Análisis de los resultados

Situación actual de los proyectos

Los proyectos condominio San Martín y condominio Ventana se encuentran en una zona de alta fragilidad ambiental, ya que se encuentran junto al Parque Nacional Marino Ballena, Osa Puntarenas, el cual es un punto de convergencia de muchas especies marinas. Por esta razón se requiere establecer control pues un inadecuado manejo de los residuos producidos puede afectar significativamente el medio ambiente.

Una limitación para la disposición final de los residuos es la ubicación de ambos proyectos, ya que en la zona no hay centros de acopio o recicladoras, y el relleno sanitario más cercano se encuentra a 80 kilómetros de los proyectos. La municipalidad del cantón Osa cuenta con un programa de reciclaje para la comunidad, donde se recicla plástico, papel y aluminio, pero no cuenta con un sistema de tratamiento de la construcción.

Por estas razones, es necesario desarrollar alternativas de disposición final ambientalmente adecuadas para los residuos generados por ambos proyectos.

Propuestas de cajones de almacenamiento de residuos sólidos

Para lograr una adecuada cuantificación del volumen de los residuos, primero es necesario construir cajones que permitan tomar mediciones. Al realizar la primera visita a los proyectos, se determinó que las condiciones en las que se almacenaban los residuos debían de mejorar, sobretodo tomando en cuenta que ambos proyectos son de alto impacto ambiental por su ubicación y tamaño.

Los dos proyectos se encuentran actualmente en la etapa de obra gris, por lo que los residuos que más se están generando son madera, acero, sacos de cemento, tubería, concreto y otros residuos. Estos últimos son los no se puedan clasificar en los contenedores de los otros residuos. Por estas razones el diseño de las propuestas de los cajones se orienta a los tamaños y tipo de material que se almacenarán.

Como se observa en las figuras del 2 al 7, se presentaron 3 propuestas de cajones. La propuesta 3 es el diseño solicitado por la empresa SYL Ingeniería, las propuestas 1 y 2 son propuestas adicionales a los solicitadas por la empresa. En cada propuesta se presentan observaciones obtenidas por medio de investigación y análisis en sitio, algunas ventajas y desventajas de cada propuesta. En el caso de la propuesta 1, el cajón se diseño con una puerta en la parte frontal, esto con el fin de facilitar el cargado de los residuos del proyecto dentro del camión. La construcción de una puerta con bisagras requería de mayor trabajo, por lo que fue descartada.

La propuesta 3, basada en las especificaciones solicitadas por la empresa SYL Ingeniería S.A. , la desventaja se da a la hora de sacar los desechos, ya que pueden llevarse también el material que se puede reutilizar. Además puede causar confusión a los trabajadores del proyecto al momento de separar los materiales. Por estas razones se descartó la propuesta 3.

La segunda propuesta se hizo con una altura inferior en la pared frontal, esto en el caso de no usar una puerta frontal, pero facilitando la remoción de los residuos. Por lo que la final se seleccionó esta propuesta.

A la hora de realizar el diseño final de los cajones para los proyectos se tomaron en cuenta aspectos como:

- Tamaño del camión recolector: para optimizar las dimensiones de los cajones fue necesario saber el tamaño del camión, el cual es de 12 m^3, de esta manera no sólo se optimizan las dimensiones, sino también se aprovecha al máximo cada viaje.
- Topografía: en el caso del condominio San Martín, la topografía generaba escorrentía de agua superficial, por lo que se podía estancar el agua en el área de almacenamiento de los residuos, por lo que se recomendó realizar algún tipo de zanjeo o impermeabilización adicional.
- Nivel freático: en el condominio Ventana el nivel freático se encuentra a 30 cm, por lo que era necesario evitar filtraciones de sustancias que generen los residuos, como la oxidación o lixiviados, la propuesta para solucionar esto fue realizar algún zanjeo con una base con material granular o geotextil para impermeabilizar de los cajones.
- Condiciones climáticas: en la zona el nivel de humedad es muy alto, adicionalmente las fuertes lluvias pueden humedecer y deteriorar los residuos si no se toman las medidas respectivas, por lo que se debe de colocar techo a los cajones.
- Rotulación adecuada: se recomendó colocar rótulos con indicaciones claras que incluyan al menos nombre del material, si el cajón es para disposición final (desecho) y de reutilización o reciclaje.
- Presupuesto y materiales de cajones: si bien en ambos proyectos no existía una limitación de presupuesto, se indicó que de ser posible se reutilizarán residuos en buen estado.

En el condominio San Martín, no se logró colocar los contenedores durante el período de la práctica profesional, debido a que la zona de almacenamiento de residuos permanente (figura 12) se encontraba ocupada por un contenedor, el cual estaba en un trámite legal y no podía ser movido. Por lo que los residuos actualmente se ubican en una zona temporal, la cual presenta problemas de espacio y acceso.

A pesar de esta situación la ingeniera Karim Sánchez y el maestro de obras Víctor Navarro, realizaron los cajones como se observa en la figura 11, cumpliendo las especificaciones de la propuesta y a la espera de tener el espacio disponible para colocarlos.

Por otra parte en el condominio Ventana, al igual que en el condominio San Martín no se logró la construcción de los cajones tal y como fueron diseñados, debido a la falta de interés por parte de los encargados del proyecto. Inicialmente se indicó que no había presupuesto, por lo que se siguieron utilizando los 3 cajones existentes, los cuales se encuentran a la par de la bodega y oficinas como se muestra en la figura 13. Luego de una llamada de atención por parte de la regencia ambiental, se le colocó un techo de zinc, tal y como se muestra en la figura 9.

Registro de volúmenes

Tal y como se explicó anteriormente no fue posible clasificar y separar los residuos en la categoría de reutilizables y de disposición final (desecho), las mediciones que se realizaron fueron sólo del volumen total generado por material.

Condominio San Martín

Las mediciones para este proyecto se realizaron del 25 de agosto al 30 de setiembre del 2015, ya que antes de este período el proyecto estaba en la fase de limpieza, nivelado y compactación del terreno. Actualmente el proyecto se encuentra en obra gris, por lo que se generaron únicamente residuos de madera de formaleta y acero.

En el cuadro 4 se observan lo volúmenes de la madera y acero organizados por fecha, es claro que la madera es el residuo que más se genera. En el caso de madera, al ser usada para formaleta, el cien por ciento que se compra se va a desechar al cumplir con su vida útil. La vida útil de la madera en este caso se vio afectada directamente por las condiciones ambientes del proyecto: humedad, lluvia y sol. Adicionalmente pueden haber afectado algunas otras circunstancias como el almacenamiento y manipulación inadecuada, y poca optimización del material lo cual acorta su vida. Sin embargo, estos últimos factores no se pudieron comprobar

en la presente práctica, ya que las visitas al proyecto se realizaban cada 15 ó 22 días.

En el cuadro 5 se observa que el volumen total que se contabilizó fue de 10,9 m^3, donde 8,97 m3 corresponden a madera y 1,93 m3 al acero. Los residuos de acero que se produjeron son el resultado mayormente por falta de modulación del acero por lo que se recomienda optimizar su uso, para lo cual se requiere de control e instrucción del proceso.

En la figura 14 se observa un gráfico de los volúmenes por fecha, en el que se puede observar que el volumen de madera generado disminuyó a finales de setiembre. Esto se debe a que se empezó a construir la estructura de dos de las cuatro casas, la cual es de tubo estructural y viene en piezas prefabricadas.

En la figura 15 se observa que el 82% de los residuos corresponden a la madera y el 18% al acero.

Condominio Ventana

Al igual que el condominio San Martín las mediciones se realizaron con los cajones disponibles. El sistema constructivo de este proyecto es estructura de concreto reforzado, entrepiso liviano con viguetas de concreto y bloques de estereofón, paredes livianas de estereofón con concreto lanzado, por lo tanto los materiales que se midieron son: madera, acero, plásticos, estereofón y otros (estos son todos aquellos que no se puedan clasificar en los materiales antes mencionados).

En este proyecto se realizaron 6 visitas, donde se efectuaron mediciones de los volúmenes de residuos generados. Los valores de estos volúmenes se presentan en los cuadro del 6 al 11, donde se observa en los cuadros 6 y 7 tiene a la madera como el residuo con mayor volumen. Tal y como se muestran a partir del cuadro 8 y hasta el 11, el estereofón es el de mayor volumen.

En la figura 16 se muestra el comportamiento a la largo del tiempo de cada material. En esta figura, se observa que el estereofón a partir del 12 de agosto es el material de mayor volumen. Inicialmente sólo se estaba construyendo un solo edificio, luego empezaron en paralelo 2 edificios más, por lo que el área de entre pisos aumentó y asimismo el residuo de estereofón también.

En el cuadro 2 se muestran los volúmenes totales acumulados para cada material, en donde los residuos de estereofón ocupan el mayor volumen con 62,63 m^3. En la figura 17 se muestra que el estereofón representa un 49% del total de los residuos generados.

Los residuos de metales fueron recuperados para el reciclaje, por el señor Gerardo Mora, el cual los lleva a una chatarrera internacional por medio de contenedores. El señor Gerardo entregó recibos con fecha donde se indican los pesos (figura 19). Con dichos datos se realizó el cuadro 13 y la figura 18. En la figura 18 se observa en que en el período del 12 de agosto al 27 de agosto se generaron un total de 800 kg de chatarra. Esto se dio ya que el concreto de las columnas de uno de los edificios salió más bajo de la resistencia requerida, por lo que se procedió a demoler las estructuras defectuosas. La figura 18 coincide con la figura 16, en que se observa un incremento significativo entre las fechas del 12 al 27 de agosto. Gran parte de este material, se apila para disposición final (desecho) y está en buen estado por lo que es evidente que el material no se está aprovechando al máximo, por lo que con una optimización adecuada se puede reducir significativamente.

A la hora de buscar las soluciones para cada material, el estereofón fue el que más problemas generó, ya que una de las soluciones era donar el material a escuelas y artesanos de la zona, pero la velocidad con la que se producía el desecho fue mayor que la velocidad con la que las personas de la comunidad podían disponer de él, por lo tanto se procedió a analizar otras opciones de disposición respetando el orden de la jerarquía de las cuatro erres. Al analizar e investigar la R de reducir, se enfoca el análisis hacia la identificación en sitio, de los factores que impedían reducir la generación del estereofón.

Se encontró que se estaban desechando piezas en buen estado como se observa en la figura 8, debido a que cada vez que se iniciaba un nuevo entrepiso se realizaba un pedido nuevo sin utilizar los recursos ya existentes.

Se hizo un análisis del impacto económico del residuo del estereofón en el proyecto, el cual se desglosa en el cuadro 15, con una factura real del costo del entrepiso que fue facilitada por la empresa Quintana Ingenieros Constructores. El volumen de 35,42 m^3

corresponde al acumulado de 3 entrepisos, da como resultado una pérdida de un millón de colones por piso. El proyecto tiene un total 10 edificios de tres pisos, para un total de 20 entrepisos, por lo que si el problema persiste se estarían perdiendo 20 millones de colones aproximadamente.

La solución a este problema está en reducir la cantidad de material que se compra desde la oficina y realizar un presupuesto adecuado de este material para que a la hora de solicitar material, sea el que realmente se necesita. Además de tratar con cuidado el que se tiene ya en sitio.

En el cuadro 14 se muestra el avance de la construcción en cada visita y el acumulado, además del volumen total de residuos. Finalmente se obtuvo que el volumen de residuo por metro cuadrado de 0,04, que en 100 m^2 se produce 3,87 m^3 de residuos. Es muy importante tener presente que casi la mitad de ese volumen corresponde a estereofón y un 19% al acero (chatarra), en ambos casos se puede reducir significativamente el volumen que se genera.

Para efecto de los valores obtenidos en el presente proyecto, es muy importante tomar en cuenta la incertidumbre asociada a los volúmenes, algunos de estos factores son:

- Incertidumbre de los instrumentos: en todo instrumento de medición existe una incertidumbre asociada, en especial por errores de fabricación, en nuestro caso se midió con una cinta métrica que tiene más de 5 años, lo que puede incrementar la incertidumbre de medición.
- Espacios vacíos: las mediciones se realizaron en cajones donde el material no llenaba por completo el volumen, por lo que es importante tener en cuenta este volumen. Sólo en el caso del estereofón no ocurrió esto, ya que la cuantificación se dio del conteo de las piezas.
- Tiempo entre visitas: las visitas se realizaron cada 15 ó 22 días, por lo que en este período de tiempo pudo haber material entrando y saliendo de la zona de almacenamiento de residuos, que no fue cuantificado.

Plan de manejo de residuos sólidos

Ante la ausencia de un procedimiento de manejo de residuos adecuado, se decidió realizar un plan de manejo de residuos sólidos, para ser colocado en los proyectos de forma visible para todos los trabajadores, como guía se utilizó la tesis del Ing. Esteban Vindas, Metodología para la gestión y el manejo de los residuos en obras de infraestructura en la empresa Edica Ltda[3].

En el plan se incluyeron únicamente tres actividades: campamentos, obra gris y acabados. Se seleccionaron los materiales más comunes encontrados en dichas actividades.

Para cada actividad se dan las especificaciones de manejo interno, almacenamiento y disposición final. A la hora de realizar el plan de manejo, se pensó en hacerlo simple y claro, de tal forma de que le sirva a la empresa SYL Ingeniería para los proyectos actuales y futuros.

Adicionalmente, al plan de manejo, se realizó un cuadro de especificaciones para reutilizar o desechar cada material, con el fin de ser lo más claro posible para los trabajadores. Dicho cuadro se utiliza en la zona de almacenamiento de los residuos, únicamente para colocar el residuo en el cajón correcto, ya en el cajón de disposición final (desecho) o en el de reutilización o reciclaje.

Boletas de compromiso y de registro

Las boletas de compromiso se realizaron para ser utilizadas por las personas que se llevan el material o se les dona, para que así quede evidencia del compromiso de manejo que se le está dando al material. Una de las responsabilidades ambientales del proyecto es la correcta disposición final de los materiales considerados residuos, sino se cumple con una disposición adecuada entonces se procede a buscar otra alternativa.

[3] (Vindas Arce, 2007)

Para darle trazabilidad a la gestión, a los gestores se les pide entregar evidencias que los respalden de su compromiso ambiental tal como fotografías, facturas, muestras de productos, entre otros. La mayoría de las personas que se contactaron y que estuvieron interesadas, no tuvieron ningún problema en firmar el compromiso y entregar evidencias de algún tipo.

Por otro lado tenemos las boletas de registro de medición de residuos, R1 y R2, una de las cuales se realizó para los estañones de reciclaje con los que cuentan los proyectos (R1). De esta manera se podía obtener un volumen más exacto de los materiales reciclados.

La otra boleta es de registro de salida (R2), la cual se diseñó para especificar cuando sale un residuo o un desecho, y así determinar la fecha desde que se están realizando las mediciones.

En ninguno de los dos proyectos fue posible aplicar estas boletas, debido a que los responsables admiten que se les ha olvidado llenarlas o poner a alguien a cargo.

Contactos

Se elaboró una lista de contactos por medio de la investigación en internet, entrevistas a personas de la zona, visitas a ferias de artesanías, a colegios, escuelas y artesanos de la zona. A las personas interesadas se les informó que el material se estaba regalando y el único requisito era firmar la boleta de responsabilidad y entregar evidencias de un uso adecuado.

Se levantó una lista de todos los contactos, con número de teléfono, ubicación, distancia al proyecto condominio Ventana, si cuentan con transporte para ir por los materiales o no y el material que les interesaba. Esta lista detallada se muestra en el apéndice 4. Se puso únicamente la distancia al proyecto condominio Ventana, ya que es el que tiene más material disponible para regalar y mejor acceso, lo cual facilita retirar el material.

Finalmente las personas que realmente se interesaron en el proyecto y participaron, se encuentran en la lista del cuadro 16, de manera resumida sólo se encuentra el nombre, teléfono y ubicación. Algunos no continuaron debido a que no tenían transporte o simplemente no necesitaban el material. En el apéndice 4 se muestra la lista completa de todos los contactos, con datos adicionales como distancia del proyecto, material de interés, entre otros.

Productos artesanales

Como resultado de la investigación se localizaron artesanos tanto de la zona, como de pueblos cercanos como Pérez Zeledón. A los artesanos se les dio una idea inicial de lo que se podía hacer con los sacos de cemento, tubo de PVC y otros residuos.

Las artesanas Lilian Bolaños, Sidey Martínez y Rosa Elena Valverde lograron hacer bolsos y otros productos, reutilizando los sacos de cemento. Todas coinciden en que el producto se vendió de manera rápida y que la idea es muy atractiva al público en general.

Las muestras (figura 22) realizadas por la artesana Rosa Elena Valverde se presentaron en ambos proyectos y al dueño de los mismos, este ultimo quedó muy satisfecho con el trabajo, por lo que contrató a la artesana o artesanas para elaborar sobres para su empresa.

Otra de las muestras fue la del farol que se observa en la figura 23, hecho con el estereofón del proyecto Ventana. Estos productos son muestras iniciales de lo que se puede lograr al reutilizar los residuos.

Esto demuestra que la construcción puede generar nuevas fuentes de trabajo fuera del área de proyecto, cambiando así la visión de la construcción como invasión, a la construcción como fuente de materia prima para actividades que generan trabajo.

Diagramas de disposición final de los materiales

El objetivo fundamental del proyecto es proponer alternativas de disposición final para los residuos de ambos proyectos. En los diagramas que se muestran en las páginas de la 42 a la 48, no sólo se muestran algunas alternativas de disposición, sino también se indica la condición en la cual se debe almacenar el material y cuando se reutiliza o se desecha.

El primer diagrama (página 42) muestra el concreto, se indica que debe ser almacenado en un cajón adecuado y que se reutiliza cuando no está contaminado. Las opciones que nos presenta en caso de poder ser reutilizado en este u otro proyecto son:

- Obras menores: como lo son aceras, cajas de registro, sellos, entre otros.
- Rellenos estructurales: estos pueden ser utilizados como lechadas para estabilizar algún tipo de suelo en caso de que se encuentre líquido. Si se encuentra endurecido se utiliza como material de relleno.
- Caminos temporales: se puede utilizar para mejorar las condiciones de los caminos o rellenar.
- Agregado para concreto pobre: en muchos casos el concreto puede ser fragmentado y ser reutilizado como agregado en concretos pobres.

En caso de ser desechado, se debe de realizar en escombreras o rellenos sanitarios autorizados.

El segundo diagrama (página 43) es el de la madera, que se reutiliza cuando se encuentra en buen estado y sin contaminación. Se puede reutilizar en:

- Otras actividades del proyecto: existen grandes posibilidades de uso dentro del proyecto, desde una simple cuña, hasta puntales.
- Leña en restaurantes u hogares: esta puede ser aprovecha en restaurantes de la zona, en hogares cercanos al proyecto y para los mismos trabajadores del proyecto.
- Artesanías: actualmente se pueden dar tratamientos para preservar la madera y de esta forma aprovecharla en productos artesanales, como souvenirs.
- Triturado como abono: la madera es biodegradable, por lo tanto esta se puede triturar y combinar con lombrices o cáscaras, para formar un abono que sirva a futuro en los jardines del proyecto.

El tercer diagrama (página 44) es de los sacos de cemento, normalmente representan un gran problema de contaminación en las construcciones, por lo que algunas alternativas de reutilización son:

- Limpieza de herramientas: los sacos nos pueden ser de gran ayuda en la limpieza de herramientas o maquinaria en el proyecto.
- Relleno de bloques y tuberías: los sacos de cemento por su resistencia nos ayudan no sólo a rellenar bloques, sino en muchos casos en las tuberías también.
- Recicladoras: en muchos casos los fabricantes de cemento tiene el servicio de reciclar los sacos, y también existen muchas empresas que se dedican a procesar residuos constructivos, por lo que es una opción a tomar en cuenta en futuros proyectos.
- Artesanos: como se mencionó anteriormente, los productos realizados por los artesano son muy variados y de calidad, por lo que se recomienda buscar artesanos cercanos al proyecto.

El cuarto diagrama (página 45) presenta a los metales, los cuales son más fáciles de reutilizar o reciclar, las tres alternativas que presentamos son:

- Otras actividades del proyecto: en muchos casos pueden ser utilizados como estacas, fijar formaleta, amarres, entre otros.
- Recicladoras: también se pueden llevar a chatarreras o centros de acopio, donde en muchos casos se paga un monto de rescate, el cual puede ser utilizado en alguna necesidad de los trabajadores del proyecto.
- Artesanos: los metales son un material muy cotizado por los artesanos, ya que da muchas posibilidades de uso.

El quinto diagrama (página 46) presenta el poliestireno expandido, conocido en Costa Rica como estereofón. Como este material fue el que presentó más problemas en el proyecto, se buscaron más alternativas de disposición, por lo tanto tenemos las siguientes opciones:

- Escuelas y colegios: se puede utilizar en materias como artes plásticas o educación para el hogar, siempre y cuando este no sea tóxico.

- Artesanos: los artesanos los utilizan para un sinfín de productos, como el farol que se mostro en la figura 23.
- Centros de reciclaje: existe centros especializados para reciclar el estereofón con otros productos, y de esta manera obtener nuevos productos, por lo que se recomienda determinar cuales centros o recicladoras se encuentran cerca.
- Moldes de otras actividades: como se muestra en el diagrama puede ser utilizado en los espacios donde van cajas de registro, tableros eléctricos, detalles arquitectónicos y otros. Estos moldes son de gran ayuda cuando se va a realizar una chorrea.
- Barniz para madera: cuando se combina el estereofón con un diluyente como la acetona, se obtiene un coloide, el cual se usa como barniz, si se le agrega más estereofón se puede lograr un pegamento. Este barniz es de gran calidad ya que no se va a descomponer o degradar por las propiedades del estereofón.
- Otros proyectos: si la empresa constructora tiene más de un proyecto en la zona, es posible trasladar y reutilizar materiales, tal es el caso del estereofón.
- Pescadores: el estereofón es aislante del calor, por que muchos pescadores de la zona lo utilizan para transportar y mantener el pescado.
- Empresa proveedora: el estereofón es clasificado como un residuo peligroso, por lo que se puede aplicar la responsabilidad compartida y extendida del productor de la Ley para la Gestión Integral de Residuos #8839.

El sexto diagrama (página 47) presenta el tubo de PVC, estos deben de ser reutilizados de manera adecuada, ya que no se pueden exponer al sol, pues sueltan químicos al ambiente y su vida útil disminuye, entre las alternativas que se proponen tenemos:

- Recicladoras: o centros de acopio, que le den adecuado proceso de reciclaje.
- Artesanos: al igual que los otros residuos, el tubo de PVC ofrece muchas posibilidades para crear nuevos productos.
- Vecinos que lo necesiten: los proyectos se ubican en una zona rural y muchos de los vecinos son personas de escasos recursos, los cuales necesitan reparar tuberías y no cuentan con el dinero o material por lo que se les podría donar a las asociaciones.

Entre los contactos tenemos a la escuela de Dominicalito, la cual está interesada en reutilizar el tubo de PVC para hacer una huerta para los niños.

Mediante la investigación se determinó que el tubo de PVC también es utilizado para realizar cultivos hidropónicos, muebles, entre otros.

El último diagrama (página 48) es el de mármol, cerámicas y similares, en donde tenemos las siguientes opciones de reutilización:

- Repuestos futuros: muchas veces se descartan piezas en buen estado o con daños parciales, que pueden ser utilizadas como repuestos en un futuro, ya sea para mantenimiento o reparaciones.
- Escuelas y colegios: las pequeñas piezas de cerámica pueden ser utilizadas en proyectos de arte en las escuelas o colegios de cualquier localidad.
- Trabajos comunales: actualmente se encuentran muros o parques embellecidos por piezas de cerámica colocadas por artistas, por lo que se recomienda determinar si en la zona existe algún tipo de proyecto de mejora de la comunidad.
- Artesanos: estas piezas son muy utilizadas por los artesanos.

Por la ubicación de los proyectos, las alternativas de centros de acopio o reciclaje no se pueden aplicar, ya que en la zona no existe ninguno que dé tratamiento a residuos de construcción.

La idea de estos diagramas, al igual que el plan de manejo, es que la empresa SYL Ingeniería pueda utilizarlos como una guía en proyectos futuros de otras zonas.

Conclusiones

A partir de la elaboración de este proyecto se llega a las siguientes conclusiones:

- Se realizaron tres propuestas de diseño para los cajones de residuos, los cuales tomaron en cuenta la fragilidad ambiental de la zona, analizando factores como nivel freático, topografía, clima y otros.
- Los volúmenes de residuos obtenidos para el proyecto condominio San Martín son 8,97 m^3 de madera y 1,93 m^3 de acero, dando un volumen total de 10, 9 m^3 en el periodo del 15 de julio al 6 de noviembre del 2015.
- Los volúmenes de residuos obtenidos para el proyecto condominio Ventana son 32,49 m^3 de madera; 24,02 m^3 de acero; 3,96 m^3 de plásticos; 62,63 m^3 de estereofón y 3,96 m^3 de otros, obteniendo un total de 127,06 m^3 en el periodo del 15 de julio al 6 de noviembre del 2015.
- Los volúmenes y porcentajes de material reutilizable no se pudieron determinar, ya que la empresa Quintana Ingenieros Constructores por falta de interés no realizó los cajones con las especificaciones entregadas.
- En el proyecto Ventana se producen 3,87 m^3 de residuos por cada 100 m^2 de construcción, donde un 49% corresponde a estereofón.
- Por medio de la aplicación de la jerarquía de las 4 erres, se encontró la pérdida económica de un millón de colones por entrepiso, sólo en material, la cual se da por una optimización inadecuada del estereofón.
- Debido a la falta de capacitación en el manejo de residuos, fue necesario realizar un Plan de manejo de residuos sólidos el cual se encuentre visible en los proyectos, así como el cuadro de especificaciones de reutilización y desecho para colocar los residuos e la zona que corresponde.
- Se diseñaron y aplicaron boletas de compromiso ambiental para los artesanos y personas interesadas en reutilizar, lo cual dio como resultado que se dieran evidencias de la adecuada disposición final por parte de algunos artesanos.
- Las boletas de registro de salidas R1 y R2, no fueron aplicadas en estos proyectos, debido a la falta de interés de los encargados del proyecto, por lo que no se logró un control adecuado de la salida de residuos de los proyectos.
- Se investigaron alternativas de reutilización, reciclaje y reducción para los diferentes materiales sólidos, aplicables dentro y fuera de los proyectos, dieron como resultado los diagramas de disposición final.
- Se proponen diferentes alternativas de disposición final para cada material, las cuales toman en cuenta a personas de la comunidad, artesanos, escuelas, colegio y otros.
- Debido al tiempo entre visitas, un volumen indefinido de residuos no fue contabilizado, debido a que entraban y salían de la zona de almacenamiento, por lo que las mediciones no son exactas.
- Mediante la investigación en internet y en la zona, se obtuvo una lista de contactos de interesados en la reutilización de los residuos de los proyectos.

Recomendaciones

Uno de los mayores aportes a tomar en cuenta de una investigación son sus recomendaciones, ya que estas permiten mejorar a las empresas y a futuros lectores.

A continuación se dan una serie de recomendaciones a la empresa consultora SYL Ingeniería S.A y a la empresa constructora Quintana Ingenieros Constructores.

Empresa SYL Ingeniería

Se recomienda:

- Investigar previo a cualquier proyecto, si la empresa constructora a la que se brinda consultoría, cuenta con un plan de manejo de residuos o no, en aquellos donde se realiza regencia ambiental solicitar uno.
- Determinar si los trabajadores cuentan con capacitación en el manejo de residuos, sino proceder a darles capacitarlos.
- Continuar con la investigación de diferentes alternativas de disposición final de los residuos para asesorar a las empresas constructoras.
- Expandir la lista contactos de artesanos de diferentes zonas del país.
- Crear un plan de manejo de residuos completo, que incluya residuos líquidos y peligrosos para entregarlo a las empresas en caso de que no lo tengan.
- Solicitar a las empresas constructoras la realización de una propuesta de almacenamiento de residuos antes de iniciar los proyectos.
- Continuar con el registro de volúmenes de residuos, con el fin de tener una base de datos que permita establecer control de los residuos y facilitar el diseño para las zonas de almacenamiento.

Empresa Quintana Ingenieros Constructores

En el caso de la empresa Quintana se establecen las siguientes recomendaciones:

- Realizar capacitaciones a todos los niveles, en el área de manejo de residuos.
- Construir los contenedores diseñados en este estudio para los dos proyectos analizados tal y como fueron establecidos.
- Desarrollar un plan completo de manejo y gestión de residuos para sus futuros proyectos.
- Mejorar las condiciones actuales de la zona de almacenamiento del proyecto condominio Ventana.
- Mejorar la optimización de los materiales para disminuir el volumen de los residuos que se producen en ambos proyectos.
- Colocar en un área más visible el plan de manejo que se les facilitó.
- Mejorar las condiciones de limpieza, orden y almacenamiento prolongado del proyecto condominio Ventana, por medio de una recolección frecuente y periódica de los residuos.

Apéndices

Se cuenta con un total de 7 de apéndices que se agregan el siguiente orden:

- **Apéndice 1:** Propuesta completa de cajones para la empresa SYL Ingeniería.
- **Apéndice 2:** Diagramas de sitio.
- **Apéndice 3:** Propuesta de manejo de residuos sólidos para el condominio San Martín y condominio Ventana.
- **Apéndice 4:** Registro de contactos.
- **Apéndice 5:** Reporte 1 para la empresa SYL Ingeniería.
- **Apéndice 6:** reporte 2 para la empresa SYL Ingeniería
- **Apéndice 7**: Diagramas completos de sitio de los proyectos condominio San Martín y condominio Ventana.

Apéndice 1

Propuestas de cajones para SYL Ingeniería

Propuesta 1:

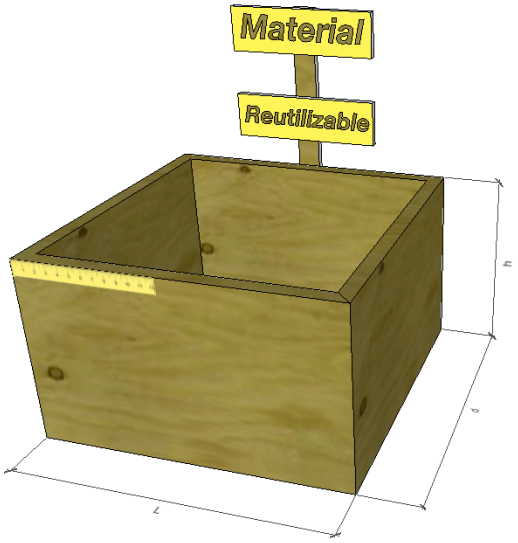


Figura 1: cajon propuesta 1.

- Filas individuales, una fila de material reutilizable y otra de material de desecho.
- Facilita la clasificación para los trabajadores y evita que se revuelvan los materiales reutilizables con los de desecho.
- Se colocará de ser posible bisagras para facilitar la extracción del material.
- Durante el proceso de recolección de los materiales de desecho no se interrumpen los cajones de material reutilizable, y viceversa.

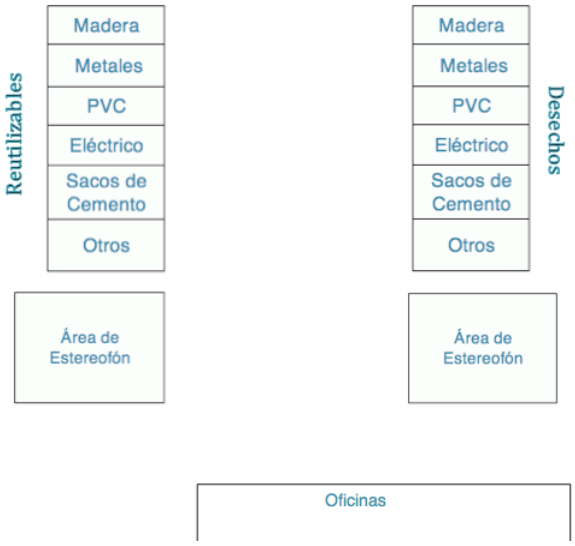


Figura 2: diagrama de sitio propuesta 1.

Propuesta 2:

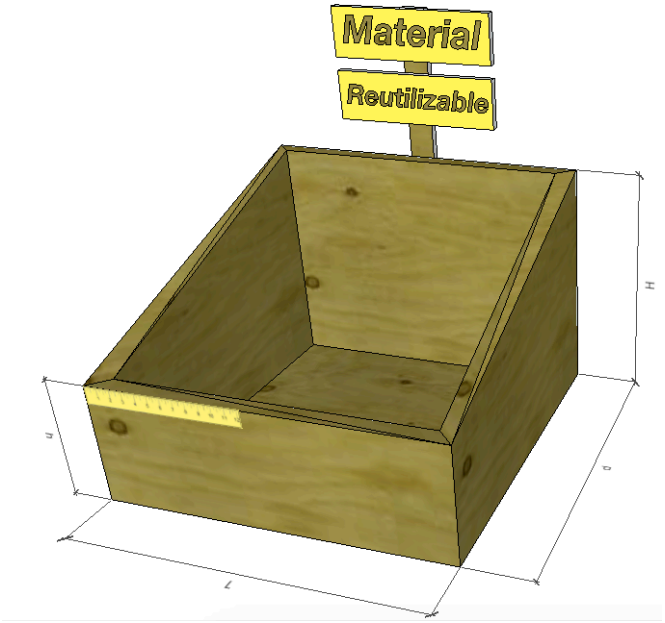


Figura 3: cajon propuesta 2.

- Filas individuales, una fila de material reutilizable y otra de material de desecho.
- Facilita la clasificación para los trabajadores y evita que se revuelvan los materiales reutilizables con los de desecho.
- El pared frontal será de menor altura que la posterior, con el fin de facilitar la extracción del material.
- Durante el proceso de recolección de los materiales de desecho no se interrumpen los cajones de material reutilizable, y viceversa.

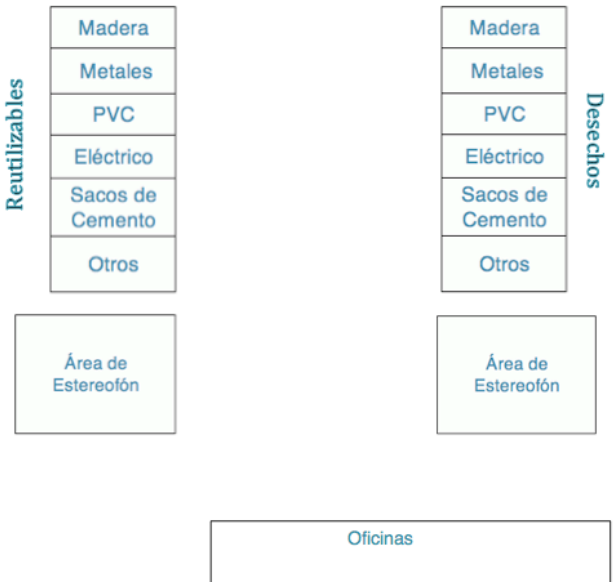


Figura 4: diagrama de sitio propuesta 2.

Propuesta 3:

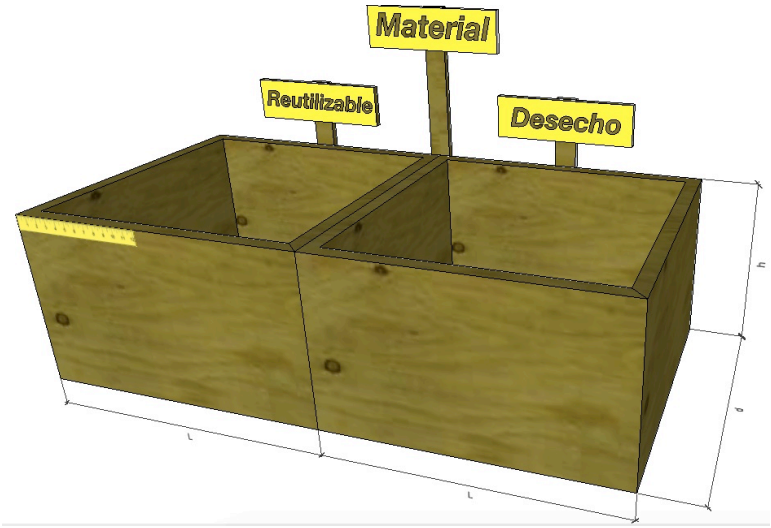


Figura 5: cajon propuesta 3.

- Se dispondrá de una o más filas de cajones, donde el cajón de cada material se divide en dos espacios, una para material reutilizable y otra de material de desecho.
- Se puede presentar confusión a la hora de clasificar los materiales y se podrían revolver los materiales reutilizables con los de desecho.
- Durante el proceso de recolección de los materiales desechos se puede interrumpir los cajones de material reutilizable, y viceversa.
- Durante el proceso de recolección de materiales de desecho podrían llevarse materiales reutilizables, por lo que podría perderse un volumen significativo del material a reutilizar.

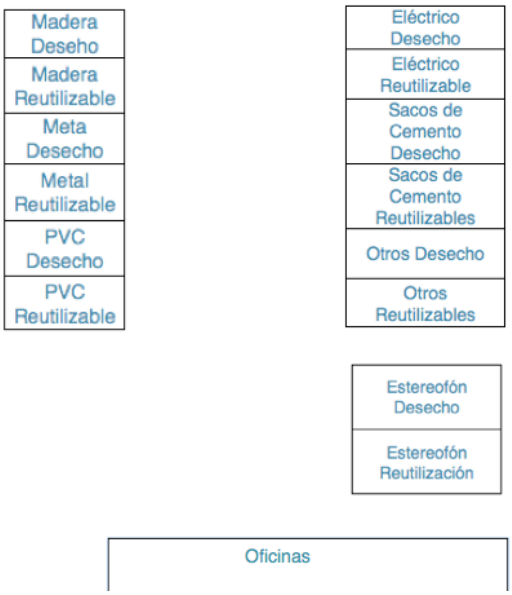
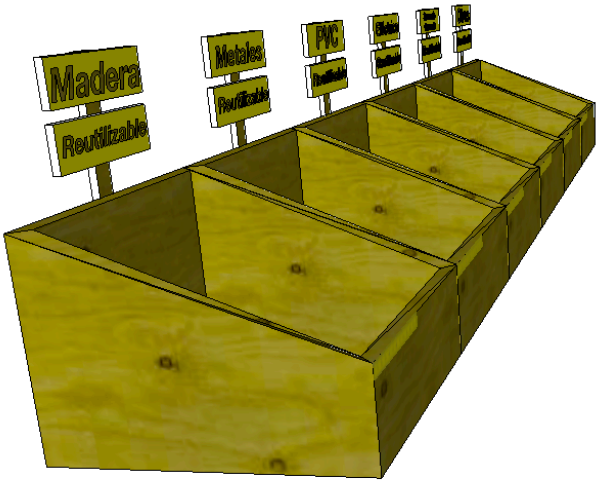
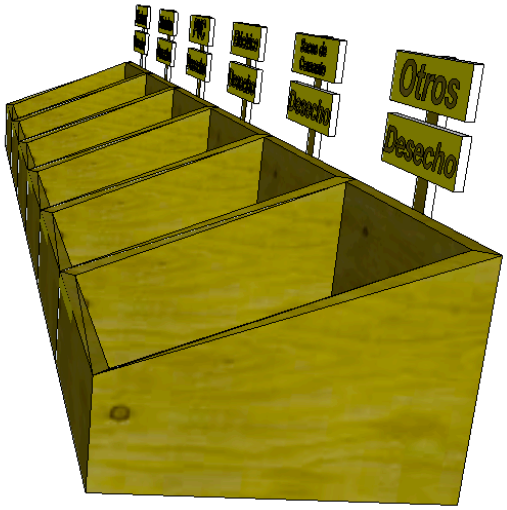


Figura 6: dagrama de sitio propuesta 3.

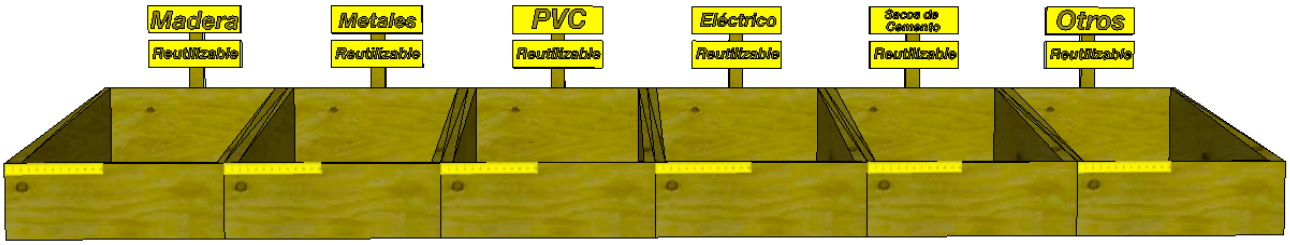
Apéndice 2

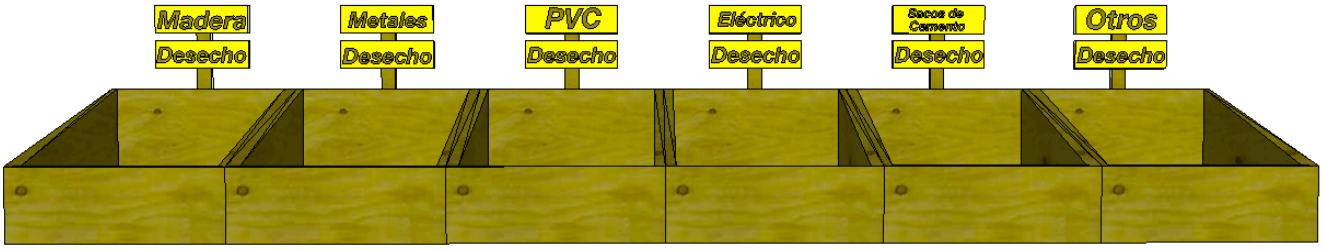
Diagramas de sitio



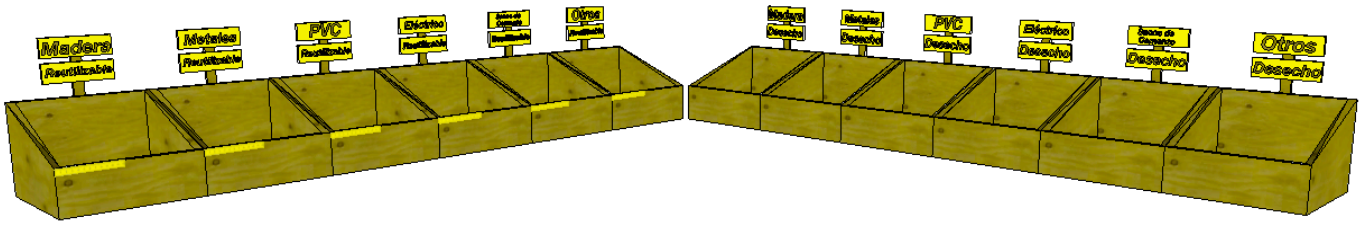


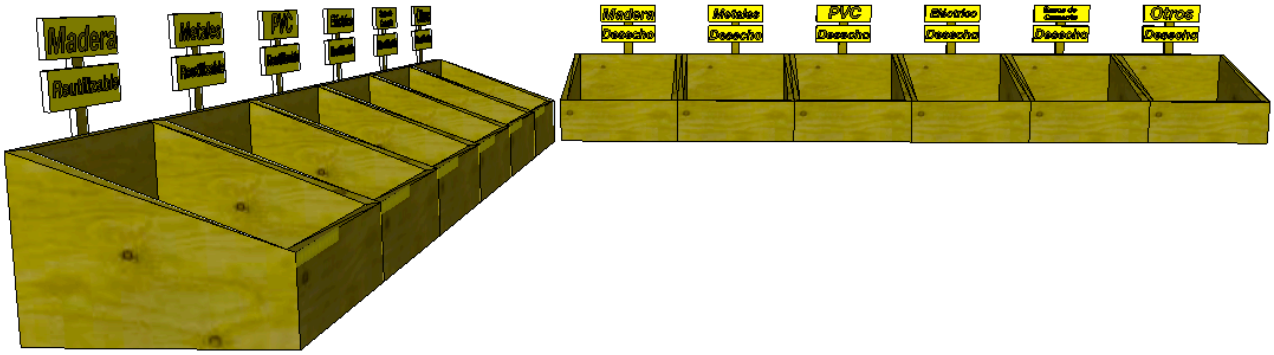
Posición 1: cajones de reutilización frente a cajones de desecho, esto facilita la ubicación de los materiales.



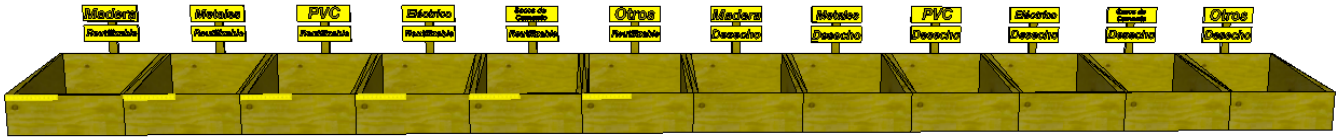


Vista frontal de los cajones.





Posición 2: en L, si el espacio lo permite nos da la ventaja de sacar más fácilmente los materiales del proyecto.



Posición 3: colocar los cajones en una sola fila.

Apéndice 3

Propuesta de manejo de residuos sólidos Condominio Horizontal San Martín y Condominio Vertical Ventana

La siguiente propuesta tiene como objetivo el manejo adecuado de los desechos sólidos generados durante la construcción del proyecto, al mismo tiempo que se disminuye el impacto ambiental.

En la zona de disposición de los desechos sólidos se debe de cumplir con las siguientes especificaciones:

- Los cajones deben de estar bajo techo para mantener la vida útil de los materiales, ya sea con una estructura de madera y una cubierta de plástico negro o algo más elaborado. (A definir en sitio).
- Cada cajón deberá encontrarse rotulado claramente con el nombre del material, si es desecho o reutilización y especificaciones correspondientes.
- La base de los cajones deberá tener plástico negro.
- Evitar que el lugar tenga escorrentía de agua superficial, si el lugar no se puede cambiar y se presenta esta situación, proteger los cajones por medio del desvío del agua.

Los materiales que se clasificaran en reutilizables y desechos son los siguientes:

- Concreto: todo el material sobrante del concreto premezclado o en sitio.
- Metales: acero, alambre negro, láminas de zinc, entre otros.
- PVC: todo aquella tubería que se utilice en la instalación mecánica del proyecto.
- Eléctrico: corresponde al tubo conduit, cableado y accesorios de la instalación eléctrica.
- Madera: toda aquella madera utiliza en sitio y ramas caídas.
- Sacos de cemento: son todos los sacos del cemento que se utilizaron en la construcción.
- Otros: corresponde a todo material que no se pueda clasificar dentro de los otros cajones, como envases plásticos, etc.

Nota: todos los materiales que serán clasificados como reutilizados deberán estar limpios y listos para su reutilización y/o reciclaje dentro o fuera del proyecto.

Las dimensiones y especificaciones para los cajones se muestran continuación en la siguiente tabla y diagrama:

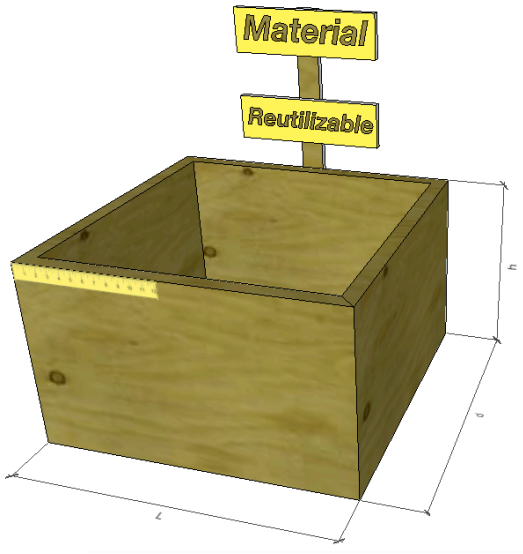


Figura 1: Detalle de cajón.

Para condominio San Martín h=0,60m y d=1 son constantes en todos los cajones y L varía según el material:

Material	Longitud (m)
Concreto*	- -
Metales	1,20
Helados**	- -
PVC	1
Eléctrico	1
Madera	1
Sacos de Cemento***	0,75
Otros	1,20

*El cajón del concreto se colocará cerca de la entrada principal.
**Se colocarán nuevamente en el área de despacho de los helados.
***Este cajón debe de tener si es necesario protección extra del agua, para garantizar que los sacos se encuentren secos.
Para condominio Ventana h=0,60m y d=1,5 son constantes en todos los cajones y L varía según el material:

Material	Longitud (m)
Concreto*	- -
Metales	2
Helados**	- -
PVC	1
Eléctrico	1
Madera	2
Estereofón***	- -

Sacos de Cemento****	0,75
Otros	1

*El cajón del concreto se colocará cerca de la entrada principal.
**Se colocarán nuevamente en el área de despacho de los helados.
***Este cajón debe de tener si es necesario protección extra del agua, para garantizar que los sacos se encuentren secos.

El cajón eléctrico de reutilización se separará en 3 partes: tubo Conduit, cable y accesorios. Esto para facilitar el manejo del material a reutilizar, el detalle para el cajón eléctrico es el siguiente:

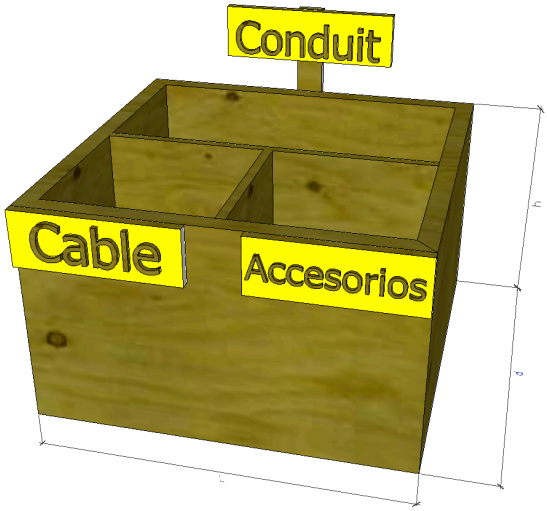


Figura 2: Detalle de cajón eléctrico.

En la zona de disposición de los desechos del condominio San Martín se pondrán dos filas de cajones, una de materiales reutilizables y otra de desechos, esto para facilitar la clasificación y retiro del material.

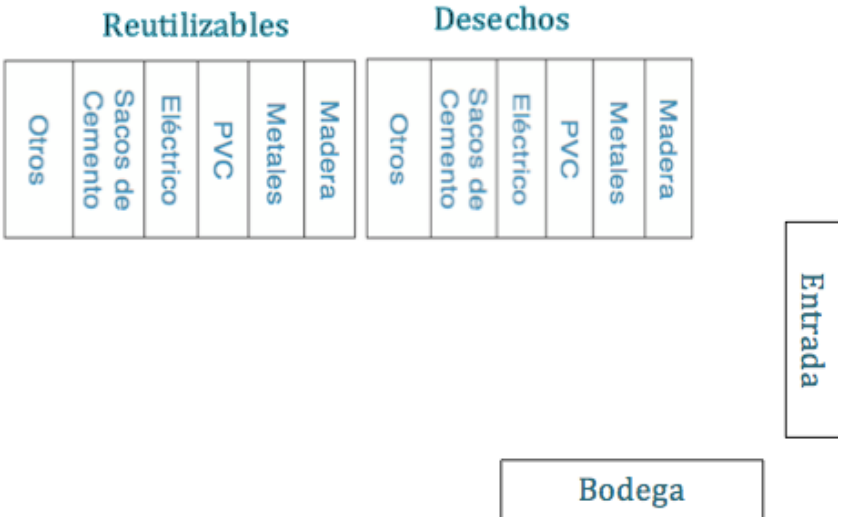


Figura 3: Diagrama de zona de disposición de los desechos sólidos condominio San Martín.

En la zona de disposición de los desechos del condominio Ventana se pondrán dos filas de cajones, una de materiales reutilizables y otra de desechos, esto para facilitar la clasificación y retiro del material.

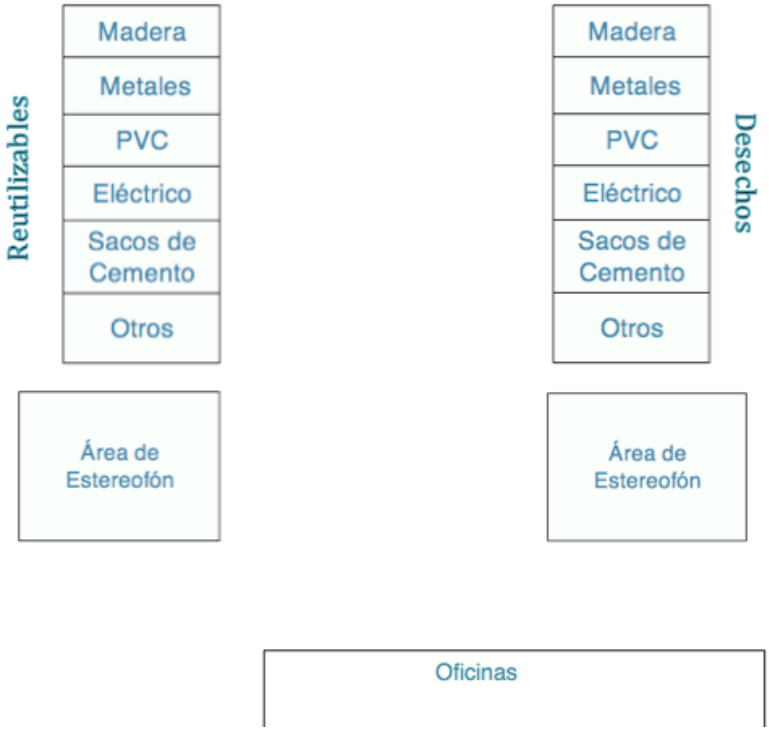


Figura 4: Diagrama de zona de disposición de los desechos sólidos condominio Ventana.

Las especificaciones para la reutilización de los materiales son las siguientes:

Material	Especificación para reutilización
Concreto	• Dejar endurecer el conceto para demoler en trozos más pequeños para ser usados como agregado en concretos pobres dentro del proyecto.
Metales	• Reutilizar longitudes mayores a 50cm y/o piezas con tamaños para reutilizar dentro o fuera del proyecto.
Helados	• Recolección semanal y disponer en el centro de acopio. • Se reutilizarán en concreto pobre aquellos helados quedrados sin oxidación y sin contaminación alguna.
PVC	• Longitudes mayores a 1m. • Limpiar la tubería de tal forma de que quede libre de sustacias como el concreto, suelo, etc.
Conduit	• Longitudes mayores a 1m. • Limpiar la tubería de tal forma de que quede libre de sustancias como el concreto, suelo, etc.
Cable y accesorios eléctricos	• Reutilización a discreción del profesional y/o piezas en buen estado.

Madera	• Depositar sin clavos, tornillos, tachuelas u otro material que se encuentre adherido. • Puede ser reutilizada como leña para cocina o dentro de la construcción.
Sacos de Cemento	• Debe mantenerse en un lugar seco y limpio, almacenado en un cajón individual donde se mantienen las bolsas comprimidas y listas para reutilizar o desechar.
Otros	• Son todos aquellos materiales que no estén clasificados en los otros cajones, tales como envases de pintura, de adhitivos, etc, que puedan ser reutilizados dentro o fuera del proyecto.

Las especificaciones para desechar los materiales son las siguientes:

Material	Especificación para desechar
Concreto	• Se desechará todo aquel concreto que se encuentre contaminado o sucio.
Metales	• Todas las piezas que se encuentre con una oxidación que no se pueda remover con trapo. • Piezas menores a 50 cm.
Helados	• Todos aquellos que no se puedan utilizar ya sea por oxidación o que se encuentren quebrados y contaminados.
PVC	• Todas aquellas piezas que estén quebradas y/o sean menores a 1 m.
Conduit	• Todas aquellas piezas que esten quebradas y/o sean menores a 1m.
Cable y accesorios Eléctrico	• Todas las piezas que se encuentre con una oxidacion que no se pueda remover con trapo y/o quebradas.
Madera	• Piezas contaminadas, podridas y/o con moho.
Sacos de Cemento	• Todos aquellos sacos que se encuetren podridos, endurecidos por el contacto con el agua y/o despedazados.
Otros	• Son todos aquellos materiales que no estén clasificados en los otros cajones, tales como envases de pintura, de adhitivos, etc, que se encuentren contaminados, oxidados y/o dañados.

Apéndice 4

Registro de contactos

			Cuenta con Transporte			
Contacto	**Teléfono**	**Ubicación**	**Sí**	**No**	**Material**	**Distancia del proyecto Ventana**
Escuela Flor de Bahía	27438454	Uvita		x	Todos	8,5km
Seidy Perez Escuela Dominicalito	27870355	Dominicalito	x		PVC, madera, estereofón	25 km
Liliam Bolaños Artesanos Dominical	8752238	Dominical	x		Todos	28km
Enrique Pérez Mendez Pescador	86942594	Dominical (La macha)	x		No ocupan	22km
Edwin Presidente de Artecori	89313154	Pérez Zeledón	x		Metales	60km
Jonathan Escuela Ballena	85003255	Bahía Ballena		x	Estereofón	1,3km
Sidey Martínez	88800487/ 85620146	Pérez Zeledón	x		Todos	60km
Rosa Elena Valverde Granados.	88201437/ 25466004	León Cortes	x		Sacos de cemento	150km
Dinnia Arias	85545919	Puerto Jiménez		x	Todos	140km
Escuela Verde Costa Ballena	87035396	Bahía Ballena			No ocupan	3,5km
Escuela de Uvita	27438255	Uvita	x		Todos	10,5km
Gerardo Mora	89839132/ 27714460	Pérez Zeledón	x		Chatarra	60km
Escuela Dominical	85800459	Dominical		x	Estereofón	28km

Apéndice 5

Reporte manejo de manejo de desechos sólidos

Con el fin de dar soluciones a los residuos sólidos de la construcción del Condominio Ventana, se buscaron diferentes soluciones en la comunidad. Como resultado se obtuvo 5 escuelas interesadas, 5 artesanos y un señor que recicla metales.

A pesar de estas soluciones, el volumen y velocidad con la que se producen los residuos en el proyecto es mucho mayor que las soluciones disponibles en la comunidad. Por lo que se debe de reducir la producción de desechos por medio de la optimización del material.

El residuo con mayor volumen es el estereofón, donde en un período de 2 meses se acumuló 35 m^3 , este volumen equivale a 3 millones de colones en sólo 3 entrepisos, lo que quiere decir que solo en material se están perdiendo un millón de colones por entrepiso y el proyecto tiene un total de 20 entrepisos.

Por lo que se recomienda utilizar los planos de taller para optimizar el uso de las piezas en buen estado y pedir únicamente las piezas faltantes. También analizar la posibilidad de si la empresa ESCOSA recicla el material o solicitar las piezas de estereofón ya cortadas en las dimensiones necesarias.

Material acumulado en el proyecto como residuo.

Algunas de las escuelas interesadas en reutilizar en material.

Apéndice 6

Segundo reporte manejo de manejo de residuos sólidos

Con respectos a las recomendaciones dadas a la empresa Quintana Ingenieros Constructores para el manejo de residuos sólidos, se han encontrado las siguientes mejoras:

- Se aplicó la optimización del estereofón, por lo que sólo se está colocando como residuos las piezas pequeñas, que ya no se pueden utilizar en el proyecto. Por lo tanto hay menos volumen de residuos de este material y está aprovechando al máximo.
- Se colocó techo en el área de los cajones, logrando alargar la vida útil de los materiales y evitando filtraciones de agua contaminada con oxido u otras sustancias.
- Con respecto a los sacos de cemento se ha logrado contactar con artesanos de la zona, obteniendo muestras diferentes productos que se pueden desarrollar con este material. Esto minimizará el volumen final que se llevará a los rellenos sanitarios y generará trabajo a los artesanos de la zona.
- En general se está realizando un registro con las boletas de compromiso con las personas que se llevan los materiales para reutilizarlos.
- La empresa Quintana está implementando nuestro plan de manejo de residuos sólidos.

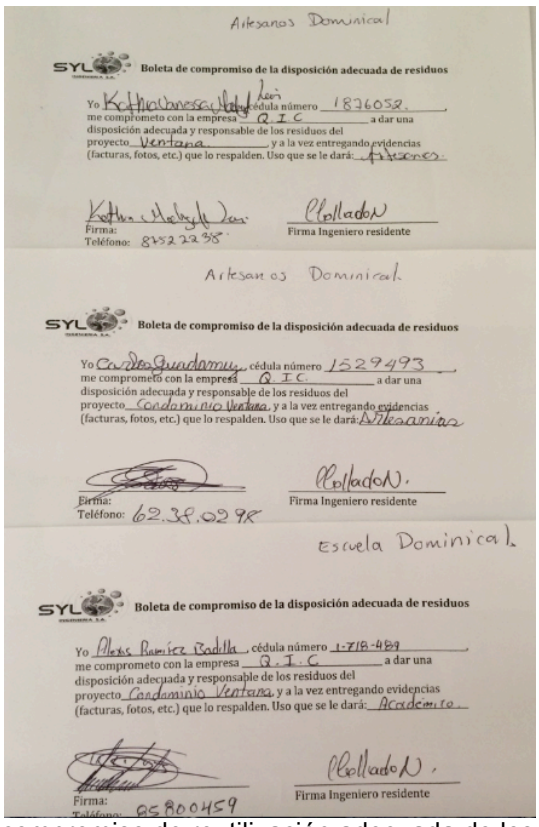
Antes Ahora

Mejora en el manejo del estereofón.

Antes Ahora

Área de almacenamiento de los residuos de la construcción.

Comprobante de recepción de metales.



Artesanos Dominical

SYL INGENIERÍA S.A. **Boleta de compromiso de la disposición adecuada de residuos**

Yo Kathia Vanessa Hidalgo Leon, cédula número 1876058, me comprometo con la empresa Q I C a dar una disposición adecuada y responsable de los residuos del proyecto Ventana y a la vez entregando evidencias (facturas, fotos, etc.) que lo respalden. Uso que se le dará: Arsenos.

Firma: Firma Ingeniero residente

Teléfono: 8452 2238

Artesanos Dominical

SYL INGENIERÍA S.A. **Boleta de compromiso de la disposición adecuada de residuos**

Yo Carlos Guardamuy, cédula número 1529493, me comprometo con la empresa Q I C a dar una disposición adecuada y responsable de los residuos del proyecto Condominio Ventana, y a la vez entregando evidencias (facturas, fotos, etc.) que lo respalden. Uso que se le dará: Artesanías

Firma: Firma Ingeniero residente

Teléfono: 62.38.02 98

Escuela Dominical

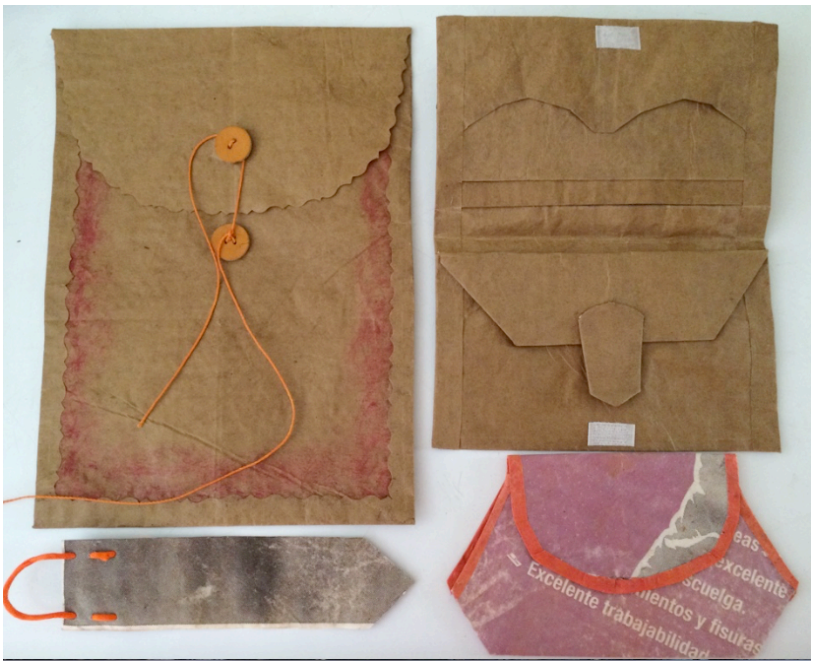
SYL INGENIERÍA S.A. **Boleta de compromiso de la disposición adecuada de residuos**

Yo Alexis Ramírez Badilla, cédula número 1-818-489, me comprometo con la empresa Q. I. C a dar una disposición adecuada y responsable de los residuos del proyecto Condominio Ventana, y a la vez entregando evidencias (facturas, fotos, etc.) que lo respalden. Uso que se le dará: Académico

Firma: Firma Ingeniero residente

Teléfono: 85800459

Boletas de compromiso de reutilización adecuada de los materiales.



Artesanías realizadas con sacos de cemento reciclado.

Apéndice 7

Diagramas de sitio de los proyectos condominio San Martín y condominio Ventana.

Condominio Ventana:

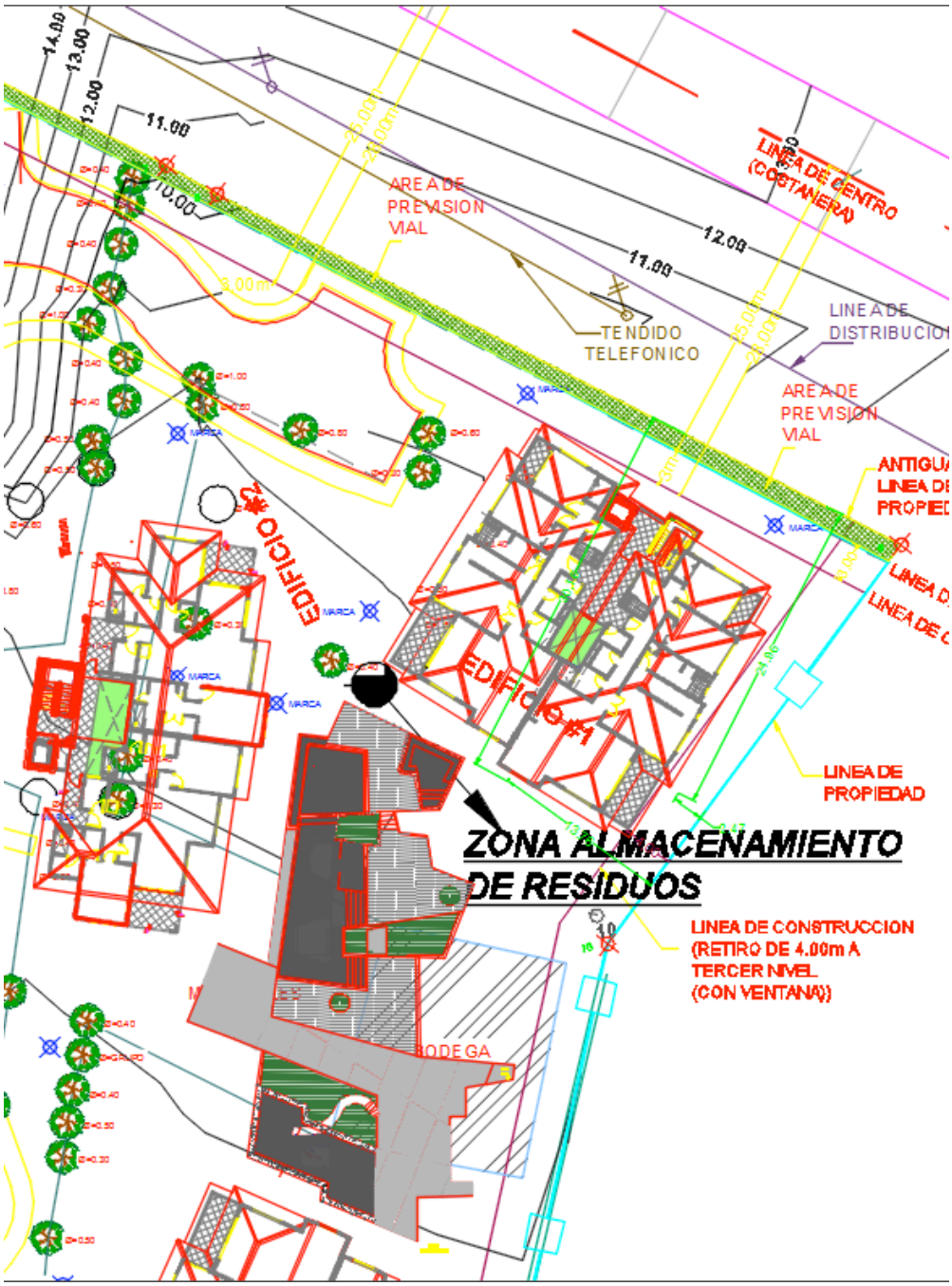
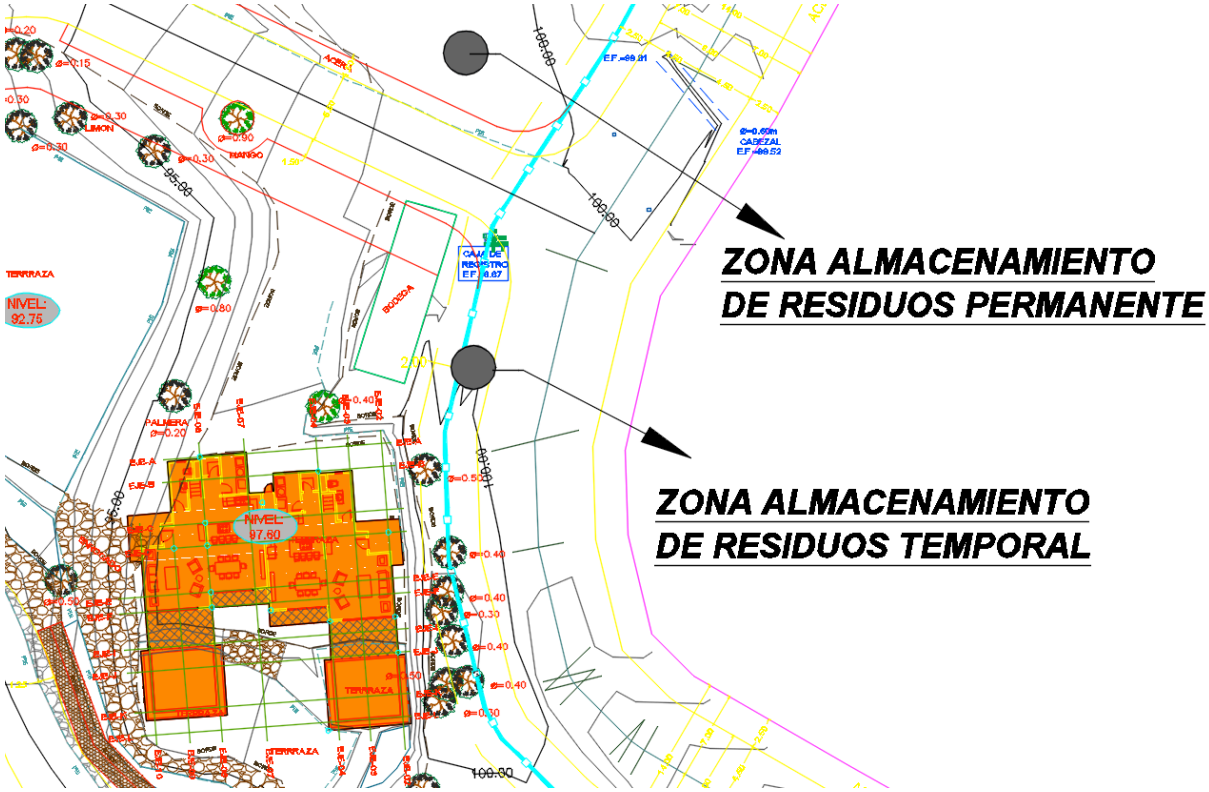


Diagrama de sitio completo.

Condominio San Martín:



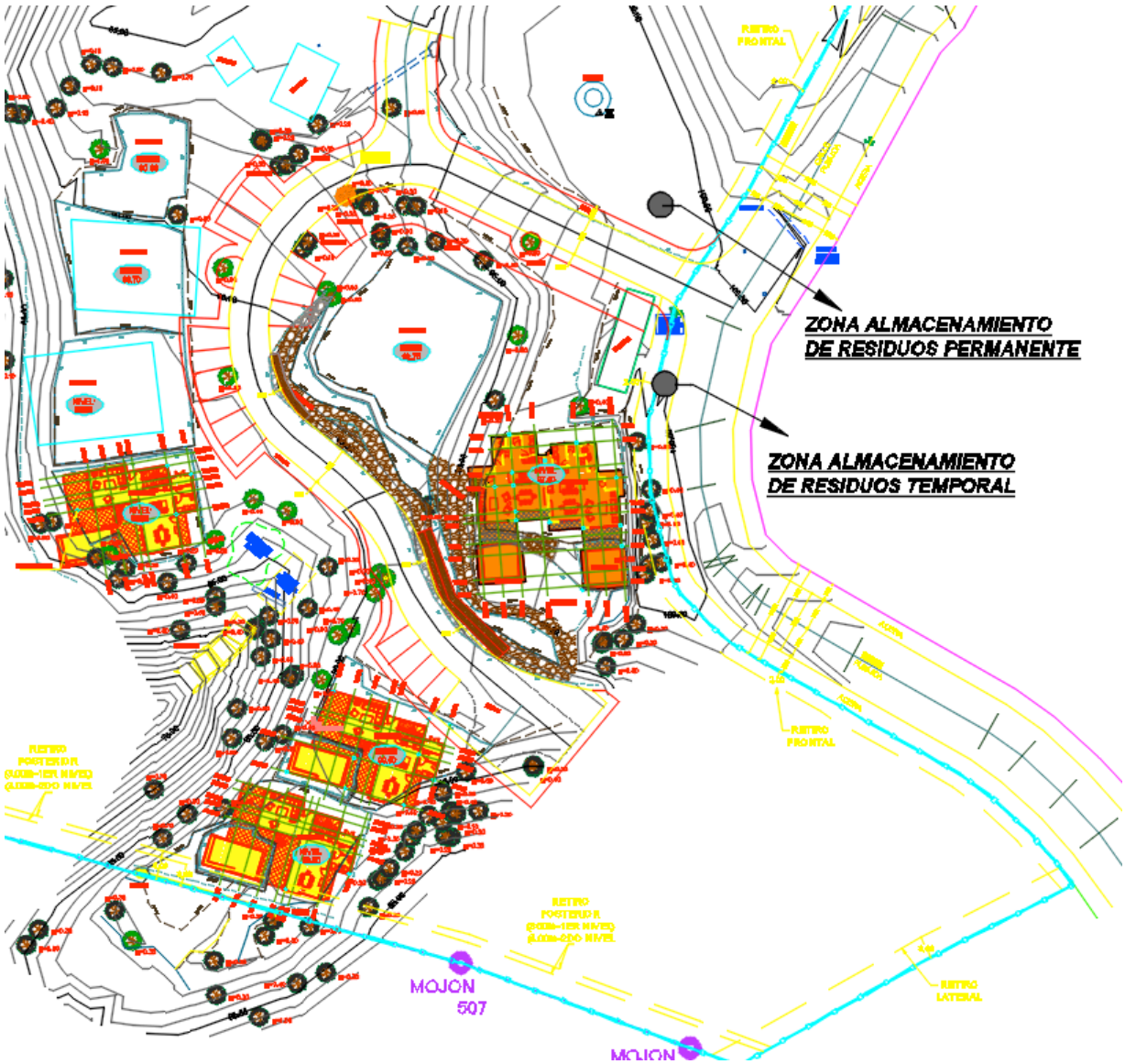


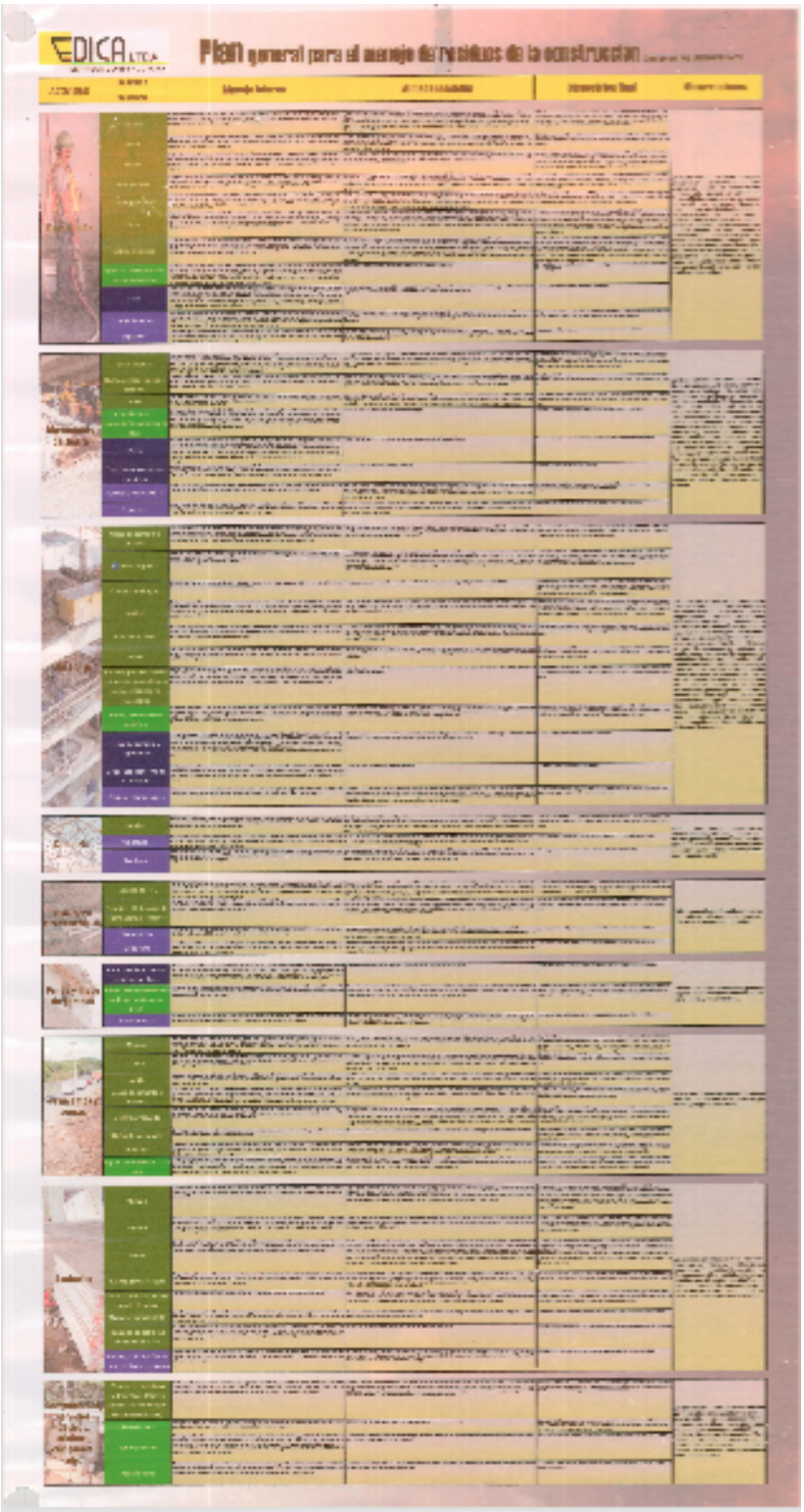
Diagrama de sitio completo.

Anexos

Se cuenta con un anexo el cual es:

- Anexo 1: Plan general para el manejo de residuos de la construcción, realizado por Esteban Vindas Arce.

Anexo 1


EDICA LTDA
Plan general para el manejo de residuos de la construcción

Referencias

Asamblea Legislativa de la república de Costa Rica, 1995. **LEY ORGÁNICA DEL AMBIENTE**. [Documento WWW] URL http://tecdigital.tec.ac.cr/dotlrn/classes/CO/CO5024/S-1-2015.CA.CO5024.1/file-storage/view/Apuntes/tema-14-

Fournier, E. 2002. **MANEJO INTEGRADO DE DESECHOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS POSTCONSUMO.** Costa Rica. Editorial UNED 64 p.

Gonzáles, K. 2007. **IMPLEMENTACIÓN DE LOS PROCEDIMEINTOS PARA EL MANEJO DE RESIDUOS EN LA EMPRESA EDIFICAR S.A**. Informe Proyecto de graduación para optar por el titulo de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, ITCR. Cartago 52 p.

Leandro, A. 2015. **MANEJO DE RESIDUOS EN SÓLIDOS**. Cartago. ITCR. Comunicación personal.

López, O. 2015. **FRAGILIDAD AMBIENTAL PARQUE MARINO BALLENA**. San José. Comunicación personal.

Lund, H. 1996. **MANUAL DE RECICLAJE**. México: McGraw-Hill, 317p.

Quesada, E & Salas, E. 2008. **DETERMINACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOSDE LA CONSTRUCCIÓN PARA CONDOMINIO HORIZONTAL**. Informe Proyecto de graduación para optar por el titulo de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, ITCR. Cartago 79 p.

Quirós, C. 2013. **ANÁLISIS COMPARATIVO DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN GENERADOS EN UN MISMO MODELO DE VIVIENDA CON SISTEMA TRADICIONAL VS DISEÑO MODULAR**. Informe Proyecto de graduación para optar por el titulo de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, ITCR. Cartago 81 p.

SETENA. 2008. **GUÍA AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN**. San José, Costa Rica. [Documento WWW] URL http://tecdigital.tec.ac.cr/dotlrn/classes/(Valerio Meléndez, 2009)CO/CO5024/S-1-2015.CA.CO5024.1/file-storage/view/Apuntes/tema-14-ambiental/Guia_Ambiental_para_la_Construccion%2e_Gaceta%2epdf

Tchobanouglous, G. 1994. **GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS**. España: McGraw-Hill, 607p.

Valerio, F. 2009. *Campaña de inducción a reciclaje, comisión institucional de reciclaje*. **ASAMBLEA LESGISLATIVA DE COSTA RICA** San José, Costa Rica. [Documento WWW] URL http://www.asamblea.go.cr/Centro_de_informacion/Comision_Reciclaje/Doc_Relevantes/Campaña%20de%20Inducción%20a%20Reciclaje.pdf

Vindas, E. 2007. **METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN Y EL MANEJO DE LOS RESIDUOS EN OBRAS DE INFRAESTUCTURA EN LA EMPRESA EDICA LTDA**. Informe Proyecto de graduación para optar por el titulo de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, ITCR. Cartago 70 p.