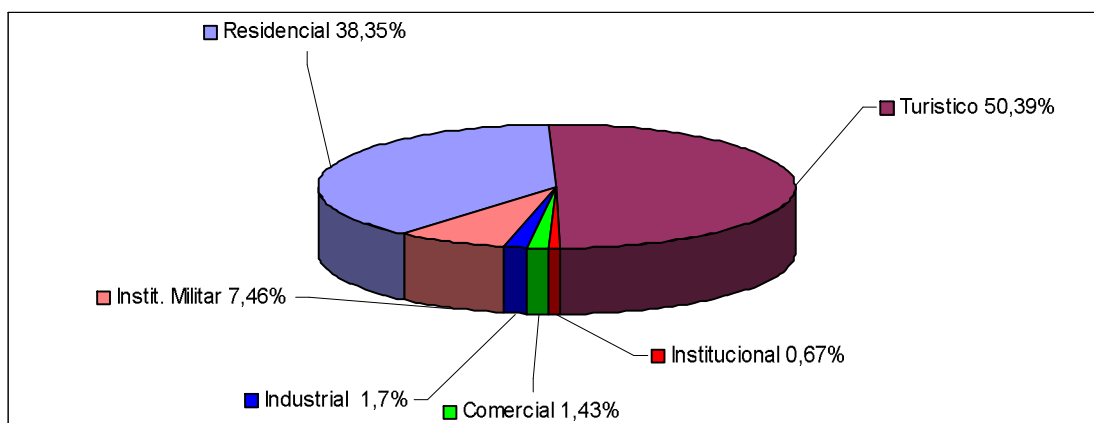
TABLA 12. APOORTE DE RESIDUOS SOLIDÓS POR SECTOR

Temporada de alto turismo	
Sector	Porcentaje
Residencial	38,35
Turística	50,39
Institucional	0,67
Comercial	1,43
Industrial	1,7
Inst military	7,46
TOTAL	100

Fuente: Autores

En la temporada de alto turismo el sector turístico presenta la mayor producción, pero aun conserva una diferencia porcentual de aproximadamente 13% sobre el sector residencial. Los sectores Institucional e Institucional Militar bajan su producción debido a la presencia de turismo.

GRAFICA 4 . APOORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS POR SECTOR TEMPORADA ALTA, COVEÑAS



A continuación se presenta la composición física de residuos sólidos en cada uno de los sectores (Residencial, Turístico, Institucional y Comercial); no se consideran la composición física en los sectores Industrial e Institucional Militar debido a que tienen un sistema de tratamiento independiente al municipal.

Los componentes que se han seleccionado (Residuos de Comida, Papel, Cartón, Plástico, Caucho y Cuero, Textiles, Madera, Metales, Vidrio, PCCRE, Huesos), son los establecidos por la Norma RAS-2000 para el municipio en mención.

TABLA 13. COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Componentes	RESIDENCIAL	TURISTICA	INSTITUCIONAL	COMERCIAL
Residuos de comida y jardín	71,3	60,42	58,55	70,08
Productos de papel	1,22	2,24	0,19	0,96
Productos de cartón	1,28	2,84	4,44	4,23
Plástico	5,37	9,38	9,63	10,45
Caucho y cuero	1,32	0,26	10,1	0,41
Textiles	1,76	1,12	0	0,89

Continuación. COMPOSICIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS				
Madera	1,08	1,24	0,38	2,05
Productos metálicos	0,89	1,14	10,1	8,74
Vidrio	1,42	9,71	0,19	1,78
PCCRE*	14,26	11,65	6,42	0,41
Huesos	0,1	-	0	

* PCCRE: Productos Cerámicos, Cenizas, Rocas y Escombros

Fuente: Autores

La siguiente tabla describe de manera ponderada como se comportan cada uno de los componentes de los residuos sólidos, en la temporada baja como en la temporada alta.

TABLA 14. PROPORCION DE RESIDUOS SÓLIDOS PONDERADOS

COMPONENTES	TEMP. BAJA	TEMP. ALTA
Residuos de comida y jardín	69,7	65,42
Productos de papel	1,59	1,85
Productos de cartón	1,58	1,89
Plástico	6	7,74
Caucho y cuero	1,15	0,71
Textiles	1,62	1,38
Madera	1,07	1,17
Productos metálicos	0,91	1,05
Vidrio	2,68	6,22
Productos cerámicos, cenizas, rocas y escombros	13,6	12,52
Huesos	0,1	0,05
Total	100	100

Fuente: Autores

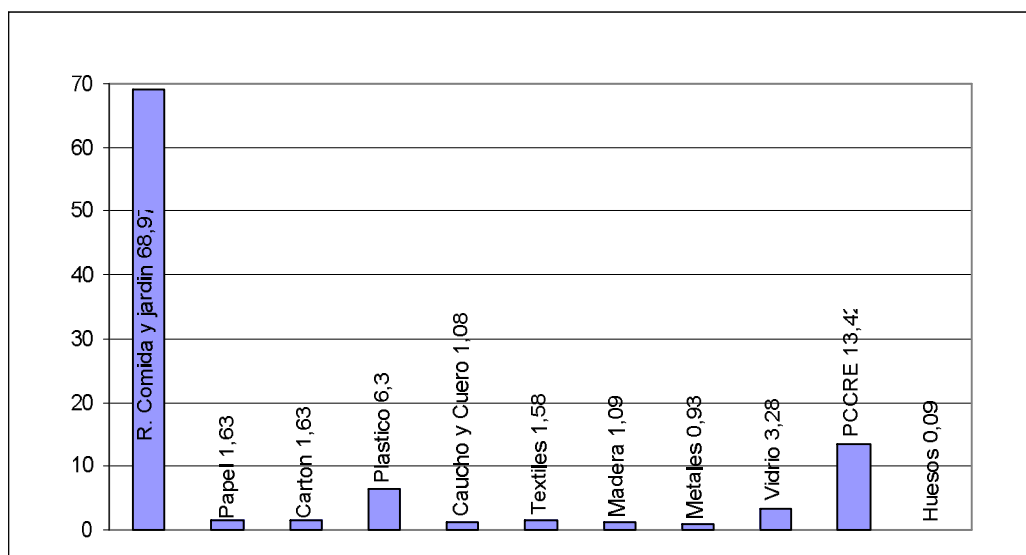
En el siguiente cuadro se presenta un resumen de los porcentajes ponderados de los aportes que hacen las fuentes generadoras de Residuos Sólidos en el municipio de Coveñas.

TABLA 15. PONDERACIÓN DE LA CARACTERIZACION FISICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ANUAL.

Componentes	Ponderación %
Residuos Comida y Jardín	68,97
Papel	1,63
Cartón	1,63
Plástico	6,3
Caucho y Cuero	1,08
Textiles	1,58
Madera	1,09
Productos Metálicos	0,93
Vidrio	3,28
Cerámica, Ceniza, Rocas y Escombros	13,42
Huesos	0,09
TOTAL	100

Fuente: Autores

GRAFICA 5. PONDERACIÓN ANUAL DE LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS.



Con estos datos se diseñará toda la infraestructura de la planta de selección y aprovechamiento de materiales y los sistemas de recolección y disposición final de los residuos sólidos, las estructuras complementarias de este sitio, las rutas de recolección y todos los elementos que hacen posible la prestación de un servicio de aseo, eficiente en un 100%.

3.2.1 Análisis de la Composición Física de los Residuos Sólidos.

1. Residuos de Comida y Jardín: La caracterización física realizada a los residuos sólidos que produce el municipio de Coveñas, muestra que la gran mayoría son residuos de comida y jardín, lo que es favorable al implantarse el servicio de aseo, puesto que se pueden aprovechar en la producción de Compost y fomentar una industria alrededor de este elemento y así amarrarse a los nuevos sistemas de economía sostenible. Entre los distintos sectores se ven claras diferencias, encontrándose que el sector residencial es el que presenta una mayor producción, siguiéndole en su orden descendente el sector Comercial, Turístico y por ultimo el sector Institucional. Este resultado era de esperarse, ya que la costumbre de las viviendas de los países en vía de desarrollo, es la de preparar los alimentos en casa produciéndose muchos residuos orgánicos, entre ellos se encuentran las cáscaras de frutas y tubérculos, restos alimenticios y empaques de productos alimenticios propios de la región como las hojas de maíz y bijao. En cuanto a los residuos de jardín, la mayor cantidad la produce el sector turístico, siguiéndole el residencial, el institucional y el comercial en mayor proporción que los residuos de comida. Dadas las condiciones de humedad del municipio de Coveñas, estos residuos se producirán constantemente durante el año y en cantidad considerable.

2. Productos de Papel: El sector institucional es el que posee el mayor porcentaje de este residuo, le siguen en su orden, el turístico, residencial y comercial, esta clasificación se incluye el papel periódico, papel de revista, hojas de cuadernos, resmas y los papeles de baño, se puede decir que la gran mayoría puede ser aprovechado.

3. Productos de Cartón: El orden descendente en el que se produce la mayor producción porcentual es en su orden: el sector Institucional, Comercial, turístico y residencial. Cerca de un 90% de lo producido puede ser recuperado y el 10% restante lo componen cajas de cigarrillos, empaques Tetra-pak, y empaques de mayor calibre como las envolturas de azúcar.

4. Plástico: Este residuo se hace mayoritario con respecto a los otros materiales en el sector comercial, le sigue en su orden el sector Institucional, el turístico y por ultimo el sector residencial. En el municipio de Coveñas lo mas común son los envases plásticos, las bolsas que contienen agua, bolsas en general incluyéndose en esta categoría además los utensilios, pañales desechables y el icopor, pero no son tan representativos como los otros elementos, exceptuando que en la época de alto turismo aumenta el uso de estos materiales.

5. Caucho y Cuero: En el sector residencial es donde se encuentra la mayor representatividad porcentual de este producto, en esta categoría se incluyeron elementos como son los zapatos, balones, cinturones y otros. En sectores como el comercial se encontró que su producción es nula.

6. Textiles: El sector residencial nuevamente es quien mas produce este residuo, seguidos en su orden por el sector turístico y el sector comercial. Según fuentes del estudio el sector institucional tiene una producción nula de este residuo. Cabe anotar que este residuo absorbe mucha humedad, por lo cual su peso aumenta muy por encima de su producción real.

7. Madera: este residuo se encuentra en un mayor porcentaje en el sector turístico, esto debido a que este sector tiene una gran población de manglar y árboles, le siguen con la más alta producción de este residuo el sector residencial, comercial e institucional.

8. Metales: En el sector comercial es donde se encuentra la mayor cantidad porcentual de este residuo, seguidamente del sector turístico, sector residencial y el sector institucional. Este residuo es de mucha importancia en la propuesta de una economía sostenible para el manejo de los residuos sólidos en el municipio ya que su recuperación no es tan costosa y su valor en Kilogramos es bastante aceptable en la región.

9. Vidrio: Este elemento también representa gran importancia ya que su recuperación al igual que el de los productos metálicos no es tan costosa y su producción general es buena, encontrándose una máxima en el sector Institucional, seguidamente del sector turístico, comercial y residencial. Este residuo se encuentra con una máxima producción promedio en la temporada de alto turismo al igual que el plástico.

10. Productos Cerámicos, Cenizas, Rocas y Escombros: La máxima producción de este residuo se encuentra en el sector residencial seguido por el sector turístico, institucional y comercial. Cabe anotar que este residuo es muy utilizado actualmente en la comunidad para rellenar zonas pantanosas.

3.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

A continuación se presenta la composición química de los residuos sólidos del municipio de Coveñas, estos valores corresponden a residuos de todos los sectores.

TABLA 16. RESULTADOS ANÁLISIS QUIMICO

PARAMETROS	MUESTRA DE BASURA N°1
Humedad %	55,07
Carbono %	10,35
Hidrógeno %	1,26

Continuación. RESULTADOS ANÁLISIS QUIMICO	
Oxígeno %	30,60
Nitrógeno %	1,37
Azufre	0,35
Ceniza %	6,50
Sólidos Totales %	43,00
Sólidos Volátiles %	1,20
Coliformes Totales, NMP/gr	1,10

Fuente: Laboratorios de Ciencias Químicas y Farmacéuticas
De la Universidad de Cartagena

3.3.1 Biodegradabilidad de los Residuos Sólidos

Con base a los sólidos volátiles calculados en laboratorios de la Universidad de Cartagena, se calcula la fracción biodegradable, mediante la relación:

$$B.F. = 0.83 - 0.028LC$$

$$\text{Peso Seco} = 100 - 55.07 = 44.03 \%$$

$$S.V. = 1.2\% \quad LC = 1.2\% / 44.03\% * 100 = 2.725\%$$

$$B.F. = 0.754 = 75.4 \%,$$

Es decir que el 75.40 % de los Residuos Sólidos del municipio de Coveñas tiene un Carácter Biodegradable.

3.3.2 Contenido Energético de los Residuos Sólidos

Utilizando la composición física porcentual ponderada del sector residencial, turístico, institucional y comercial integrado, se calcula el contenido energético de los residuos sólidos de Coveñas, multiplicando dichos porcentajes por el contenido de energía en Kcal/Kg tomado de la tabla 4.5³

³ Gestión Integral de Residuos Sólidos, TCHOBANOGLIOUS. TOMO I, Pág. 97.

TABLA 17. CONTENIDO ENERGÉTICO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Componentes	R.S. (Kg)	Energía Kcal/Kg	Energía Total Kcal
Residuos Comida y Jardín	68,97	1.377,79	95.026,18
Papel	1,63	4.000,03	6.520,05
Cartón	1,63	3.888,92	6.338,94
Plástico	6,30	7.777,84	49.000,39
Caucho y Cuero	1,08	4.166,70	4.500,04
Textiles	1,58	4.166,70	6.583,39
Madera	1,09	4.444,48	4.844,48
Productos Metálicos	0,93	33,33	31,00
Vidrio	3,28	166,67	546,68
Cerámica, Ceniza, Rocas y Escombros	13,42	1.666,68	22.366,85
Huesos	0,09	-	-
TOTAL			195.758,00

Fuente: Autores

Contenido energético = 195.728,00 Kcal/100 Kg = 1.957.28 Kcal/Kg

Este valor es considerablemente bajo con respecto al de los países desarrollados que fácilmente ascienden a más de 3.000 Kcal/Kg, por lo cual un sistema de incineración necesitaría de mayor tiempo y combustible para llevar los residuos sólidos a ser inertes.

En cuanto a los coliformes su alta presencia en la muestra enviada a los laboratorios de la Universidad de Cartagena, ratifica lo expresado en el diagnóstico acerca del arrojo de materia fecal en los sitios donde son almacenados o en el peor de los casos donde son dispuestos los residuos sólidos.

3.3.3 Lixiviados

Producción de lixiviados en el relleno sanitario de coveñas

Periodo de Diseño = 25 Años

Periodo para calculo de Lixiviado = 20 Años

Para simplificar los cálculos, se va a determinar la cantidad de lixiviados producidos por un área superficial de 1 m². y después se convertirá la solución para tener en cuenta la cantidad total de residuos sólidos colocados en el relleno.

3.3.3.1 Cantidades de Residuos.

- i. Residuos colocados por día = 4291.4 Kg
- ii. Numero de días de explotación = 300
- iii. Residuos colocados por año = 1'402.335 Kg

3.3.3.2 Características de los Residuos Sólidos

- i. Peso específico compactado de los residuos sólidos = 700 Kg/m³
- ii. Contenido de humedad inicial de los residuos = 20% en peso. Se consideró éste porcentaje porque los residuos sólidos no aprovechables serán sometido a un proceso de secamiento previo.
- iii. Distribución de materiales orgánicos rápidamente y lentamente biodegradables en el flujo de residuos.

3.3.3.3 Característica del Relleno

- i. Generales
 Altura de nivel = 2.45 m
 Relación Residuos/Cobertura = 8/1
 Numero de Niveles = 1
- ii. Material de cobertura:
 Peso específico del suelo = 1430 Kg / m³
 Densidad máxima del proctor = 1631 Kg/m³
- iii. Se supone que el contenido de humedad del suelo es su capacidad de campo.
- iv. Producción de Gas.

Determinación de los constituyentes orgánicos rápidamente y lentamente biodegradables en los residuos sólidos de Coveñas.

TABLA 18. CONSTITUYENTES ORGÁNICOS RÁPIDAMENTE BIODEGRADABLES.

Componentes	Peso húmedo(Kg.)	Peso Seco(Kg.)
Residuos de Comida	16,55	7,44
Papel	0,98	0,92
Cartón	0,98	0,93
Residuos de Jardín	14,90	0,94
TOTAL	33,41 Kg	18,23Kg

Fuente. Autores

TABLA 19. CONSTITUYENTES ORGÁNICOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS LENTAMENTE BIODEGRADABLES.

Componentes	Peso húmedo(Kg.)	Peso Seco(Kg.)
Textiles	0,95	0,94
Caucho y Cuero	0,65	0,59
Residuos de Jardín	9,93	3,97
Madera	0,65	0,52
TOTAL	31,34 Kg	10,7 Kg

Nota: Los pesos secos se obtuvieron de restarle, el contenido de humedad, el cual se obtuvo de la tabla de datos típicos sobre peso específico y contenido de humedad.

Fuente: Autores

3.3.3.4 Composición Química

TABLA 20. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS RÁPIDAMENTE BIODEGRADABLES (EN KILOGRAMOS)

Componentes	C	H	O	N	S	Cenizas
R. Comida	3.57	0.48	2.797	0.193	0.03	0.372
Papel	0.40	0.053	0.396	0.003	0.002	0.055
Cartón	0.40	0.055	0.417	0.003	0.002	0.047
Residuos de Jardín	4.11	0.536	3.397	0.304	0.027	0.563
Total	8.48	1.124	7.007	0.503	0.061	1.037

Fuente: Autores

TABLA 21. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS LENTAMENTE BIODEGRADABLES (EN KILOGRAMOS)

Componentes	C	H	O	N	S	Cenizas
Textiles	0,456	0,06	0,376	0,021	0,002	0,03
Caucho y Cuero	0,354	0,047	0,068	0,059	0,059	0,059
Residuos de Jardín	1,826	0,238	1,509	0,135	0,02	0,25
Madera	0,257	0,031	0,222	0,001	0,012	0,008
Total	2,893	0,376	2,175	0,216	0,016	0,347

Fuente: Autores

Los porcentajes de los análisis elementales, son obtenidos de la tabla de composición molar de los elementos despreciando las cenizas.

3.3.3.5 Composición Molar de los Elementos

	C	H	O	N	S
Gr/Mol	12.01	1.01	16.0	14.01	32.06
Residuos Rápídamente Biod.	0.706	1.113	0.438	0.036	0.002
Moles Totales					
Residuos Lentamente Biod.	0.241	0.372	0.136	0.015	0.000
Moles Totales					

Despreciando las cenizas
Fuente: Autores

Como la cantidad de azufre es muy pequeña, se determinará una fórmula química aproximada sin azufre.

Componente	Rápidamente Biod.	Lentamente Biod.
Carbono	19.61	16.07
Hidrógeno	30.92	24.80
Oxígeno	12.17	9.07
Nitrógeno	1.00	1.00

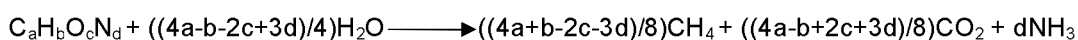
Luego, las formulas químicas sin azufre son:

Rápidamente Biodegradable = $C_{19.61}H_{30.92}O_{12.17}N$ (Utilizar: $C_{20}H_{31}O_{12}N$)

Lentamente Biodegradable = $C_{16.07}H_{24.8}O_{9.07}N$ (Utilizar: $C_{16}H_{25}O_9N$)

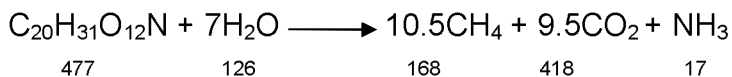
3.3.3.6 Cantidad de Gas que Pueden derivarse de la Descomposición Lenta y Rápida de los Constituyentes Orgánicos de los Residuos Sólidos

Utilizando la ecuación:

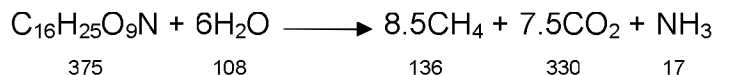


Se obtienen los siguientes resultados:

a) Residuos Rápidamente Biodegradables:



b) Lentamente Biodegradable



Volumen de metano y dióxido de carbono producido

Los pesos específicos del metano y del dióxido de carbono son 0.717 y 1.978 Kg./m³, respectivamente.

Para 1Kg de basura que se dispone, 0.1823Kg es gas producto de la descomposición de los residuos rápidamente biodegradables, de los cuales se descompone el 75%.

$$\text{Kg de RRB} / \text{Kg de residuos sólidos} = 0.1823 \cdot 0.75 = 0.137$$

Para 1Kg de basura que se dispone, 0.0302Kg es gas producto de la descomposición de los residuos lentamente biodegradables, de los cuales se descompone el 50%.

$$\text{Kg de RLB} / \text{Kg de residuos sólidos} = 0.0302 \cdot 0.5 = 0.015$$

Los anteriores valores, multiplican la columna de la tabla 24 sobre producción de gas.

- i. Residuos Rápidamente Biodegradables
 Metano = $(168 \cdot 18.23) / (375 \cdot 0.717) = 8.955\text{m}^3$
 Dióxido de Carbono = $(418 \cdot 18.23) / (477 \cdot 1.978) = 8.076\text{m}^3$
- ii. Residuos Lentamente Biodegradables
 Metano = $(136 \cdot 6.02) / (375 \cdot 0.717) = 3.045\text{m}^3$
 Dióxido de Carbono = $(330 \cdot 6.02) / (375 \cdot 1.978) = 2.678\text{m}^3$

Cantidad teórica total de Gas generado por unidad en peso seco de la materia orgánica destruida.

- i. Residuos Rápidamente Biodegradables
 Vol. / Kg. = $(8.955 + 8.076) / 18.23 = 0.93\text{m}^3/\text{Kg}$

- ii. Residuos Lentamente Biodegradables
 Vol. / Kg. = $(3.045 + 2.678) / 3.02 = 0.95\text{m}^3/\text{Kg}$

Distribución de la producción de gas durante 15 años

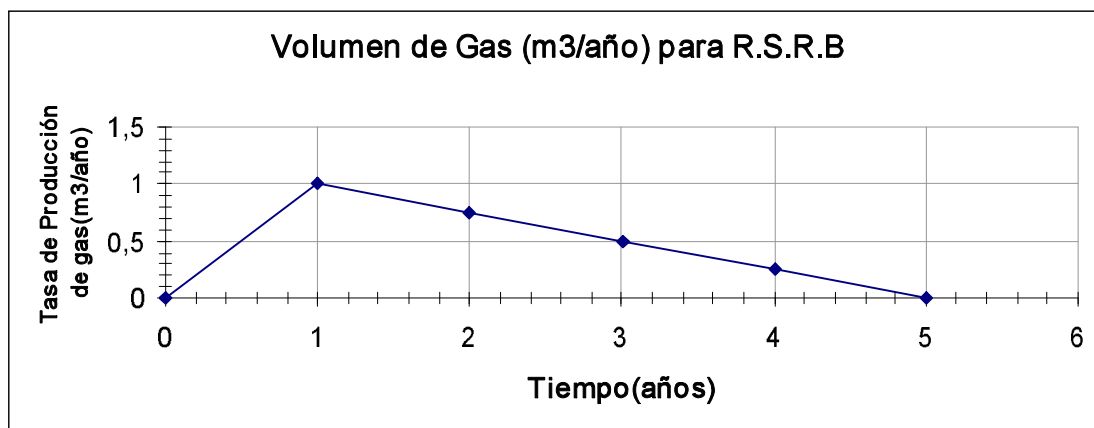
Según Héctor Collazos, la dinámica de la generación de los gases y lixiviados de los residuos sólidos rápidamente y lentamente biodegradables se puede calcular, partiendo de los siguientes postulados:

- De los residuos rápidamente biodegradables, el 75% está dispuesto para la degradación.
- De los residuos lentamente biodegradables, el 50% está dispuesto para degradación.
- La cantidad de gas rápidamente y lentamente biodegradables colocadas cada año es de: 0.94 y 0.97 m³/Kg.
- Para el cálculo de la descomposición del material rápidamente y lentamente biodegradable se va a utilizar un modelo de triangular de producción de gas para tener en cuenta la tasa de crecimiento.
- Se supone que el periodo de tiempo para la descomposición del material rápidamente y lentamente biodegradable es de 5 y 15 años respectivamente.
- En el segundo año se presenta un pico en la fracción del total que se descompone (RRB).
- En los siguientes años y hasta finalizar el quinto año la tasa de descomposición decrece progresivamente (RRB).
- Hasta el año quinto se supone que ocurre el 95% del total de la descomposición esperada. Para los años sexto al quinceno, se supone repartido el 5% restante de la descomposición, con un decrecimiento lineal que lleva a un valor de cero para la finalización del año quinceno.

Volúmenes de gas para los R.R.B. (Residuos Rápidamente Biodegradables)

Total de gas producido, m³ = $\frac{1}{2}$ (base * Año)*(Altura * Tasa mas alta de producción de Gas).

GRAFICA 6.



Cantidad total de Gas por Kilogramos de R.R.B. = 0.94 m^3

Tasa máxima de producción de Gas, $\text{m}^3/\text{año} = 0.94\text{m}^3 \cdot (2/5) = 0.376 \text{ m}^3/\text{año}$

Tasa de la producción de gas al final del primer año = $1/5 \cdot 0.376 \text{ m}^3/\text{año} = 0.075 \text{ m}^3/\text{año}$.

Gas producido en primer año en el que se produce: $1/2 \cdot (1 \text{ Año}) \cdot (0.075 \text{ m}^3 / \text{año}) = 0.013 \text{ m}^3$

TABLA 22. Producción Anual de Gas de los RSRB

Final del Año	Tasa de producción $\text{m}^3/\text{Año}$	Producción de Gas m^3	75% de la Producción
1	0,000	0,000	0,0000
2	0,376	0,188	0,0258
3	0,282	0,329	0,0451
4	0,188	0,235	0,0322
5	0,094	0,141	0,0193
6	0,000	0,047	0,0064

Fuente: Autores

Tasa y Volúmenes de gas para los R.L.B. (Residuos lentamente Biodegradables)

Total de gas producido, $\text{m}^3 = \frac{1}{2} (\text{base} \cdot \text{Año}) \cdot (\text{Altura} \cdot \text{Tasa mas alta de producción de Gas})$.

Cantidad total de Gas por Kilogramos de R.R.B. = 0.97m^3

Tasa máxima de producción de Gas, $\text{m}^3/\text{año} = 0.97\text{m}^3 \cdot (2/15) = 0.129 \text{ m}^3/\text{año}$

GRAFICA 7.

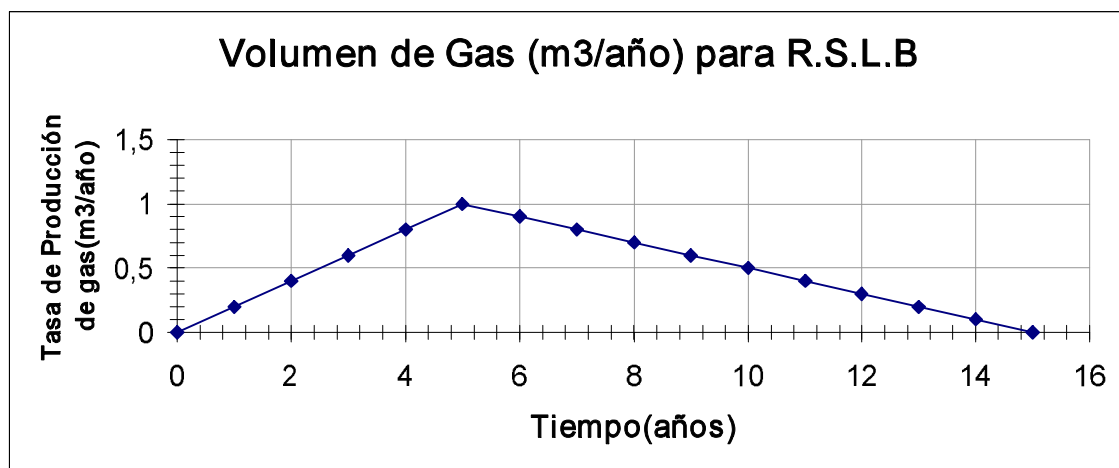


TABLA 23. Producción Anual de Gas de los RSLB

Final del año	Tasa de producción m ³ /año	Producción de Gas m ³	50% de la Producción
1	0,000	0,000	0,0000
2	0,026	0,039	0,0002
3	0,052	0,065	0,0006
4	0,077	0,090	0,0010
5	0,103	0,116	0,0014
6	0,129	0,123	0,0017
7	0,116	0,110	0,0018
8	0,103	0,097	0,0017
9	0,090	0,084	0,0015
10	0,077	0,071	0,0013
11	0,065	0,059	0,0011
12	0,052	0,046	0,0009
13	0,039	0,033	0,0007
14	0,026	0,020	0,0005
15	0,013	0,007	0,0003
16	0,000	0,000	0,0001

Fuente: Autores

Producción de gas durante 15 años en el relleno sanitario de Coveñas.

- i. Rápidamente biodegradable: 0.94
- ii. Lentamente biodegradables: 0.97

TOTAL: 1,910 m³/Kg.

- i. Agua consumida en la formación del gas del relleno: 0.00511 Kg H₂O /m³ de gas producido (Pineda, Samuel "MANEJO Y DISPOSICION DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS", Pág. 300).
- ii. Agua presente como vapor de agua en el gas: 0.16 Kg./m³. del gas producido.
- iii. Peso específico del gas del relleno: 1.339 Kg./m³ del gas producido.(promedio de los pesos específicos del metano y dióxido de carbono principalmente.
- iv. Capacidad de campo (Fc): $0.6 - 0.55(W/(4536+W))$; Fc es fracción de agua en los residuos basándose en sus pesos secos.

La lluvia que entra en la cubrición diaria durante los 15 años de explotación del relleno sanitario de Coveñas, fue calculada como el promedio de las precipitaciones producidas durante 20 años, tomados de la estación de la DOCTRINA del IDEAM desde 1982 hasta 2002:

Promedio anual: 1258 mm. = 12.58 cm/año.

Para los valores de evapotranspiración se realizó el mismo procedimiento.

De la tabla se obtiene que capacidad de campo del material de cobertura es 35 y el de marchités 17, coeficiente de escorrentía 35%.

TABLA 24. AGUA DE INFILTRACIÓN POTENCIAL

M	Precipitación	Evapotran	Escorrentía	+/- Humedad	Déficit mat. De cobertura	Infiltra. Potencial
1	9.6	130	3.36	-123.76	-117	0
2	4	137.4	1.4	-134.8	-117	0
3	5	152.5	1.75	-9.25	-.925	0
4	70.8	169	24.7	-122.9	-117	0
5	160.7	126.7	56.245	-22.245	-22.245	0
6	33.9	115.8	11.865	-93.765	-93.765	0

Continuación. AGUA DE INFILTRACIÓN POTENCIAL						
7	157.13	135.2	55.06	-32.96	-32.96	0
8	230.1	113.1	80.535	36.445	3.485	24.75
9	200.1	104.5	70.04	25.56	29.045	13.86
10	112.4	113.3	39.34	-40.24	-11.195	0
11	174	118.2	60.9	-5.1	-16.295	0
12	100.1	118.5	35.04	-53.4	-69.735	0
Σ	1258	1534.2				38.61

NOTA: Todos los valores se encuentran en mm.

Fuente: Estación La Doctrina (IDEAM)

Capacidad de campo de la arcilla: 35 (Tabla 11.20)

Punto de marchites: 17 (Tabla 11.20).

A. Capacidad de campo del material de cobertura en cm.:

$$F_c = 0.35 \cdot 100 \text{ cm/m} = 35 \text{ cm/m.}$$

B. Porcentaje Permanente de Marchites (PPM): $0.17 \cdot 100 \text{ cm/m} = 17 \text{ cm/m.}$

C. Capacidad de almacenamiento de humedad disponible en el material de cobertura de 0.65 m de espesor.

$$SM = (35 - 17) \cdot 0.65 = 11.7 \text{ cm.}$$

D. déficit de humedad inicial del material de cobertura:

$$SM_d = (35 \cdot 0.5 - 17) \cdot 0.65 = 3.25 \text{ mm}$$

Lluvia que entra en el cubrimiento final durante los 15 años.

$$\text{Infiltración potencial a través del material de cobertura} = 24.75 \text{ mm} + 13.86 = 38.61 \text{ mm / año.}$$

3.3.3.7 Definición de los elementos del balance de aguas :

i. Peso del material de cobertura (PMC);

$$PMC = (1631 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.65 \text{ m} + 1430 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 1.8 \text{ m} \cdot (1/8)) 1 \text{ m}^2 = 1381.900 \text{ Kg}$$

$$\text{Peso de los residuos sólidos} = (700 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \cdot 1.8 \text{ m} \cdot (4.5/8)) 1 \text{ m}^2 = 1102.500 \text{ Kg}$$

ii. Peso seco de los residuos sólidos = $1102.5 \text{ Kg} \cdot (1 - 0.2) = 882.0 \text{ Kg}$

iii. Contenido de humedad = $1102.5 \text{ Kg} \cdot 0.2 = 220.5 \text{ Kg}$

Nota: se toma el contenido de humedad como el 20% debido a que los residuos sólidos van a ser sometidos a un tratamiento de secado previo a la disposición final.

iv. Peso de la lluvia entrando en el relleno durante cada uno de los años.

$$\text{Peso de la lluvia} = (3.861 \text{ cm} * \text{año} * (1/100) * 1 \text{ m} / 100 \text{ cm}) 1 \text{ m}^2 * 909 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 38.571$$

$$\text{Peso total del nivel} = 2.522,971 \text{ Kg}$$

3.3.3.8 Balance de aguas para el primer año:

a) Producción de gas. Gas producido = $1.102,5 * 0,0 \text{ m}^3 / \text{Kg}$

b) Peso del Gas producido = $0,0 \text{ m}^3 * 1,339 \text{ Kg} / \text{m}^3 = 0 \text{ Kg}$

Peso del agua consumida en la producción del gas del relleno
 $= 0 \text{ m}^3 * 0.16 \text{ Kg} / \text{m}^3$

c) Peso del vapor de agua = $0.0 \text{ m}^3 * 0.016 \text{ Kg} / \text{m}^3 = 0.0 \text{ Kg}$

d) Peso del agua en los residuos = $259,0716 \text{ Kg}$

e) Peso seco de los residuos sólidos restantes en el nivel al final del año uno
 $= 882,0 \text{ Kg}$.

f) Peso medio de los residuos colocados en el nivel:

$$\text{Peso medio} = 0.5 * (259,071 + 882,0) + 1381,9 = 1952,436 \text{ Kg}.$$

g) Factor de capacidad de campo = $0.6 - 0.55 * (w / (4536 + w))$

$$F_c = 0.6 - 0.55 * (1952,436 / (4536 + 1952,436)) = 0.434$$

h) Cantidad de agua que puede retener los residuos sólidos:
 $882 * 0.434 = 383.229 \text{ Kg}$

i) Cantidad de lixiviados producidos = agua real en los residuos sólidos – capacidad de campo de los residuos sólidos = -124.158 Kg .

Como la capacidad de campo de los residuos es mayor que la cantidad real de agua presente en los residuos, no se producirán lixiviados durante el primer año.

j) Cantidad de agua restante en el nivel al final del año uno = $259,071$

k) Peso total del nivel = residuos secos + agua restante + cobertura
 $= 882,0 + 259,071 + 1381,9 = 2522,971$

En el cuadro que aparece en la página siguiente se muestran resumidos todos los cálculos a 20 años.

TABLA 25. PRODUCCIÓN DE LIXIVIADO.

AÑOS	PRODUCCION DE GAS PROMEDIO ANUAL	VOLUMEN DE LIXIVIADOS M³
1	0.047	0.00
2	0,047	0,00
3	0,047	0,00
4	0,047	0,78
5	0,047	5,53
6	0,047	15,71
7	0,047	40,78
8	0,047	90,44
9	0,047	144,45
10	0,047	199,85
11	0,047	255,09
12	0,047	313,18
13	0,047	370,22
14	0,047	431,24
15	0,047	491,13
16	0,047	552,30
17	0,047	610,43
18	0,047	680,69
19	0,047	751,10
20	0,047	821,70
21	0,047	893,26
22	0,047	965,21
23	0,047	1037,52
24	0,047	1110,21
25	0,047	1183,28

Fuente: Autores

3.4 RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

En esta parte del diseño del sistema de aseo, se determinan las Macrorrutas incluyendo en ellas la zonificación y balance de rutas para dividir las áreas de recolección en zonas que signifiquen iguales cargas de trabajo a las

cuadrillas de recolección y del Microrruteo, en donde se detalla la ruta de recolección tratando de economizar al máximo los recursos económicos.

Lo anterior es concomitante con los requisitos de diseño que establece el RAS-2000 para esta actividad, entre los que se sitúan: tamaño de las vías, iniciar en los puntos de recolección más cercanos al garaje, evitar los giros en “U”, terminar la recolección en los puntos más cercanos a la disposición final, para recolección en ambas aceras trazar rutas lo mas lineal posible, las rutas deben promover que el recorrido de las calles sean en el sentido de las manecillas del reloj y que sea continua, entre otras. En el establecimiento de las rutas para el municipio de Coveñas se presentaron inconvenientes relacionados directamente con el tamaño de las calles, el trazado de las vías y la distribución urbanística de la población. Esto hizo que no se tuvieran en cuenta algunas de las calles para el diseño de la recolección, las rutas propuestas son las siguientes:

Ruta N° 1: La actividad turística fue determinante para el diseño de las rutas y se le asigna la denominación de Ruta N° 1, básicamente serán recolectadas las basuras de toda la franja costera desde el sector rural de Puerto Viejo (Playa) hasta el sector de la Coquerita, excluyendo el sector de San José que es tomado en la Ruta N° 2. Se estima que en temporada baja el vehículo recolector realizará 3 viajes diarios, iniciando la ruta desde Puerto Viejo. La frecuencia de recolección serán los Lunes y Jueves, con una longitud de recolección de 12.7 Km, con un recorrido total de 15.3 Km, como se indica en el plano N°10. Cuando es temporada alta se necesitarían realizar doce viajes. (Ver Anexo 1, Escogencia vehículo recolector)

Ruta N° 2: Esta ruta toma todo el sector residencial de la Isla de Gallinazos, San José, incluyendo a este por su baja actividad turística, y parte de Guayabal. Al igual que el anterior para esta ruta el vehículo realizará 3 viajes diarios. La frecuencia de recolección serán los Martes y Viernes, y su longitud de recolección es de 11.6 Km y una longitud total de 13.4 Km, (Ver Plano N° 10)

Ruta No 3: Esta ruta toma todos los residuos sólidos del sector rural, en el cual se incluyen Punta Seca, El Reparo, El Mamey, Bella Vista, El Edén y parte de Guayabal. En ésta ruta el vehículo realizará tres viajes diarios, los días miércoles y sábado, con una longitud de recolección de 10.8 Km, y un recorrido total de 11.9 Km, (Ver plano N°10) teniendo presente, que las viviendas en el sector de Bella Vista están algo dispersas y los usuarios que viven en parcelas, deberán presentar las basuras en la ruta de recolección.

3.4.1.1 Cobertura

Para el municipio de Coveñas una vez puesto en funcionamiento el servicio de aseo con todos los aspectos técnicos indicados, esta será del 100% para el área urbana y del 90% para el área rural, quedando por fuera algunas de las fincas y el área de torrente indígena por el mal estado de la vía. En esta zona la recolección podrá hacerse con un vehículo de tracción animal.

3.4.1.2 Cuadrilla

La recolección se llevará a cabo con 4 hombres en cada vehículo, previendo las condiciones climáticas y la cantidad de basuras a recoger. De todas maneras, es necesario estudiar el rendimiento de la cuadrilla, una vez puesto en funcionamiento el servicio de aseo, para determinar si para el municipio es óptimo el número de hombres.

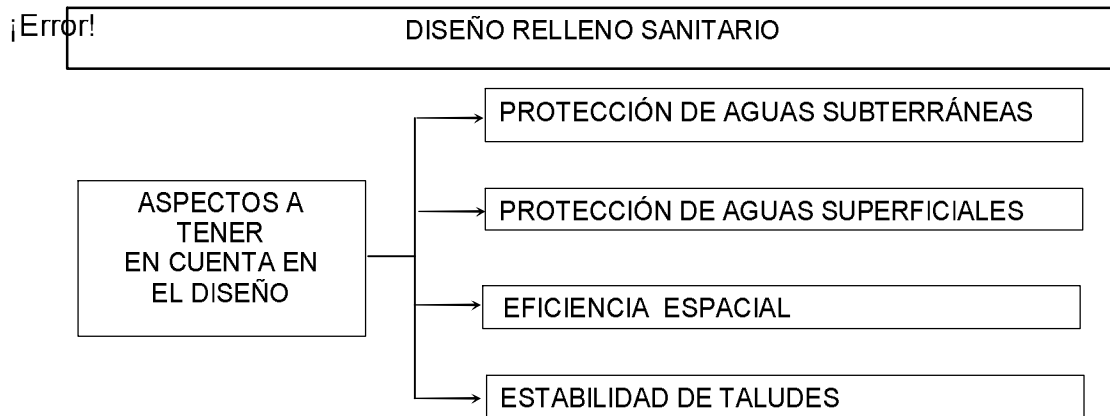
3.4.1.3 Equipo

La selección de la cantidad y características del vehículo recolector es una de las actividades más complejas en el manejo de un servicio de aseo. Por ser Coveñas una población pequeña se determinó transportar la basura en un camión tipo volquete de chasis bajo y compuertas en la parte superior y posterior que no exigen mantenimiento complicado como los carros transportadores compactadores.

Según los cálculos de diseño que aparecen en el anexo N°1, el número de vehículos diarios para recoger los residuos del municipio de Coveñas es 1 en temporada baja. En temporada alta se requieren 4 vehículos, en este caso, se recomienda alquilar 2 volteos y utilizar el de reserva disponible en el sitio de disposición final, durante 2 días de semana santa (Lunes y Jueves), en Junio aunque la temporada no es la mejor, en caso de presentarse también se alquilarían por 2 días a la semana al igual que en el fin de año (aproximadamente 1 mes).

Para las otras rutas, es decir, la N° 2 y la N° 3, se necesita 1 vehículo diariamente en toda época del año.

3.5 ASPECTOS TÉCNICOS DE DISEÑO



A continuación se presentan los aspectos técnicos que reunirá el sitio de disposición final y toda su infraestructura asociada, en donde se adelantara la correcta y adecuada disposición de los residuos sólidos generados. Esto mediante la técnica de Relleno Sanitario para residuos ordinarios y especiales, compostación para el material orgánico y recuperación de los materiales reutilizables biodegradables y no biodegradables.

3.5.1 Aspectos generales

El relleno sanitario se diseñó para que se pueda disponer el 55% de la producción de basura generada en el municipio de Coveñas, aunque se espera que el valor real de aprovechamiento sea más del 50% de la producción total. Se toma este valor previendo una operación del mismo con una eficiencia del 80% por experiencias que se tienen en rellenos sanitarios operados en otras ciudades y poblaciones de características similares. Este relleno se diseñó para una vida útil de 25 años según lo dispuesto en la Norma RAS 2000, par un nivel de complejidad medio alto.

El área total del predio es de aproximadamente 11,33 Hectáreas de las cuales 6.15 Hectáreas serán utilizadas en la disposición final de los residuos sólidos mediante la conformación de las celdas diarias, 0.071Ha para infraestructura física, 0.87Ha para vías internas, 0.018 Ha para tratamiento de lixiviados y un espacio libre de 4.22Ha.

3.5.2 Localización del Sitio Para la Planta de Selección y Disposición Final de Residuos Sólidos del Municipio de Coveñas

En general, para la ubicación de la planta de selección y disposición final de los residuos sólidos del Municipio de Coveñas, se tuvo en cuenta la zona urbana de la población, las vías de acceso, sus características, las condiciones ambientales (Corrientes de Agua) y la topografía del terreno.

Dentro de las actividades a adelantar para la ubicación del sitio, en primera instancia, se pensó en la interferencia que podría haber entre los distintos oleoductos que llegan al municipio y el sitio que se escogiese para la disposición final. Al tener acceso a las empresas petroleras establecidas en Coveñas, se observó que los sitios más factibles que ellos consideraban, se localizaban en Torrente Usuarios, justamente las cuatro fincas, del cruce de caminos que de Coveñas conduce al corregimiento de El Reparo y el que de

la Isla de Gallinazos conduce a Punta Seca. De estos cuatro sitios se descartaron tres por la cercanía a la población urbana y a otras viviendas ubicadas dentro de dichos predios, considerando además que existen más corrientes superficiales de agua. Quedando entonces como únicas alternativas de disposición final el sitio de Torrente y el que fue escogido por el consultor del POT, cuya ubicación es en el sector de Bella Vista.

Los aspectos que se tuvieron en cuenta para la ubicación del sitio de disposición final fueron:

3.5.2.1 Geología de la Zona:

Se observó que el sector de Bella Vista posee bancos de arena, hasta tal punto que siguiendo la vía hasta territorio Cordobés se encuentran canteras de donde se extraen materiales para afirmado y arena en el llamado Cerro Petrona. En el sector de Torrente siguiendo la vía hasta llegar a Torrente Indígena el suelo predominante es arcilloso, hecho éste que influye en los siguientes aspectos:

3.5.2.1.1 Espesor del Suelo:

Dadas las características de los dos sitios, en el sector de Torrente se trabajó con un estudio Hidrogeológico de la zona realizado en Septiembre de 2003, el cual según la ubicación que da el realizador del estudio el SEV-02 toca puntos del lugar, éste sondeo arroja grandes espesores de arcilla. Del sector de Bella Vista no se puede precisar algo así, pero se observan muchos bancos de arena.

Lo anterior, hace más factible la extracción de material de cobertura en la finca de Torrente Usuarios y en gran cantidad, por el gran espesor de arcilla que posee y que hace pensar que la roca madre se encuentra muy profunda.

3.5.2.1.2 Pendiente:

Las pendientes en Bella Vista son bastante abruptas mientras que en Torrente son ligeras. Para el diseño de las vías se tendría que cortar y rellenar mucho si se escogiese el sitio Bella Vista, así como se dificultarían las labores de disposición final.

3.5.2.1.3 Textura:

Este es un indicador de la permeabilidad y con la cual se garantiza que en Torrente por poseer suelo arcilloso es más fácil la impermeabilización y así mismo es más fácil el manejo del material de cobertura

3.5.2.1.4 Permeabilidad:

Si el suelo es muy permeable, los lixiviados producidos en el relleno y las aguas lluvias, pueden penetrar fácilmente el subsuelo y pueden causar daños a las aguas subterráneas y/o superficiales. Por esta condición, es excelente el sitio de torrente por impedir la infiltración de agua.

3.5.2.2 Topografía del Sitio.

La topografía es el material básico para el diseño de un relleno sanitario. Aunque únicamente se realizó levantamiento en el sitio de Torrente Usuarios, en Bella Vista el terreno es quebrado y es mayor la presencia de valles y arroyos, que según criterio de los diseñadores y del Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial son condiciones muy desfavorables para la ubicación de un relleno sanitario.

3.5.2.3 Meteorología de la Región.

Es necesario conocer, por lo menos los promedios mensuales de la intensidad de lluvias, los promedios mensuales de la evapotranspiración o de la evaporación, la intensidad y dirección predominante de los vientos durante todo el año, los promedios de temperaturas y periodos lluviosos y secos. En

este sentido, no podría establecerse diferencias entre los dos sitios, dada la cercanía que existe entre los dos, daba igual la escogencia de cualquiera de ellos, ya que las dos estaciones meteorológicas que se encuentran en Coveñas no se ubican en los sitios seleccionados.

3.5.2.4 Posibilidad de Material de Cobertura.

El material de cobertura posee como característica fundamental el separar adecuadamente la basura del ambiente exterior, en general, las propiedades de un material de cobertura deben ser tales que permitan:

- Prevenir la entrada de roedores a la basura.
- Prevenir la presencia de moscas.
- Minimizar la entrada de agua a la basura.
- Suministrar una salida de gases producidos.
- Controlar los incendios.
- Dar una apariencia aceptable al sitio.
- Servir como base a las vías de acceso.
- Permitir el crecimiento de la vegetación.

Se considera que las anteriores propiedades, se logran con mayor facilidad utilizando material arcilloso, por lo que hace más factible la escogencia del sitio de Torrente como el de disposición final.

Por todo lo anteriormente expuesto, se considera que el sitio que reúne las mejores condiciones para disponer los residuos sólidos del municipio de Coveñas es el ubicado en Torrente Usuario. Esto no obedeció a un orden de elegibilidad como lo expone la metodología de mapas superpuestos, debido a que se debían conocer muchos parámetros que se desconocen en ambos sitios. Los criterios de selección obedecieron al juicio y experiencia de los diseñadores.

3.6 SISTEMA DE APROVECHAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

3.6.1 Movimiento de Tierras

Las primeras actividades para la realización de la facilidad de manejo y disposición final corresponden a los movimientos de tierra y replanteos topográficos, en los cuales se desarrollaran las siguientes actividades:

- Descapote, excavación, retiro y almacenamiento de la capa de suelo orgánico.
- Excavaciones para vías, etapa de operación del Relleno y obras en general, los taludes utilizados serán los indicados por los planos (1H:1V).
- Rellenos para vías, etapa de operación del relleno y obras en general, los taludes utilizados serán los indicados por los planos (2H:1V).

TABLA 26. BALANCE DE MATERIAL DE EXCAVACIÓN

ETAPA	VOLÚMENES EN M ³				
	EXCAVACIÓN	RELLENO	MATERIAL DE COBERTURA	MATERIAL SOBRANTE	MATERIAL ACUMULADO
Caseta de Registro	20			20	20
Zona Administrativa, Clasificación, Compostaje, Reciclaje y Taller	247	0,00		247	267,00
Vías Internas	2.356,90	1.659,00		697,90	964,90
Etapa I	7.529,60	3.661,00	1.035,00	2.833,60	3.798,50
Etapa II	11.420,50	1851	1.119,00	8.450,50	12.249,00
Etapa III	13.162,50	624	1.195,00	11.343,50	23.592,50
Etapa IV	14.996,80	617	1.282,00	13.097,80	36.690,30
Etapa V	13.981,50	137	1.030,00	12.814,50	49.504,80
Etapa VI	24.624,60	1.024,00	1.765,00	21.835,60	71.340,40
Piscina de Lixiviados	673,4	0		673,40	72.013,80
BALANCE TOTAL	89.012,80	9.573,00	7.426,00	72.013,80	72.013,80

Fuente: Autores

3.6.2 Frente de Trabajo y Conformación de la Celda Diaria

Con los residuos diarios que ingresarán al relleno sanitario, se conformará la celda diaria, la cual tendrá un frente de trabajo con una pendiente de 30° y una altura de 1.8 metros, incluida la cobertura diaria.

Los residuos incluidos en la celda serán compactados con un buldózer D3 para una operación mas eficiente del sistema, dado que el volumen de residuos producidos por el municipio es considerable para el tamaño de su población. (Ver anexo 1 Escogencia del equipo de disposición final)

El material de cobertura será arcilloso, proveniente de las excavaciones realizadas durante la adecuación de las celdas del relleno.

Se espera que los residuos sean compactados hasta alcanzar una densidad máxima de 700 Kg/m³.

3.6.3 Sistema de Impermeabilización

En el fondo y taludes del relleno, se ha previsto la utilización de un sistema de impermeabilización, con el fin de evitar el flujo de lixiviado formado hacia el subsuelo y lograr su recolección. El material del fondo será una arcilla compactada con un espesor de 0.45m y una geomembrana calibre 40 con capas de arena y grava en la parte superior para el drenaje de lixiviados, que suman en total 0.35m. (Ver plano N°8)

3.6.4 Sistema de Cobertura Final

La cobertura final está compuesta por una barrera de control de infiltración, establecida por el RAS, con el mismo material del suelo natural. La capa de control será compactada y tendrá un espesor de 0.45m con una permeabilidad máxima de 1×10^{-5} cm/seg, la cual al ser compactada alcanzará este valor pues su permeabilidad esta muy cercana a este valor (6.70×10^{-5} cm/seg) El espesor total de la cobertura final será de 0.65 metros, compuesta de la siguiente manera:

- Revegetalización

-
- 0.20 metros de capa vegetal
 - 0.45 metros de arcilla compactada

3.6.5 Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

Las aguas residuales provenientes de las unidades sanitarias de la zona de oficinas y de la caseta de registro, serán tratadas mediante un sistema séptico eternit y luego serán dispuestas en un campo de infiltración.

De manera general, el sistema consta de tres tanques que actúan como trampa de grasas, retención de lodos y filtro, para luego ser enviadas al campo de infiltración. (Ver Plano N°6 distribución en planta y N°9 detalle).

3.6.6 Sistema de Manejo de Aguas Lluvias

Para la evacuación de las aguas lluvias se ha considerado un canal trapezoidal indicado por la norma RAS 2000, y debe ser construido en un material arcilloso o suelo-cemento, el canal trapezoidal adecuado considerando la velocidad asignada por la norma RAS 2000 es de 0.35m de base menor y 0.95m de base mayor, con un talud 1H:1V, y estos llegaran a los canales triangulares de concreto de las vías.

El personal requerido para el manejo fácil y disposición final de los residuos sólidos del municipio de Coveñas será:

Ingeniero Residente	1
Comisión de topografía	2
Disposición final del relleno sanitario	2
Portero y registrador	1
Recolección y transporte	4
Mantenimiento General	1
Celadores	1
Sistema de biotransformación	4
Clasificadores	3
Total	20

3.6.7 Procesos de Recuperación, Reciclaje y Valorización de Residuos

Con respecto al tratamiento que se les va a dar a los residuos sólidos en el municipio de Coveñas, se puede afirmar que los procesos de recuperación, reciclaje y valorización de los residuos sólidos presentan un nuevo sistema económico sostenible.

En tal sentido, este proyecto contempla también la implementación de nuevos procesos, encaminados no solo a la disposición final sino al procesamiento y aprovechamiento de los recursos contenidos en ellos, con tres finalidades: mejorar la eficiencia de las operaciones del sistema de disposición, aprovechar de los residuos sólidos los materiales reutilizables, recuperables o reciclables; y aprovechar de la materia orgánica contenida en los residuos, productos intermedios de conversión: mediante fermentación biológica-compostaje.

3.6.7.1 Reciclaje

Los reciclajes se realizan inicialmente con los materiales tradicionales o corrientes así:

- **Papel y Cartón:** los procesos se inician con la separación de papeles y cartones buscando que estos salgan lo mas limpio posible, ya que de otra manera no son tan comerciables. Este se almacena en una bodega correspondiente y se lleva al sector de selección de estos con el objeto de separarlos de acuerdo a las siguientes posibilidades.
 - i. Material para reutilización, cuando se obtiene muy limpio, pudiéndose utilizar en empaques y confecciones de cajas.
 - ii. Material para la producción de papel reciclado, para lo cual esta se debe compactar y embalar a fin de abaratar y hacer mas cómodo el transporte.
 - iii. Material sucio que se regresa al proceso de selección, para que sea utilizado en la producción de abono orgánico.

-
- Plásticos: sigue a continuación la separación de plásticos, lo que por su gran volumen ocupa mucho espacio y dificulta la separación de los otros. Esta operación que se hace en una etapa previa para retirar todo el material y en una segunda de clasificación específica, para lo cual se debe separar según la clasificación que existe internacionalmente, siendo comerciables para Colombia los siguientes:
 - i. Código 2 HDPE Polietileno de alta densidad
 - ii. Código 3 PVC Cloruro de Polivinilo
 - iii. Código 4 LDPE Polietileno de baja densidad
 - Vidrio: En general los vidrios comerciales en reciclaje son los tipo botella, que puedan ser recuperados en un 100%, con gran ahorro en los materiales y energía utilizada, estos deben ser separados en colores transparentes, verde, ámbar y azul, que es lo que se hace desde la selección (y en lo posible deben ser triturados para facilitar transporte y mejorar su precio). Los demás como cristales de ventanearía y vidrios duros no son fáciles de comercializar por lo que se dejan en el relleno sanitario, aunque si se presenta bastante cantidad de alguno de ellos se acumula para su comercialización.
 - Metales: Los metales se esperan en general mezclados y luego se acumulan en el sitio específico para su separación y compactación, teniendo en cuenta que tienen precios muy distintos cada uno. La separación tiene como principales: Ferroso, Aluminio, Cobre, Plomo, Latón y Otros.
 - Textiles: los textiles se separan para reutilización directa, producción de estopas y relleno, y en caso de material pequeño y muy sucio para

compostación, aunque no es fácil el reconocimiento del compostable (algodón), por lo que una buena proporción puede ir al relleno sanitario.

- Otros: Los residuos no considerados en los ítems se separan y acumulan hasta su envío al relleno sanitario la mayor parte de ellos en el proceso corriente y algunos pocos que son mas contaminantes.

Algunos materiales que no hayan podido ser adecuadamente seleccionados, seguirán el proceso de compostación, si los mismos no compostan serán rechazados al final del ciclo en el tamizado, pero no puede permitirse que materiales tóxicos y contenidos de metales pesados entren a la compostación.

3.6.8 Obras de Adecuación Para la Operación del Relleno Sanitario

En los planos que se presentan, se puede observar la distribución general de las obras de manejo dentro del predio que se ha destinado como sitio de selección y disposición final de Residuos Sólidos del municipio de Coveñas. Se ha provisto la utilización de una superficie de 11 hectáreas y dentro de esta un área neta de 9.2 hectáreas para la construcción del Relleno Sanitario y demás infraestructuras.

3.6.8.1 Valla de Información

Es conveniente ponerle un nombre al Relleno Sanitario y a la planta de selección que lo identifique claramente y que lo recuerde fácilmente.

Se debe colocar una valla con la siguiente información:

- Nombre del Municipio
- Nombre de la empresa que presta el servicio y su identificación
- Nombre del sitio de disposición final
- Alguna identificación propia o eslogan

La valla de identificación es muy importante, porque toda la ciudadanía debe conocer donde se coloca y que se hace con la basura que se produce.

3.6.8.2 Cerco Perimetral.

El tipo de cerca a utilizar depende de la presión de la comunidad, de los animales que quieren entrar y del presupuesto que se tenga. Se considera que por la lejanía del sitio con respecto al casco urbano de Coveñas y la poca población en los alrededores, un cerco de 9 hilos de alambre de púas es suficiente, como se indica en el plano N°2.

3.6.8.3 Puerta

Es un sistema de seguridad para que no entren personas y animales sin autorización, construida en tubo de acero galvanizado y malla eslabonada; con dimensiones 7m de ancho x 2m de alto, como se indica en el Plano N°2.

3.6.8.4 Caseta de Registro

Tiene como función principal operar los controles de entrada de las basuras y ser el lugar donde se guardan inicialmente las memorias del sitio de disposición final, (Ver Plano N°2)

3.6.8.5 Zona Administrativa

De acuerdo con las necesidades locales, no se necesita una zona administrativa muy grande, ya que no va a ser mucho el personal administrativo, sin embargo se tomó un local como oficina de secretaría y gerencia, el otro como vestier de los trabajadores, ambas con sus respectivos baños, abarcando un área total de 49.5 m² (Ver plano N°2).

3.6.8.6 Bodegas

Son los sitios destinados para guardar los residuos sólidos inorgánicos aprovechables tales como el papel y el cartón, con área igual a 40 m² (Ver Plano N°3)

3.6.8.7 Taller de Maquinas

Su dimensión no es grande, porque el Relleno Sanitario de Coveñas es pequeño, se considera que un área de 102 m² es suficiente para guardar los equipos y reparaciones menores. (Ver Plano N°4)

3.6.8.8 Zona de Compostación

Los principales organismos implicados en las transformaciones biológicas de residuos orgánicos son bacterias, hongos, levaduras y actinomiceto, los residuos de jardín y la fracción orgánica de los residuos sólidos se pueden convertir en un residuo orgánico estable conocido como compost, en un periodo de 4 a 6 semanas⁴. Seleccionando un 30% del total de los residuos sólidos se dimensiona el área para la producción de compostaje en hilera.

Densidad promedio de la materia orgánica = 191 Kg/m³

Volumen Diario = 6.063 Kg x 0,3 / 191 Kg/m³ = 9,52 m³

Si se emplean hileras de 5 metros de ancho por 2 metros de alto se tiene:

Volumen de la hilera por metro = 5 m³ / m

Metro diarios de hilera = 9,52 m³ / 5 m³ / m = 1.9 m

Periodo de fermentación es igual a 4 semanas

Periodo de curado 3 semanas

Metros lineales de hilera = 93.1 metros

Área utilizada = 465.5 m²

Para mayor facilidad puede emplearse 3 hileras de 31 metros de longitud.

⁴ Ibid, Pág. 215

El 20% de la materia orgánica mas papeles desechados como sucio y cartón se utilizaran para la producción de bioabono a través de Lombricultura, para esta actividad se tiene previsto unas camas bajo una cubierta eternit, y cerchas metálicas como se observa en el plano N°4

3.6.8.9 Vías Internas

Las vías son básicamente el carreteo encima de las celdas conformadas y las de acceso a la zona de clasificación, talleres y zona de biotransformación. En el plano N°5 se observan sus perfiles, anchos y radios de curvatura

3.6.8.10 Vía Principal

Esta vía corresponde a la prolongación de la vía externa principal dentro de la planta de selección y disposición final de los residuos sólidos del municipio de Coveñas; las pendientes de ingreso están comprendidas entre el 0.26% y el 2%, y un ancho de calzada de 8 metros para dos carriles. Los espesores de las capas que componen esta vía se muestran en las especificaciones arrojadas del diseño que se muestra posteriormente.

3.6.8.11 Vías Internas Secundarias

Estas vías estarán localizadas alrededor de los distintos módulos de cada etapa del relleno sanitario. El suelo de fundación es del sitio y las pendientes longitudinales serán como máximo del 2% y su diseño evita, en lo posible, el patinado de los vehículos transportadores de basura, porque estos salen del frente de trabajo con las llantas impregnadas de material arcilloso (*materia con el que se tapa la basura*).

Puede utilizarse las especificaciones de la vía principal, previendo que es una vía que se va prolongando a medida que avanza el relleno sanitario o puede utilizarse una capa granular de 25 cm de espesor como mínimo tal como lo recomienda (Collazos, Héctor. Diseño y Operación de Rellenos Sanitarios, Pág. 68).

3.6.8.12 Vías Internas Temporales

Son vías de corta duración y solamente permiten el acceso al frente de la celda diaria de trabajo. Pueden construirse sobre la basura o sobre el fondo de cada celda, se considera que su construcción se dará en época de invierno.

3.6.8.13 Señalización Vial

Previendo un adecuado funcionamiento de las vías se colocaran señales preventivas e informativas, en toda el área de trabajo, como aparecen en el plano N°3 y su ubicación en el plano N°6.

¡Error!

4. CONCLUSIONES

Los conocimientos adquiridos en el desarrollo práctico y teórico del presente trabajo permiten concluir que:

- Por haber tomado al municipio de Coveñas en un solo estrato y sin haber clasificado las viviendas según el número de habitantes y a los establecimientos turísticos según su capacidad de alojamiento, el valor calculado de la varianza fue alto y de allí su incidencia en el gran tamaño muestral.
- La población de Coveñas, observada a través de todos sus sectores, excepto el portuario e industrial, realizan una inadecuada disposición final.
- Tal como se esperaba la materia orgánica resulto ser el porcentaje más alto de la composición física y puede afirmarse que este comportamiento obedece a los hábitos de consumo de la población, al tamaño del municipio, a la abundancia de la vegetación y al bajo nivel de ingresos económicos de sus pobladores.
- La capacidad del vehículo para efectuar las labores de recolección de los residuos sólidos debe ser de 6 m³ de volumen., tipo volquete de chasis bajo y compuertas en la parte superior y posterior que no exijan mantenimiento complicado como los carros transportadores compactadores.
- En Coveñas, dada su poca extensión territorial y su porcentaje mayoritario de zonas bajas y pantanosas, son muy poco los sitios aptos

para desarrollar las labores de disposición final de residuos sólidos mediante la técnica de rellenos sanitarios.

- Las características físicas del suelo de soporte del relleno sanitario presentan una barrera natural para la infiltración de lixiviados.
- La cantidad estimada de lixiviados en el relleno sanitario de Coveñas obedece básicamente al agua percolada producto de las precipitaciones.

5. RECOMENDACIONES

- Dado que la Ruta N°1 recoge el 94.91% de los residuos sólidos generados en los establecimientos turísticos, en Semana Santa, parte del mes de Junio y las vacaciones de fin de año, se necesitarán cuatro vehículos de 6m³ de capacidad para realizar ésta actividad. La situación podría solucionarse empleando el vehículo oficial, el de repuesto y alquilando dos volquetas durante los días Lunes y Jueves. Otra solución es aumentar el número de viajes por día a cuatro, ya que la operación por viaje escasamente llega a dos horas, así se completarían las ocho horas de trabajo de los recolectores, se trabaja con el mismo número de operarios y se recogen los residuos sólidos en su totalidad. Cabe aclarar que las frecuencias de recolección para las Ruta N°2 y N°3 deben mantenerse en sus días y el cuarto Viaje que se realiza diariamente todos los días serán los que no alcanza a recoger la Ruta N°1.
- Por la característica impermeable del material arcilloso y por utilizarse como cobertura diaria de los residuos sólidos, se recomienda la construcción de filtros verticales en grava para permitir el flujo vertical de lixiviados entre las capas que conforman las trincheras.
- Llevando la capa de cobertura final a la densidad del próctor estándar normatizado, se evitara la infiltración de aguas lluvias y su posterior conversión en lixiviados, por su puesto dejando la aireación del relleno a través de las chimeneas.
- La piscina para el tratamiento de lixiviados debe tomarse como un prediseño, teniendo en cuenta que el verdadero diseño considera las estaciones de invierno y verano en la generación de lixiviado, así como el

análisis de la composición química en las diferentes épocas, por lo cual esto se hará posible cuando entre en funcionamiento el relleno sanitario.

- Dada la gran estabilidad de los suelos cohesivos podría disminuirse a la mitad la componente horizontal de los taludes laterales en las trincheras aumentando así su volumen en un 13% y el periodo de utilidad del relleno sanitario.
- El contenido de humedad de los residuos sólidos que finalmente se disponen en el relleno sanitario, debe disminuirse, para ello pueden emplearse laminas de zinc o de cualquier metal que caliente su superficie y propicie la evaporación del agua contenida en su interior o entre los intersticios, esta actividad sería poco tecnificada y no requeriría altos costos de operación.
- Debe construirse un pozo para el monitoreo de aguas subterráneas.
- Se recomienda la recolección por esquina para las viviendas de difícil acceso.
- Deben evaluarse económicamente las alternativas de tratamiento y disposición final que propone este trabajo, pues así se priorizarán las necesidades de la comunidad y se determinaría la factibilidad de construir el Relleno Sanitario y su infraestructura asociada.
- Debe educarse a la comunidad sobre la presentación de los residuos sólidos para una mayor agilidad y prestación oportuna del servicio de aseo.

-
- Es importante que CARSUCRE vigile el proceso de construcción, así como el de operación y cierre del Relleno Sanitario para mantener una buena calidad paisajística del sitio, un control de impactos al suelo, aire y aguas subterráneas y para que exista compatibilidad entre el desarrollo de las etapas de disposición final de los Residuos Sólidos, el plan de manejo ambiental, y las respectivas medidas de prevención, corrección y protección.
 - La administración municipal de Coveñas debe centrar parte de su atención en todo el proceso de adquisición del terreno, construcción de infraestructura y compra de equipos en la etapa de inversión y en general en el resto de las fases del relleno sanitario, porque la ejecución de este proyecto requiere de un gran monto económico.

BIBLIOGRAFIA

1. BRIEIM, GOMEZ, Humberto. Teniente de Navío Oficina de Planeación. Brigada de Instrucción y Entrenamiento de Infantería de Marina Coveñas, Noviembre de 2003.
2. CALLE, S. Arturo, "PREDICCIÓN DE CAUDALES DE LIXIVIADOS EN UN RELLENO SANITARIO".
3. CASTELLS, Xavier Elías, "RECICLAJE DE RESIDUOS INDUSTRIALES". Editorial Díaz de Santos, Barcelona, Enero de 2000.
4. COLLAZOS, P. Hector y DUQUE, M. Ramón, "RESIDUOS SÓLIDOS", (Segunda edición 1993). Editada por FUNPIRS, segunda edición 1993, Santa fe de Bogotá.
5. COLLAZOS, Peñalosa Hector, "DISEÑO Y OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS" ACODAL, Santa fe de Bogota, Abril de 2001.
6. DE LA ESPRIELLA , Richard. "ESTUDIO GEOELECTRICO PARA PROSPECTAR LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN EL CORREGIMIENTO DE TORRENTE", Municipio de Coveñas, Sept. 2003.
7. ECOPETROL, DELGADO Fernando. Director división Medio Ambiental ECOPETROL, Noviembre de 2003.
8. IDENTIFICACIÓN, JUSTIFICACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE PROYECTOS. GUÍA RAS – 002. MINISTERIO DE DESARROLLO ECONÓMICO. 2002.
9. LUND, Herbert F. "MANUAL MCGRAW-HILL DE RECICLAJE", Traducido primera edición, impreso en febrero de 1998, México.
10. Memorando No1, para todas las alcaldía del país sobre Rellenos Sanitarios Manuales. Preparado por Inderena – Minsalud – Min. De Obras Públicas – D.N.P. – Findeter y la oficina Nacional para la atención y prevención de desastres.
11. Organización Panamericana de la Salud – Organización Mundial de la Salud, OPS/OMS, "GUÍA PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y

-
- OPERACIÓN DE RELLENOS SANITARIOS MANUALES”, Serie técnicas No. 28, 1991.
12. Plan Ambiental Turístico del Municipio de Coveñas, Septiembre de 2003
 13. Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Santiago de Tolú.
 14. PINEDA, Samuel, “MANEJO Y DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS”. Primera Edición, ACODAL 1998.
 15. Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico de la Republica de Colombia, RAS 2000.
 16. SAKURAI, Kunitosni. “ANALISIS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES”. Programa Regional OPS/HPE/CEPIS. Segunda edición, Diciembre de 1983.
 17. TCHOBANOGLOUS, G; Theisen, H; Vigil S; “GESTION DE RESIDUOS SOLIDOS”. Traducido de la primera edición, impresión de Septiembre de 1997, México.
 18. ZEPEDA, Francisco. “EL MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE”. Noviembre de 1995.
 19. [www//habitat.aq.upm.es/cs/p3](http://habitat.aq.upm.es/cs/p3)
[www//mancoribera.sip2000.es/](http://mancoribera.sip2000.es/)
[www//cepais.org.pe//eswww//fulltext/cursos//aseoruba//](http://cepais.org.pe/eswww//fulltext/cursos//aseoruba//)

ANEXOS

ANEXO 1

DISEÑOS DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN E INFRAESTRUCTURA DEL SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL

1.0 DISEÑOS

1.1 Diseño del Sistema de Recolección de Residuos Sólidos.

Datos de Diseño:

- Nº de Habitantes por viviendas (Promedio) = 5.79
- Nº de Viviendas = 1548
- Nº de Establecimientos Turísticos = 407
- Dnsidad de los Residuos Sólidos almacenados = 325 Kg/m³
- Recipiente por Punto de Toma = 2 Para viviendas y 3 o mas para establecimientos turisticos
- Frecuencia de Recolección = 2 Veces por Semana
- Relación de Compactación del Vehículo de Recolección = 1.23
- Distancias de Transporte de ida y vuelta:
 - Ruta 1: 30.6 Kilometros
 - Ruta 2: 26.8 Kilometros
 - Ruta 3: 23.2 Kilometros
- Duración nominal de la jornada de trabajo (H = 8 Horas/Día)
- Numero de Viajes por día (Nd) = 3
- Tiempo de Viaje hasta el primer punto de toma (t₁)
 - Ruta 1: 15 minutos = 0.25 Horas
 - Ruta 2: 10 minutos = 0.167 Horas
 - Ruta 3: 9 minutos = 0.15 Horas
- Tiempo de Viaje desde el ultimo punto de toma (t₂)
 - Ruta 1: 3 Minutos = 0.05 Horas
 - Ruta 2: 2 Minutos = 0.033 Horas
 - Ruta 3: 1 Minuto = 0.017 Horas
- Factor de Tiempo Muerto (TM) = 15%

- **Constante de Tiempo de Transporte:** Para una velocidad media de 40 Km/Hora, $a = 0.05$ Horas/Viaje y $b = 0.024$ Horas/Kilometro
- **Tiempo en el lugar de descarga por Viaje = 15 Minutos = 0.25 Horas**

1.1.1 RUTA N°1

Tiempo disponible para la operación de toma:

$$TTscf = [H(1 - TM) - (t1 + t2)] / Nd - (Id + a + bx)$$

$$TTscf = [8 h / día * (1 - 0.15) - (0.25 h / Día + 0.05 h / Día)] / (3 Viajes / Día) -$$

$$(0.25 \frac{h}{Viaje} + 0.05 \frac{h}{Viaje} + 0.024 \frac{h}{Km} * 30.6 \frac{Km}{Viaje})$$

$$TTscf = 1.13 \frac{h}{Viaje} = 1 Hora + 8 Minutos$$

Tiempo requerido por punto de toma:

Para recolectar 3 o mas contenedores por punto.

Tiempo de toma por un operario = 0.92 min/localización

$$Tp = 0.92 + (0.28 * 3)$$

$$Tp = 1.76 \text{ Recolectores} * \text{min/ Punto de toma}$$

Numero de Puntos de Toma

$$Np = 60 TTscf n/tp$$

$$Np = (60 \text{ min/h}) * (1.13 \text{ h/Viaje}) * 3 \text{ Recolectores} / 1.76 \text{ Recolector/Punto de toma}$$

$$Np = 203.4 / 1.76 = 116 \text{ Puntos de toma / Viaje}$$

Volumen de Residuos Generados por Puntos de Toma

$$N^{\circ} \text{ Personas / Establecimiento (Promedio)} = 5.79$$

$$\text{Producción total por establecimiento} = 4.73 \text{ Kg/Punto} * \text{Día.}$$

N° de días que permanece almacenados los Residuos = 4

$$\text{Producción durante los 4 días} = 18.92 \text{ Kg}$$

$$\text{Volumen de residuos por punto de toma (Vp)} = 0.058 \text{ m}^3$$

Volumen del camión requerido $V = V_p * N_p / r = 5.47 \text{ m}^3$

Se recomienda un vehículo recolector con capacidad de 6 m³.

Los cálculos de las dos otras rutas son similares y los resultados son los que aparecen a continuación:

	RUTA 2	RUTA 3
TTsfc	1 H + 16 Min	1 H + 21 Min
Tp	1.44 Reco*min/Punto de toma	1.44 Reco*min/Punto de toma
Np	158 Puntos / Viaje	169 Puntos / Viaje
Vp	0.04 m³	0.038 m³
V	5.14 m³	5.19 m³

Se debe tener otro vehículo recolector como repuesto, en el sitio de disposición final, para atender el itinerario de recolección cuando el oficial falle (Decreto 1713 de 2002).

En temporada de alto turismo se necesitan 4 vehículos de 6 m³ de Volumen para atender la Ruta N°1.

El vehículo apropiado para la recolección de los residuos sólidos del municipio de Coveñas, es el que minimice el costo de la recolección total por tonelada de residuo sólido recolectado, cuyo análisis se efectúa en bases a consideraciones netamente económicas que no están al alcance de este proyecto. Sin embargo tomando los requerimientos que exige el RAS 2000 y las literaturas pertinentes al tema debe emplearse un vehículo con capacidad de 6 m³, tipo volquete de chasis bajo y compuertas en la parte superior y posterior que no exijan mantenimiento complicado como los carros transportadores compactadores.

1.2 Diseño de la Vía Principal

Para su diseño se siguió la metodología de diseño de pavimentos para vías con bajos volúmenes de tránsito. Aunque no se hizo el ensayo de CBR, se tomó un valor bajo, del 4%, dado que el suelo de soporte es arcilloso, (MONTEJO, Alfonso. Ingeniería de Pavimentos Para Carreteras. Pág. 232)

MR = 340 Kg/cm² Longitud de la vía = 1.085 m

Datos del tránsito: Camino rural estratégico, por lo tanto se clasifica como vía de categoría III, el periodo de diseño es igual a 10 años (Recomendado por la categoría de la vía).

Tránsito

Conteo: 300 Vehículos/Día (se tomó el tránsito del cruce de caminos)

Composición general del tránsito: Autos=55%, Buses=12%, Camiones=33%

Distribución de los vehículos comerciales

Camión C2-P.....	50%
Camión C2-G.....	25%
Camión C3 y C4.....	20%
Camión C5.....	4%
Camión C6.....	1%

Distribución direccional $I_d = 50\%$

Distribución por carril $F_{ca} = 1$

Aunque es una vía interna, a la cual solo tiene acceso los vehículos autorizados, fue tomada la distribución y cantidad de tránsito de las vías cercanas, por el posible uso que se le puede dar al sitio de disposición final en el futuro.

Transito Durante la Construcción

	Cantidad	F.D.
Camión C3 y C4	9	3.74
Camión C5	6	4.40
Total Camiones	15	
F.D. Ponderado	4.0	

Crecimiento Anual del Transito

Crecimiento entre el diseño y la construcción = 6%

Crecimiento normal del transito durante el periodo de diseño = 5%

Calculo del Transito

Ejes equivalentes existentes en año base: $N_o = (N_i + N_a + N_g) * F_d * F_{ca} + N_c$

Donde N_i = Transito inducido

N_g = Transito generado

N_a = Transito atraído

N_c = Transito durante la construcción

Calculo del N_i . (Considerando un tiempo de 2 años entre el diseño y la construcción)

$$300 * 365 * (1+0.06)^2 = 123034 \text{ Vehículos}$$

Factor camión global

$$F_c = \frac{0.12 * 1 + 0.33(0.5 * 1.14 + 0.25 * 3.44 + 0.2 * 3.74 + 0.04 * 4.4 + 0.01 * 4.72)}{0.45} = 2.0275$$

$$N_i = 123034 * 0.45 * 2.0275 = 112253 \text{ Ejes equivalentes/Año}$$

Cálculos del número de ejes equivalentes atraídos:

$$N_a = 0.2 * N_i = 0.2 * 112253 = 22451 \text{ Ejes/Año}$$

Calculo del numero de ejes equivalentes generados:

$$N_g = 0.3 * N_i = 0.3 * 112253 = 33676 \text{ Ejes año}$$

Calculo del numero de ejes equivalentes durante la construcción (Por carril)

$$N_c = \frac{15 \text{ Camiones}}{\text{Día}} * \frac{365 \text{ Días}}{\text{Año}} * \frac{4 \text{ Ejesequiv}}{\text{Camión}} * 2 \text{ Años} = 43800 \text{ Ejes}$$

Calculo del numero de ejes equivalentes al año base de 8.2 ton estimado:

$$N_o = (112253 + 22451 + 33676) * 0.5 * 1 + 43800$$

$$N_o = 127892 \text{ Ejes Equivalentes/Año base/Carril de diseño}$$

Proyección del transito durante el periodo de diseño

Tasa de crecimiento $r = 5\%$; Periodo de diseño 10 años

$$N = (N_o - N_c) * \frac{(1 + r)^n - 1}{r} + N_c$$

$$N = (127892 - 43800) * \frac{(1 + 0.05)^{10} - 1}{0.05} + 43800$$

$$N = 84092 + 12577 + 43800 = 1101500 = 1.1 * 10^6 \text{ Ejes Equivalentes}$$

Confiabilidad en la estimación del transito

Log $N + Z_r * S_o$

$N_c =$ 90% Nivel de confianza

$Z_r =$ 1.282

S_o adicional = 0.49-0.44 = 0.05

Log $N' =$ Log $1.1 * 10^6 + 1.282 * 0.05$

$N' =$ $1.1 * 10^6$ Ejes Equivalentes (Transito T2)

Factores Ambientales

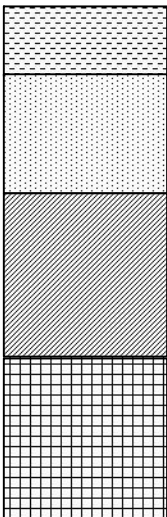
Temperatura media anual ponderada del aire TMAP = 28 °C

Precipitación media anual = 1700 mm

Caracterización de la sub-rasante:

Categoría 1.MR = 340 Kg/cm² Modulo de resiliencia para material arcilloso

	Valor	Categoría Manual
Módulo resiliente	340 Kg/cm ²	S1
Transito equivalente de diseño	1.5 * 10 ⁶	T2
TMAP	28°C	20°C - 30°C
Precipitación	1258 mm/Año	1000 - 2000 mm/año

MDC-2		7.5 cm MDC-2: Triturado de Tmax = 19mm
BEE-1		15 cm BEE-1: Suelo grueso de Tmax = 37.5mm
BEE-2		10 cm BEE-2: Suelo grueso de Tmax = 25mm
SBG-1		40 cm SBG-1: Subbase de agreg. grueso Tmax = 50mm

Con los valores de diseño, se va a la carta de diseño numero 3 (Región 3(R3), cálido seco a cálido húmedo) del libro Ingeniería de Pavimentos para Carreteras del Ingeniero Alfonso Montejo Fonseca, se obtienen los espesores de pavimento que aparecen en la fig. 1.

1.3 Diseño del relleno sanitario

Luego de haber determinado que mas del 50% de los residuos sólidos del municipio de Coveñas pueden ser aprovechados y pensando en las dificultades que puedan presentarse, como así lo demuestra la operación de rellenos sanitarios de poblaciones similares es sano diseñar el relleno sanitario con el 55% del total de los residuos sólidos que produce diariamente, del cual el 5% corresponde a ese factor de seguridad previsto por la ineficiencia en la clasificación.

El relleno a utilizar es de tipo trinchera, porque aunque existan ligeras ondulaciones, no llegan a hondonadas y depresiones que permitan un avance y aprovechamiento eficiente de la configuración superficial.

Se creará un frente de trabajo con una pendiente de 3 a 1 en donde se dispondrá la basura, siempre de abajo hacia arriba, exceptuando si se está en época lluviosa, la basura se regará y compactará en capas de 0.10 metros, mediante un buldózer D3 y herramientas menores.

1.3.1 Celda diaria

Será conformada con los residuos sólidos diarios que ingresan al relleno sanitario, rodeada por una capa de tierra, lo cual permite tener un aislamiento completo con respecto al ambiente.

Para el municipio de Coveñas su diseño es: $Avance = \frac{Vb}{Ft * h}$

Donde:

Vb = Volumen diario de basura

Ft = Frente de Trabajo = 7.2

h = Altura de la celda = 1.8 (Sin incluir cobertura final = 0.65)

Para una densidad de residuos sólidos de 700 Kg/m³

Se tiene
$$Vb = \frac{6063 \text{ Kg} * 0.55}{700 \text{ Kg} / m^3} = 4.76 m^3$$

Celda diaria

$$AvanceDiario = \frac{4.76 m^3}{7.2 * 1.8} = 0.37 m$$

Cuando la temporada es alta:

$$Vb = \frac{12180 * 0.55}{700} = 9.57 m^3$$

$$AvanceDiario = \frac{9.57}{7.2 * 1.8} = 0.74 m$$

Cuando es temporada alta se necesitan 2 celdas.

Área superficial de la celda:

Parte superior: $At = 0.37 m * 7.2 m = 2.664 m^2$

Frente de la celda $Af = 0.37 * \sqrt{0.37^2 + 0.21^2} = 0.157 m^2$

Lado de la celda $As = 7.2 * \sqrt{0.37^2 + 0.21^2} = 3.063 m^2$

Volumen de suelo para el cubrimiento diario

$$Vc = 10 \text{ cm} * (At + Af + As) = 0.588 m^3$$

Relación de residuos / Material de cobertura = $4.76 m^3 / 0.588 m^3 = 8$

Residuos / Material de Cobertura = 8 :1, Ver Plano N°6 (Distribución en planta de las trincheras) y N°7 (Perfiles de la sección transversal de trincheras)

1.3.2 Sistema de evacuación de gases

El sistema de evacuación de gases esta conformado por chimeneas verticales separadas para que sus zonas de influencia se complementen, son de altura variable de 1.8m hasta 3 metros separadas hasta 50 metros, es decir con un radio de acción de 25 m cada una, (RAS 2000), se construirán con gaviones de 1 metro de lado formando una sección cuadrada la cual en el centro llevará tubería sanitaria de 4 pulg. Para la ubicación de estas chimeneas se propuso que coincidieran con los filtros de lixiviados con el objeto de conseguir el doble propósito que los gases producidos directamente por los lixiviados sean evacuados y de esta manera evitar el efecto “ballena”. (Ver Plano N°8).

1.3.3 Descripción del sistema de Tratamiento de Lixiviados

Considerando que se va a realizar un aprovechamiento de la materia orgánica los lixiviados esperados se generaran por precipitaciones. El sistema propuesto es el de recirculación - evaporación en el cual se propone una piscina amplia para auspiciar este proceso y utilizar un sistema de bombeo para retornar el lixiviado a las celdas, esto se llevara a cabo con una manguera de 1 1/2” de diámetro, y ayudado con la impulsión de una bomba autocebante modelo 2CCE-1 ¾ HP 115/230 monofásica, recomendada por MECA Ltda., de acuerdo a la calidad de liquido que se maneja. (Ver Plano N°9)

1.3.4 Cantidad de trincheras

Ancho:	7,2 m
Largo:	55m y 80 m
Profundidad:	1,8 m
Espaciamiento entre trincheras:	1.6 – 2,08 m
Longitud de la vía:	1085 m
Ancho de la vía	8 m
Área de la vía	8.680 m²

ETAPA I

MODULO I: 13 Trincheras de 7.2 m de ancho y 80 m de largo, 1.6 m de separación.

MODULO II: 7 Trincheras de 7.2 m de ancho y 55 m de longitud.

Las etapas II, III y IV son iguales a la etapa I.

ETAPA V

11 Trincheras de 7.2 m de ancho y 80 m de longitud, 2.08 m de separación.

ETAPA VI

19 Trincheras de 7.2 m de ancho y 80 m de longitud, 1.8 m de separación.

ETAPA VII

10 Trincheras de 7.2 m de ancho y 80 m de longitud, 2 m de separación.

TABLA 25. CAPACIDAD Y VIDA ÚTIL DEL RELLENO SANITARIO

Año	Residuos Sólidos Acumulados Kg/Año	Densidad compact. Residuos Sólidos (Kg/m3)	Volumen Acumulado m3/Año	55% Volumen Acumulado (m3)	Volumen a colocar en el Relleno por año (m3)	Vol. R.S. Y material de cobertura (12,5%)	Nº Trincheras
-----	------------------------------------	--	--------------------------	----------------------------	--	---	---------------

1	2.549.700,00	700	3.642,43	2.003,34	2.003,34	2.253,75	2,85 MI,EI
2	5.157.256,80	700	7.367,51	4.052,13	2.048,79	2.304,89	2,91MI,EI
3	7.819.426,40	700	11.170,61	6.143,84	2.091,70	2.353,17	1,14MI+2,63MII,EI
4	10.533.858,60	700	15.048,37	8.276,60	2.132,77	2.399,36	4,27MII,EI
5	13.301.018,40	700	19.001,45	10.450,80	2.174,20	2.445,97	3,01MI,EII
6	16.122.178,80	700	23.031,68	12.667,43	2.216,63	2.493,70	3,05MI,EII
7	18.998.262,00	700	27.140,37	14.927,21	2.259,78	2.542,25	0,94MI,EII+3,6MII,EII
8	21.925.023,00	700	31.321,46	17.226,80	2.299,60	2.587,05	3,74MII,EII+0,61MI,EIII
9	24.914.380,20	700	35.591,97	19.575,58	2.348,78	2.642,38	3,24MI,EIII
10	27.962.283,60	700	39.946,12	21.970,37	2.394,78	2.694,13	3,15MIEIII+0,2MII,EIII
11	31.071.469,80	700	44.387,81	24.413,30	2.442,93	2.748,30	4,8MII,EIII
12	34.239.581,40	700	48.913,69	26.902,53	2.489,23	2.800,38	1,89MII,EIII+2,13MIEIV
13	37.469.538,00	700	53.527,91	29.440,35	2.537,82	2.855,05	3,4MI,EIV
14	40.762.659,00	700	58.232,37	32.027,80	2.587,45	2.910,88	1,47MI,EIV+3,11MII,EIV
15	44.120.134,20	700	63.028,76	34.665,82	2.638,02	2.967,77	3,89MII,EIV+0,86EV
16	47.543.351,40	700	67.919,07	37.355,49	2.689,67	3.025,88	3,64EV
17	51.066.069,25	700	72.951,53	40.123,34	2.767,85	3.113,83	3,71EV
18	54.606.339,80	700	78.009,06	42.904,98	2.781,64	3.129,35	2,79EV+1EVI
19	58.164.433,35	700	83.092,05	45.700,63	2.795,64	3.145,10	3,8EVI
20	61.740.256,55	700	88.200,37	48.510,20	2.809,58	3.160,77	3,81EVI
21	65.333.959,70	700	93.334,23	51.333,83	2.823,62	3.176,58	3,86EVI
22	68.945.632,45	700	98.493,76	54.171,57	2.837,74	3.192,46	3,88EVI
23	72.575.362,10	700	103.679,09	57.023,50	2.851,93	3.208,42	2,65EV/+1,25EVII
24	76.223.239,60	700	108.890,34	59.889,69	2.866,19	3.224,46	3,92EVII
25	79.889.355,25	700	114.127,65	62.770,21	2.880,52	3.240,58	3,94EII

Nota: las leyendas de la columna correspondiente a N° de Trinchera debe interpretarse como se muestra en el siguiente ejemplo: 3.64 EV se lee 3.64 trincheras en la etapa 5

La proyección de la capacidad y vida útil del relleno sanitario corresponde a la establecida por el RAS para el nivel de complejidad medio alto.

Aproximadamente sobra una trinchera de la etapa siete utilizable en un periodo de 3 meses después del vencimiento de la vida útil del Relleno Sanitario. La capacidad de este puede extenderse empleando un talud 0.5H:1V, para aumentar el volumen disponible por trinchera en un 13%, esto se refleja en la ocupación de terreno hasta la sexta etapa, sobrando diez trincheras para dos años en la etapa siete, después de vencido el periodo de diseño.

1.3.5 Selección del equipo para la disposición Final.

Se escogerá un tractor de cadena por su versatilidad en el relleno sanitario para esparcir, compactar, preparar el sitio y cortar material entre otros, además es una maquina adecuada para el método de trinchera.

- a) Selección del equipo según la población y el tonelaje diario:

Para 0 – 20.000 Hab. 0 – 45 Ton/Día.

La maquina requerida puede ser: D3, 931 ó 931 LFC

A demás el sitio no recibirá gran proporción de residuos Industriales pesados no compactables.

- b) Material de cobertura a manejarse

El material es básicamente arcilloso, por lo tanto se puede seguir pensando en un equipo de cadenas.

- c) Distancia a la que debe acarreararse el material de cobertura

La distancia de acarreo esta dentro del rango de 0 – 90 m, por lo que se recomienda un tractor de cadenas.

- d) Condiciones Climáticas

Ante el mal tiempo conviene una maquina de cadena para operar en suelo blando.

- e) Compactación:

Depende de:

- Grueso de la copa de los residuos
- N° de pasadas
- Pendiente
- Contenido de humedad

Utilizando las técnicas apropiadas (e menor o igual que 61 cm, de 3 a 5 pasadas, pendiente ideal 3H:1V, contenido de humedad aproximado del 30% al 50%, entre otros). El tractor de cadenas puede llegar a compactar hasta obtener una densidad de 600 Kg/m³.

- f) Trabajos Suplementarios.

Una maquina de cadena es preferible para desmonte, excavación, etc.
Vehículo seleccionado: Tractor de cadenas, D3 serie II Caterpillar –
Trac, Hoja PAT recta.
Para la hoja tapadora se tiene una producción estimada de 3.9 m³ de
residuos sólidos por hora

1.3.6 Canal de aguas lluvias

El diseño del canal se realizara considerando lo establecido en el RAS 2000 para diseño de drenajes en el nivel de complejidad establecido, con una velocidad (asumida) de arrastre de 0.3 m/s con el fin de evitar la sedimentación de partículas suspendidas que puedan causar obstrucción y encharcamientos en el canal, teniendo en cuenta que dicha velocidad se encuentra por debajo del limite máximo previendo la erosión y el deterioro prematura de la obra.

El dimensionamiento de los canales, obedeció a las condiciones de precipitación local, conociendo los valores máximos anuales de las lluvias para duración entre los 5 minutos y 24 horas de la estación La Doctrina.

Precipitación Máxima durante los últimos 20 años: 33 mm/h = 0.033 mm/h.

Duración: 5 min. : 2.75 mm.

$Q = CIA : C = 0.6$ (Coeficiente de escorrentía para arcilla compactada y con pendiente de 3 – 6 %, sin hierba. Tabla 11.21 Tchobanoglous)

Área escurrida : 10.000 m². (Por Canal)

$Q = 0.6 * 0.033 \text{ mm/h} * 10.000 \text{ m}^2$.

$Q = 198 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow 55 \text{ Lps}$.

Tipo de canal: Trapezoidal.

Talud: 1 : 1 Velocidad: 0.4 m/s. $Q (\text{m}^3/\text{s}) : 0.45$

$$n = 0.022.$$

Área requerida:

$$Q = A \cdot V \rightarrow A = Q/V \rightarrow A = 0.055/0.5 = 0.11 \text{ m}^2.$$

Perímetro mojado

$$P = b + 2y/\sin 45 \quad \text{Base (asumida): } 0.35 \text{ m.} \quad Y \text{ (asumido): } 0.3 \text{ m.}$$

$$P = 0.35 + 2 \cdot 0.3/\sin 45 \rightarrow P = 1.199 \text{ m}$$

Radio hidráulico

$$R = A/P \rightarrow R = 0.11/1.199 \rightarrow R = 0.0917 \text{ m.}$$

Pendiente

$$Q = (1/n) \cdot (AR^{2/3} S^{1/2})$$

$$\text{Despejando se obtiene:} \quad S = 0.0029 \rightarrow S = 0.3\%$$

Se utilizara una pendiente del 1%. (Ver Plano N°5)

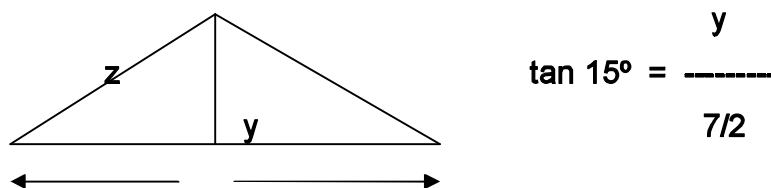
1.4 DISEÑO ZONA COMPOSTACION, ESTACIONAMIENTO Y CLASIFICACIÓN

1.4.1 ARMADURA

1. Datos Generales

- Cercha a dos aguas tipo pratt
- Luz de 5.7 m (de eje a eje de columna)
- Separación entre cerchas: 3.75 m
- Pendiente: $m = 26.7\%$ (ángulo de inclinación 15°)
- Utilización como: armadura de techo para bodega
- Material de la cercha: acero estructural
- Tipo de cubierta: teja ondulada 1000 No. 8

2. Esquematzación y Acotamiento



θ

7

$$y = 3.5 \times \tan 15^\circ$$

$$y = 0.94 \text{ m}$$

Use peralte de $y = 0.95$

- Longitud de la cuerda superior z

Debido a la aproximación del peralte, variara el ángulo de pendiente, quedando:

$$\tan \theta = 0.95/3.5 = 0.271 \Rightarrow \theta = 15.19^\circ$$

luego:

$$\text{Sen } 15.19^\circ = 0.95/z \Rightarrow z = 0.95/\text{sen } 15.19 = 3.63 \text{ m}$$

3. Distribución del techo

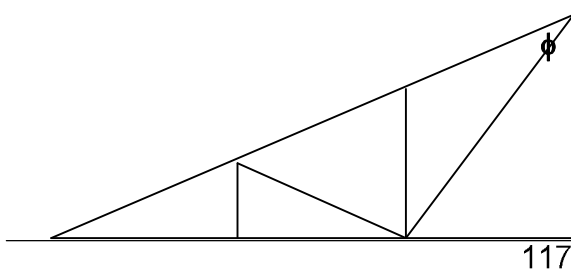
Distancia real a cubrir = cuerda superior - separación caballete

$$3.48 \text{ m} = 3.63 \text{ m} - 0.15 \text{ m}.$$

4. Esquema de arreglo y número de nudos.

Teja	Luz libre	Cantidad cuerda superior
Onduladas 1000	2.30	1
Onduladas 1000	1.38	1

Luego el arreglo queda así:



$$\text{Sen } 15.19 = y' / 1.33$$

$$y' = 0.348 \approx 0.35 \text{ m}$$

$$\begin{array}{rcl}
 & & 2.41 \\
 & 0.35 & 0.95/3.5 = 0.35/x \Rightarrow x = 1.29 \\
 0.95 & & m \\
 & 0.81 & \\
 15.19^\circ & 0.18 & \tan \phi = 3.5/0.95 \Rightarrow \phi = 74.81
 \end{array}$$

La anterior configuración se estableció según criterio del diseñador para una mejor distribución de cargas sobre la estructura.

5. Análisis de carga

5.1. Carga viva (cv)

$$cv = 35 \text{ Kg/m}^2 \Rightarrow L = 35 \text{ Kg/m}^2$$

5.2. Carga muerta (cm)

- Peso promedio de la correa = 30Kg/ unidad (para una long de 6 m y usando 2 # 4 superior, 1 # 5 inferior y celosía simple # 3) altura h = 0.30 m.
- Área tributaria por correa = separación entre correas * separación entre armaduras.

$$At = (2.3 \text{ m} * 3.75 \text{ m}) = 8.63 \text{ m}^2$$

- Peso unitario correas $q = Q/At = 30\text{Kg} / 8.63 \text{ m}^2 = 3.48 \text{ Kg/m}^2$
- Peso de la lámina = 18 Kg/m²

Peso propio de la estructura: (suponiendo un 10% de carga muerta más viva).

$$Pp = 0.1 (15+3.48+35) = 5.65 \text{ Kg/m}^2$$

Por tanto la carga muerta total de diseño será:

$$D = (18+3.48+5.65) = 27.13 \text{ Kg/m}^2$$

5.3. Carga de Viento.

Se utilizará el método de análisis simple según título B de NSR-98

5.3.1. Sotavento

Coeficiente de presión, $C_p = -0.5$

Presión dinámica de viento, $q = 0.79 \text{ Kn/m}^2$

Coeficiente de densidad del aire, $S_4 = 1$

El viento produce una presión p dada por: $P = C_p * q * S_4$

$$P = (-0.5 * 0.79 * 1) \text{ Kn/m}^2$$

$$P = -0.395 \text{ Kg/m}^2 = -39.5 \text{ Kg/m}^2$$

5.3.2. Barlovento

$$C_p = -0.8$$

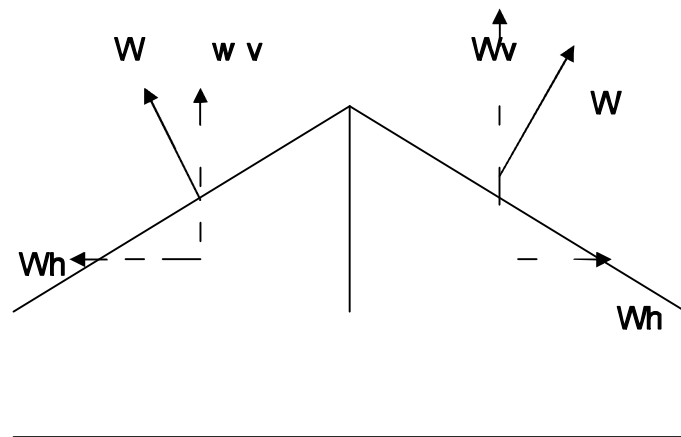
$$q = 0.79 \text{ Km/m}^2$$

$$S_4 = 1$$

$$P = (-0.8 * 0.79 * 1) \text{ Kn/m}^2$$

$$P = -0.639 \text{ Kn/m}^2 = -63.9 \text{ Kg/m}^2$$

Dirección de las fuerzas de viento



- Barlovento

$$\cos \beta = \cos 15^\circ 43 = 0.964$$

$$\cos 15.43 = W_v / -63.9$$

$$W_v = -61.6 \text{ Kg/m}^2 \uparrow$$

$$W_h = \cos 74.57 * (-63.9)$$

$$W_h = -17 \text{ Kg/m}^2 \leftarrow$$

- Sotavento

$$W_v = \cos 15.43 * (-39.5) = -38.07 \uparrow \text{ Kg/m}^2$$

$$W_h = \cos 74.57 * (-39.5) = 10.51 \rightarrow \text{ Kg/m}^2$$

5.4. Combinación de Cargas

$$1) 1.4 D = 1.4 (27.13 \text{ Kg/m}^2) = 38 \text{ Kg/m}^2$$

2) $1.2 D + 1.6L = 1.2 (27.13) + 1.6(35) = 32.56 + 56 = 88.56 \text{ Kg/m}^2$

3) $1.2D + 1.3W_v + 0.5L =$

Barlovento: $1.2(27.13) + 1.3(-61.6) + 0.5(35) = -30 \text{ Kg/m}^2$

Sotavento: $1.2(27.13) + 1.3(-38.07) + 0.5(35) = 3.77 \text{ Kg/m}^2$

4) $0.9D + 1.3W$

Barlovento: $0.9(27.13) + 1.3(-63.9) = -58.65 \text{ Kg/m}^2$

Sotavento: $0.9(27.13) + 1.3(-39.5) = -26.93 \text{ Kg/m}^2$

De las combinaciones anteriores se tiene que, para cargas verticales, la más crítica es $1.2D + 1.6L$ y para cargas de viento, la más crítica es $0.9D + 1.3W$

- Carga Vertical.

La carga p correspondiente en los nudos cargados será:

$$P = (q \cdot A_t) / (n-1)$$

$$q = 88.56 \text{ Kg/m}^2$$

$$A_t = \text{área tributaria sobre la armadura} = 7 \cdot 3.75 = 26.25 \text{ m}^2$$

$$n = 7$$

$$\text{la carga } P = (88.56 \cdot 26.25) / (7-1) = 387.5 \text{ Kg} \approx 388$$

En los nudos extremos la carga vertical será: $P/2 = 194 \text{ Kg}$

- Carga de viento.

Area tributaria para cada pendiente (Barlovento y Sotavento)

$$A_t = 26.25 \text{ m}^2 / 2 = 13.13 \text{ m}^2$$

BARLOVENTO.

$$p_y = \left(\frac{-57.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 13.13}{2} \right) * \left(\frac{1}{\cos 15.19} \right) = -390.36 \text{ kg.} \uparrow$$

$$p_h = \left(\frac{-17 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 13.13}{2} \right) * \left(\frac{1}{\cos 15.19} \right) = -115.61 \text{ kg.} \leftarrow$$

• SOTAVENTO.

$$p_y = \left(\frac{-25.6 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 13.13}{2} \right) * \left(\frac{1}{\cos 15.19} \right) = -174.1 \text{ kg.} \uparrow$$

$$p_h = \left(\frac{-10.51 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 13.13}{2} \right) * \left(\frac{1}{\cos 15.19} \right) = -71.48 \text{ kg.} \rightarrow$$

CARGAS VERTICALES

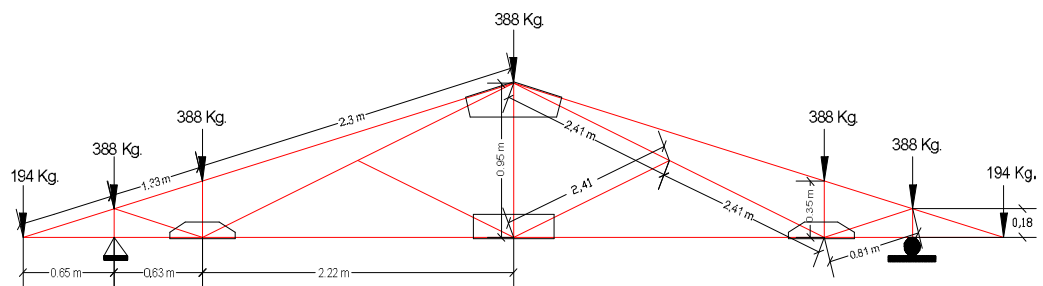


Diagrama de un puente de Warren con cargas de viento. El diagrama muestra un puente de Warren con un eje horizontal y un eje vertical. Las cargas de viento se aplican en los nudos del puente. Las cargas de viento en el eje horizontal son: 391 Kg. en el nudo izquierdo, 116 Kg. en el nudo central izquierdo, 391 Kg. en el nudo central derecho, 175 Kg. en el nudo central derecho, 72 Kg. en el nudo central derecho, 175 Kg. en el nudo central derecho, 72 Kg. en el nudo central derecho, 175 Kg. en el nudo central derecho, 72 Kg. en el nudo central derecho. Las cargas de viento en el eje vertical son: 116 Kg. en el nudo izquierdo, 391 Kg. en el nudo central izquierdo, 116 Kg. en el nudo central derecho, 391 Kg. en el nudo central derecho, 175 Kg. en el nudo central derecho, 72 Kg. en el nudo central derecho, 175 Kg. en el nudo central derecho, 72 Kg. en el nudo central derecho, 175 Kg. en el nudo central derecho, 72 Kg. en el nudo central derecho.

The SFD for the beam with a triangular load is shown. The load intensity is 703C at the center. The shear force starts at 727C at the left end, crosses the zero line at 1528T, and ends at 666C at the right end. The load intensity is 703C at the center.

DISEÑO DE LOS MIEMBROS

Sector 1 (Cuerda inferior).

Este sector se encuentra comprendido entre el miembro No. 1 y el No. 6, cuya suma consecutiva de longitudes alcanza 7 m.

Aquí encontramos miembros a tensión y a compresión por lo cual se diseña para el miembro que posee mayores exigencias y se revisan los demás:

Miembro No.	Combinación
--------------------	--------------------

	Verticales		Viento	
	Carga (Kg)	Solicitud	Carga (Kg)	Solicitud
1	701	C	1528	T
2	701	C	1352	T
3	709	T	703	C
4	709	T	703	C
5	701	C	704	T
6	701	C	704	T

- Para carga de viento:

El miembro más crítico a compresión es el No. 3 y 4 => $P_u = 703 \text{ C}$

$L = 2.22 \text{ m.}$

Consideremos un par de ángulos dobles espalda con espalda de alas iguales:

2Ls 1.5 x 1/8"

Area = 4.44 cm², $R = 1.15 \text{ cm}$

$\lambda_c = KL / TTR \sqrt{F_y/E} \Rightarrow \lambda_c = 1*222 / TT*1.15*0.035496$

$\lambda_c = 2.18 > 1.5$

$F_c = (0.877/2.18^2) * 2520 = 465.04 \text{ Kg/cm}^2$

$P_c = 465.04 * 4.44 \text{ cm}^2 = 2062.6 \text{ Kg}$

$P_c > \text{carga solicitada.}$

Chequeo Esbeltez: $Re = KL / R = 1*222 / 1.15 = 193 < 200 \text{ (Re máx.)}$

El miembro más crítico a tensión es el No. 1, por lo tanto se hará el chequeo para saber si fallará por fluencia.

$$P_u = 1528T$$

$$\text{Area requerida} = P_u / \phi F_y = 1528 \text{ Kg} / 0.9 \cdot 2520 \text{ Kg/cm}^2 = 0.67 \text{ cm}^2 < 4.44 \text{ cm}^2$$

Sector 2 (cuerda superior).

Este sector se encuentra comprendido por los miembros del No. 7 al No. 12, cuya suma consecutiva de longitudes es 7.26 m.

Miembro No.	Combinación			
	Verticales		Viento	
	Carga (Kg)	Solicitud	Carga (Kg)	Solicitud
7	727	T	1466	C
8	714	C	547	T
9	714	C	668	T
10	728	C	664	T
11	728	C	589	T
12	727	T	666	C

- Para cargas verticales.

Se toma como miembro crítico compresión el No. 10 (por tener mayor longitud).

$$P_u = 728 \text{ Kg y } L = 2.30 \text{ m.}$$

Continuando con 2Ls 1.5 x 1/8":

$$\lambda_c = 1*230 / TT*1.15 \sqrt{2520/2000000} = 2.26 > 1.5$$

$$F_c = 0.877/2.26^2 * 2520 = 432.7 \text{ entonces}$$

$$P_c = 432.7*4.44\text{cm}^2 = 1921.2 \text{ Kg} > \text{carga solicitada.}$$

Chequeo Esbeltez: $R_c = 1*230/1.15 = 200$ que es la máxima relación de esbeltez admisible para elementos sometidos a cargas de compresión.

- Para cargas de viento.

Se puede observar que hay un miembro crítico a compresión con una carga de 1466 Kg que aún es absorbida por el perfil seleccionado previamente.

Sector 3 (alma).

Comprendido por los miembros desde el No. 13 al 21 cuya suma de longitudes es: 8.45 m.

Miembro No.	Combinación			
	Verticales		Viento	
	Carga (Kg)	Solicitud	Carga (Kg)	Solicitud
13	1165	C	1446	T
14	389	C	423	T
15	0	-	0	-
16	693	C	198	T
17	1164	C	819	T

18	1445	T	1897	C
19	22	C	251	T
20	6.5	C	303	T
21	1458	T	1173	C

Se toma 2Ls 1.5 x 1/8"

Se puede observar que las cargas para éste sector serán absorbidas por el perfil seleccionado. Sin embargo se debe chequear los miembros Nos. 19 y 20 por esbeltez.

Chequeo Esbeltez: $1 \cdot 241 / 1.15 = 209.6 > Re \text{ máximo.}$

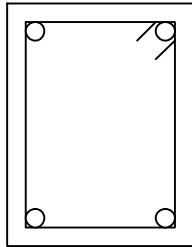
Por lo tanto se sugiere colocar un elemento intermedio a éste miembro para disminuir la longitud del mismo.

Hay que verificar que los miembros que estén a tensión, sean capaces de soportar la mitad de la carga a tensión actuando a compresión. Se observa que las cargas a tensión en su mayoría son menores o iguales a las cargas de compresión, por lo tanto no hay necesidad de hacer cálculos para dicha verificación.

Nota: Unir los ángulos con presillas cada 20 cm.

1.4.2 COLUMNAS

Predimensionamiento: Se asumen columnas rectangulares de 0.20 x 0.30 m. con 4 ϕ 1/2" y estribos de ϕ 3/8"



- Carga axial máx. que soporta a compresión
 $\phi P_o = 0.8\phi [105693.4 + 33096]$

$$\phi P_o = 77722 \text{ Kg} \approx 77.7 \text{ ton.}$$

- Carga axial máx. a tensión.

$$\phi P_o = \phi A_s t F_y$$

$$\phi P_o = 0.9 * 4 * 1.27 * 4200$$

$$\phi P_o = 19153.5 \text{ Kg} \approx 19.2 \text{ ton.}$$

Recubrimiento del estribo = 3 cm.

Recubrimiento refuerzo longitud = 4 cm.

Separación entre estribos:

- $16 * \frac{1}{2}'' * 2.54 = 20.32 \text{ cm}$

- $48 * \frac{3}{8}'' * 2.54 = 45.72 \text{ cm.}$

- Menor dimensión de la sección transversal = 20 cm.

Se escoge éste último.

1.4.3 CIMENTACIÓN

$$\begin{aligned} q_{\text{adm}} &= 5 \text{ ton/m}^2 * 1000 \text{ Kg/1 ton} * 1 \text{ N/0.1 Kg} * 1 \text{ Kn/1000 N} \\ &= 50 \text{ Kn/m}^2 \end{aligned}$$

Asumiendo una zapata cuadrada de 0.8 x 0.8m se tiene:

Presión última de diseño

$$q_u = 15 \text{Kn} / 0.8\text{m} * 0.8\text{m} = 23.45 \text{Kn/m}^2$$

- Chequeo a cortante como viga:

$$A_t = 0.8\text{m} * 0.1 = 0.08\text{m}^2$$

$$V_u = A_t * q_u$$

$$V_u = 0.08\text{m}^2 * 23.45\text{Kn/m}^2$$

$$V_u = 1.88\text{Kn}$$

$$\phi V_c = \phi \sqrt{F_c} / 6 \text{ } b d$$

$$\phi V_c = 0.85 \sqrt{21} / 6 * 0.8 * 0.2$$

$$\phi V_c = 0.1039 \text{ Mn} = 103.9 \text{ Kn}$$

$$\phi V_c > V_u \text{ ok}$$

- Chequeo cortante por punzonamiento:

$$A = (0.8 * 0.8) - [(0.2 + 0.2)(0.3 + 0.2)]$$

$$A = 0.64\text{m}^2 - 0.2\text{m}^2 = 0.44\text{m}^2$$

$$V_u = 0.44 * 23.45 = 10.32 \text{ Kn}$$

$$a) \phi V_c = \phi \sqrt{F_c} / 6 (1 + 2/\beta_c) b_o d$$

$$b_o = 2(b+a) + 4d$$

$$b_o = 2(0.3 + 0.2) + 4 * 0.2 = 1 + 0.8$$

$$b_o = 1.8\text{m}$$

$$\beta_c = 0.3/0.2 = 1.5$$

$$\phi V_c = 0.85 \sqrt{21} / 6 (1 + 2/1.5) 1.8 * 0.2$$

$$\phi V_c = 0.545 \text{ Mn} = 545 \text{ Kn}$$

$$b) \phi V_c = \phi \sqrt{F_c/6} (1 + \alpha_s d/2 b_o) b_o d$$

$$\phi V_c = 0.85 \sqrt{21/6} (1 + 0.40 \cdot 0.2/2 \cdot 1.8) 1.8 \cdot 0.2$$

$$\phi V_c = 0.7531 \text{ Mn} = 753 \text{ Kn}$$

$$c) \phi V_c = \phi \sqrt{F_c/3} b_o d$$

$$\phi V_c = 0.85 \sqrt{21/3} \cdot 1.8 \cdot 0.2 = 0.467 \text{ Mn}$$

$$\phi V_c = 467 \text{ Kn}$$

$$\phi V_c > V_u$$

- Flexión.

$$M_u = 23.45 \cdot 0.8 \cdot (0.40 - 0.1)^2 / 2 = 0.85 \text{ Kn-m}$$

Cálculo de cuantía:

$$0.85 \text{ Kn-m} \cdot 1000 \text{ N/1Kn} \cdot 0.1 \text{ Kg/1N} = 85 \text{ Kg} \cdot \text{m} \cdot 100 \text{ cm/1m} = 8500$$

$$K = M_u / b d^2 = 8500 \text{ Kg-cm} / 80 \cdot 20^2 = 0.266$$

$$m = F_y / 0.85 F_c = 4200 / 0.85 \cdot 210 = 23.53$$

$$\rho = 1/m [1 - \sqrt{1 - 2mK/\phi F_y}]$$

$$\rho = 1/23.53 [1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 23.53 \cdot 0.266 / 0.9 \cdot 4200}] = 7.043 \text{ No}^{-5} < \rho_{\min}$$

Se toma la cuantía mínima 0.0018

$$A_s = \rho b d = 0.0018 \cdot 80 \cdot 20 = 2.88 \text{ cm}^2$$

Utilizando barras de 3/8" $\Rightarrow 2.8 \text{ cm}^2 / 0.71 \text{ cm}^2 = \text{S. barras}$

Recubrimientos laterales de 10cm. Separación entre barras, de eje a eje = 15cm

- Chequeo longitud de desarrollo en las barras a tracción

$$l_d = 9 F_y d_b / 10 \sqrt{F_c} [\alpha \beta \delta / c + K_{tr} / d_b]$$

$\alpha = 1$ $*C = 10 \text{ cm}$
 $\beta = 1$ $*C = 15/2 = 7.5 \text{ cm}$
 $\delta = 1$
 $K_{tr} = 0$ Se escoge $C = 7.5$

$$C + K_{tr} / d_b = 7.5 + 0 / 3/8 \cdot 2.54 = 7.87 > 2.5, \text{ entonces se escoge } 2.5$$

$$l_d = 9 \cdot 420 \cdot 0.9 / 10 \sqrt{21} [1/2.5] = 31.34 \text{ cm}; F = 2.88 / 3.55 = 0.81$$

Luego $l_d = 31.34 \cdot 0.81 = 25.43$ desde la cara de la columna hay 25 cm del lado más largo de la columna y 30 cm del lado más corto. Ok.

- Transferencia de carga en la base de la columna.

$$\phi P_n = \phi 0.85 F_c A_1$$

$$\phi P_n = 0.7 \cdot 0.85 \cdot 21 \cdot 0.2 \cdot 0.3 = 0.7497 \text{ Mn}$$

$$\phi P_n = 749.7 \text{ Kn}$$

$$P_u = 15 \text{ Kn} \quad P_u = \ll \phi P_n. \text{ Ok.}$$

- Longitud de desarrollo a compresión.

$$l_{db} = d_b F_y / 4 \sqrt{F_c} \geq 0.04 d_b F_y$$

$$l_{db} = 1.27 * 420 / 4 * \sqrt{21} = 29.1 \text{ cm}$$

$$0.04 * 1.27 * 420 = 21.34 \text{ cm}$$

1.4.4 VIGAS DE AMARRE

Con el fin de impedir que las zapatas tengan movimientos relativos en el caso de sismos y de controlar posibles asentamientos diferenciales se diseñaran vigas de amarre.

$$0.25 A_a * P_u \text{ max.} = \phi F'_c * b * h \quad (1)$$

$$0.25 A_a * P_u \text{ max.} = \phi F_y * A_s \quad (2)$$

Para la ecuación (1)

$$0.25 * 0.2 * 1500 \text{ kg} = 0.85 * 210 \text{ kg/cm}^2 * b * h$$

$$b = (0.25 * 0.2 * 1500 \text{ kg}) / (0.85 * 210 \text{ kg/cm}^2 * h)$$

Teniendo en cuenta la incertidumbre que existe al desconocer de manera detallada el comportamiento mecánico del suelo, el cual básicamente esta conformado por arcillas, y previendo las posibles expansiones y contracciones propias del mismo, se decidió colocar un peralte h para las vigas de 30 cm con lo que se calcula el ancho b requerido:

$$b = 0.014 \text{ cm}$$

sin embargo, constructivamente el b mínimo es de 25 cm teniendo presente el ancho de la pala para realizar la excavación correspondiente, a esto se le suma la necesidad de un espacio mínimo para maniobrar

Para la ecuación (2)

$$0.25*0.2*1500\text{kg} = 0.85*As*4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$As = (0.25*0.2*1500\text{kg})/(0.85*4200 \text{ kg/cm}^2) = 0.021 \text{ cm}^2 \text{ de acero.}$$

Para vigas, la cuantía mínima viene dada por $\rho = 0.00333$, por lo tanto el area de acero suministrada es: 2.5 cm^2 .

Se colocaran 4 de 3/8" lo que equivale a un area de 2.84 cm^2 .

Colocar estribos de 1/4" cada 20 cm.

1.4.5 DISEÑO SOLDADURAS

$$L = Pu / 0.318 d F_c$$

Espesores del ángulo utilizado: Espesor = $1/8" = 3.2 \text{ mm}$

$$F_y = 36\text{Ksi} = 2520\text{Kg/cm}^2$$

$$F_F = 60\text{ksi} = 4200\text{Kg/cm}^2$$

d min. de soldadura = 3 mm

d máx. de soldadura = 6 mm

Especificaciones:

$L > 4d$

$L > W$

Nudo 12

Miembros No. 9 y 10

$P_u = 728\text{Kg}/2 \text{ ángulos} = 364\text{Kg} = 0.364 \text{ ton}$

$L = 0.364\text{ton} / 0.318 \times 0.3\text{cm} \times 4.2\text{ton/cm}^2 = 0.91\text{cm}$

Chequeo especificaciones.

$L > 4d \Rightarrow 4d = 4 \times 0.3$

$0.91 < 1.2$ no cumple.

$L > W \Rightarrow W = 3.81 \text{ cm}$

$0.91 < 3.81$ no cumple.

Colocar soldadura mínima de 3.81 cm de longitud.

Miembro No. 19 y 20

$P_u = 303\text{Kg}/2 = 151.5\text{Kg} = 0.15\text{ton}.$

$$L = 0.15\text{ton} / 0.318 \cdot 0.3 \cdot 4.2 = 0.38\text{cm}$$

Usar soldadura mínima de 3.81cm de longitud.

Miembro No. 15

$$P_u = 0$$

Usar soldadura mínima de 3.81 cm

Nudo 3.

Miembros Nos. 14 y 16

$$P_u = 693\text{Kg}/2 = 346.5\text{Kg} = 0.35\text{ton}$$

$$L = 0.35\text{ton} / 0.318 \cdot 0.3 \cdot 4.2\text{ton/cm}^2$$

Usar soldadura con longitud mínima de 3.81 cm

Miembro Nos. 18 y 21

$$P_u = 1897\text{Kg}/2 = 948.5\text{Kg} = 0.95\text{ton}.$$

$$L = 0.95\text{ton} / 0.318 \cdot 0.3\text{cm} \cdot 4.2\text{ton/cm}^2 = 2.37 \text{ cm}$$

Usar soldadura mínima de 3.81cm de longitud.

En general los cálculos realizados arrojaron una longitud de soldadura de 3.81cm. que es igual al ancho del perfil, sin embargo, se utilizaran 7.8 cm de soldadura.