

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE GRADUACIÓN

**ANEXO TECNOLÓGICO DEL ANÁLISIS DE APLICACIÓN DE NEUMÁTICOS PARA
LA CONSTRUCCIÓN DE ANFITEATROS.**



PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

ARQUITECTA

EN EL GRADO DE LICENCIATURA

**PRESENTADO POR:
ALEJANDRA SOFIA GUIFARRO DIAZ**

**NÚMERO DE CUENTA:
20741116**

**PRESENTADO POR:
ANA ALEXANDRA DIAZ CERRATO**

**NÚMERO DE CUENTA:
20741083**

San Pedro Sula, 01 de noviembre de 2012, Honduras, Centroamérica



I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación está asociada con la falta de establecimientos, en la ciudad, para el desarrollo de actividades educativas y culturales. De igual manera procura ser una respuesta a la disposición de los neumáticos en la ciudad, debido a que estos han llegado a representar un problema ambiental y de salud pública. El producto de dicha disposición conduce a actividades como el almacenamiento en vertederos municipales y su quema. Ambas afectando el medio ambiente que nos rodea.

El principal propósito de estudio es la construcción con neumáticos para su aplicación al diseño de un anfiteatro. La obtención de información se lleva a cabo por medio de entrevistas, lectura de bibliografía y ejecución de pruebas pilotos. Así mismo, se determinan volúmenes de neumáticos desechados en la ciudad, puntos de distribución y la modulación adecuada para la gradería. De igual manera se definen las ventajas y desventajas del sistemas constructivo, que resulta en un factor determinante para su aplicación.

A partir de las pruebas pilotos se dictan los materiales y procedimientos para su aplicación en la construcción de la propuesta final del anfiteatro. De manera detallada se describen las pruebas realizadas, las hipótesis y conclusiones resultantes a partir de las mismas. Se analizan los distintos elementos de la construcción con neumáticos como ser la distribución, amarre, compactación, relleno de área interna, rendimientos. Finalizando en la conclusiones generadas a partir de dichas experimentaciones.



II. ANFITEATRO

1.1 REFERENCIAS INTERNACIONALES

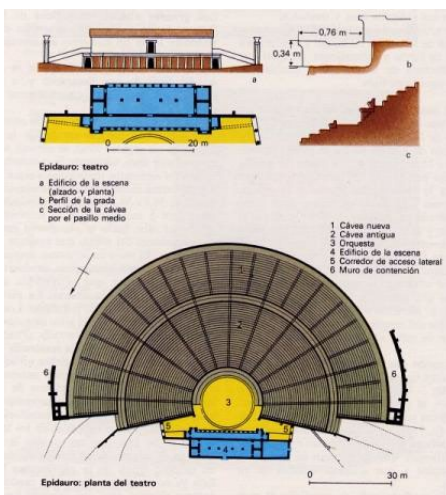
1.1.1 TEATRO DE EPIDAURO

Localizada en la región del Peloponeso, el teatro antiguo de Argólida fue edificado en el siglo IV a. C. Fue concebido por Policleto el Joven, arquitecto y escultor.



Imagen 1 Teatro de Epidauro (Espada, 2010)

Al ser ubicado al costado de la colina, el graderío se levanta aprovechando un desnivel natural del terreno que alcanza una altura de 24 m. y un diámetro de 120 m. (Buenaga, 2012). Tiene una capacidad de 12.000 espectadores, que podían ser 14.000 cuando se montaban graderías suplementarias.



Un elemento característico de dicho teatro es su magnífica acústica. Aprovechaba la orientación y la verticalidad del graderío.

Las paredes semicirculares actuaban como reflectores de sonido, de esa forma las ondas rebotaban reforzando el sonido directo llegando este a cuadruplicar la sonoridad en el espacio protegido por las gradas.

Ilustración 1 Planta y Secciones del Anfiteatro Epidauro

1.1.2 REGENT'S PARK OPEN AIR THEATRE

Ubicado en el Regent's Park, en la ciudad de Westminster en Londres. Fue fundado, en 1932, por *Sir* Robert Atkins y Sydney Carroll. Este teatro está rodeado completamente por áreas verdes; totalmente al aire libre, con excepción del bar que es la única área que se encuentra cubierta por la gradería. La parte posterior del auditorio se extiende a un nivel alto para formar un pasillo de entrada abierto. El teatro cuenta con la zona de camerinos, equipo técnico, taller de creación y mantenimiento de escenario y oficinas para equipo directivo.

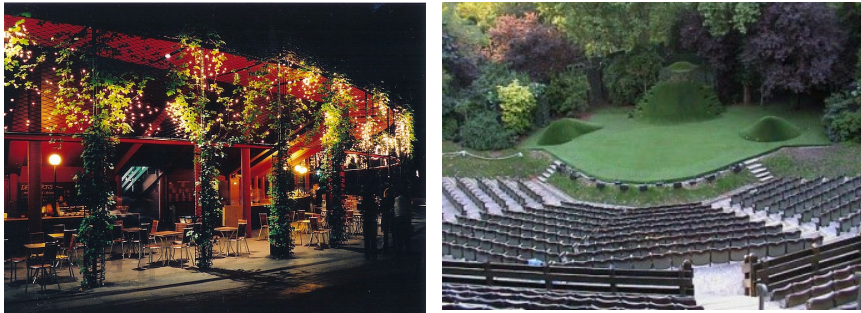


Imagen 2 Regent's Park Open Air Theatre

1.1.3 SYDNEY MYER MUSIC BOWL



Imagen 3 Sydney Myer Music Bowl

El Sydney Myer Music Bowl es un recinto de espectáculos al aire libre, ubicada en Melbourne, Australia. Fue inaugurado oficialmente en el 12 de febrero de 1959.

Unos de los aspectos más importantes de la edificación es su cubierta. Esta se compone de aproximadamente 600 paneles. Estos paneles son fabricados por un material que le

conoce comúnmente como “Alumpy” es básicamente un pedazo madera laminada comprimida entre dos capas de aluminio. Estos paneles están apoyados sobre una estructura de cables de acero. Apoyadas sobre mástiles de 21.30 metros de altura.

El área total cubierta es de 4,055 m². El proyecto fue diseñado por Yuncken Freeman y Griffiths and Simpson durante 1956. El edificio tiene capacidad para 2150 personas. Atrás de la gradería existe un área de césped en pendiente que puede acomodar 7,500 personas. El escenario es de 27.4 de ancho y 19.5 metros de fondo.

1.2 AUDITORIOS: REFERENCIAS NACIONALES

Actualmente en nuestro país no existe un anfiteatro; sin embargo se pueden encontrar diferentes espacios para el servicio de recitales, obras de teatro, etc. Entre ellos se encuentran los siguientes:

Teatros

Teatro José Francisco Saybe, San Pedro Sula

Teatro La Fragua, El Progreso, Yoro.

Auditorios

Auditorio Los Zorzales (SPS)

Auditorio del Centro Cultural Sampedrano

Auditorio Museo de Antropología, SPS.

Auditorio Centro Cultural Infantil /Centro de Artes Sampedrano, Col. Satélite, SPS

1.3 ACÚSTICA

1.3.1 ACÚSTICA EN ESPACIOS ABIERTOS

La acústica arquitectónica es una rama de la acústica aplicada a la arquitectura; estudia el control del sonido en lugares abiertos o en espacios cerrados. Con el objetivo de lograr un aislamiento y acondicionamiento acústico eficiente.

En los espacios abiertos el fenómeno más importante es la difusión del sonido. Las ondas sonoras son ondas tridimensionales, es decir, se propagan en tres dimensiones y sus frentes de ondas son esferas radiales que salen de la fuente en todas las direcciones.

Los griegos construyeron sus teatros, donde las obras dramáticas y las actuaciones musicales, en espacios al aire libre (espacios abiertos) y aprovecharon las propias gradas en donde se ubicaban los espectadores (gradas escalonadas con paredes verticales) como reflectores, logrando así que el sonido reflejado reforzase el directo, de modo que llegaban a cuadruplicar la sonoridad del espacio que quedaba protegido por las gradas.

Aplicaban en su diseño las leyes de la reflexión del sonido mediante los “*ekeas*”, especie de conos metálicos repartidos por las gradas que reflejaban la voz que les llegaba desde la escena, dirigiéndola hacia el público y reforzando la audición directa.

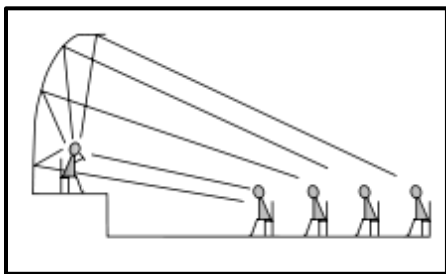


Imagen 4 Teatro moderno al aire libre, utilización de concha acústica.

En el anfiteatro se deben de utilizar paredes curvas, que eviten la menor pérdida de la cantidad de sonido y así focalizándolo hacia un mismo punto, esta pared curva generalmente es denominada concha acústica. En esta misma concha acústica se deberían de insertar paneles con propiedades reflectoras para facilitar el la dirección del sonido hacia donde se ubican los espectadores, ejemplo imagen 4.

Desde el punto de vista del diseño se debe analizar la dirección del viento. La temperatura tiene un efecto pequeño en la velocidad del sonido, al incrementar la temperatura del aire se incrementa la velocidad de la propagación del sonido.

Teniendo en cuenta que cuando el sonido se propaga en dirección contraria al viento, la onda sonora sube y se dispersa evitando la propagación correcta del mismo, mientras que cuando la dirección del viento coincide con la onda sonora, esta puede ser escuchada a grandes distancias, se considera la orientación de los vientos dominantes, de manera que estos sirvan como propagador del sonido, para ello se propone la ubicación de entradas de vientos al noreste que dirigen el viento hacia las graderías.

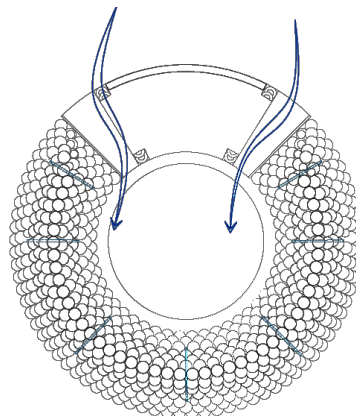




Ilustración 2 Propagacion del sonido por medio de los vientos dominantes.

1.4 ISÓPTICA

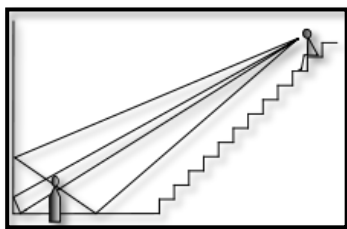


Imagen 5 Visualización sin obstáculos

Uno de los principales objetivos en un anfiteatro es que el sonido y la isóptica directa que llega a cada espectador no sea obstruida por los espectadores situados al frente. El diseño de la gradería se basa en la siguiente consideración, los ojos se encuentran 100 mm debajo de la parte más elevada de la cabeza, por lo tanto la inclinación del suelo debe ser tal que permita el paso visual por encima de la cabeza del espectador situado al frente.

La distribución circular del anfiteatro facilita la visualización del público a los diferentes puntos de visión, Considerando que la inclinación máxima admitida es 30° se procura mantener una inclinación que cree una visualización sin obstáculos.

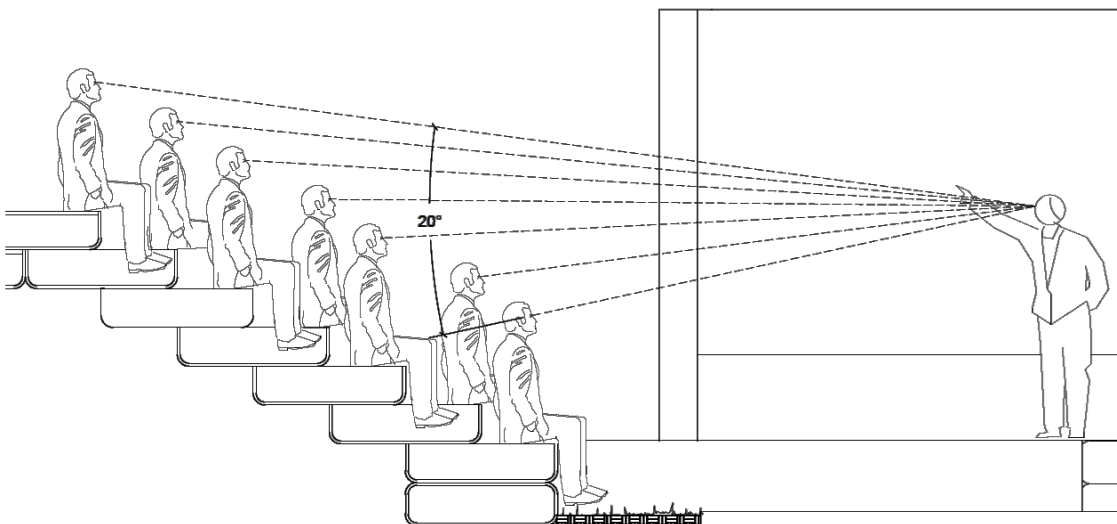


Ilustración 3 Isóptica en gradería de anfiteatro.

1.5 A
NTE
CED

ENTES TECNOLOGÍAS CONSTRUCTIVAS

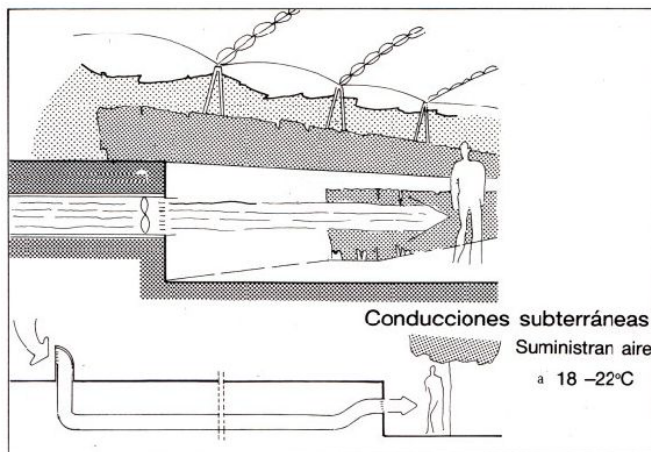
1.5.1 TUBERÍAS ENTERRADAS DE VENTILACIÓN

La ventilación natural es un mecanismo utilizado en climas cálidos para eliminar el exceso de calor de los espacios. La refrigeración natural se consigue a través de la combinación de la protección solar y el uso selectivo de mecanismos de ventilación que combinan la ventilación natural cruzada y la ventilación mecánica con refrigeración natural del aire.

Los sistemas semienterrados aprovechan el potencial del frío del terreno. En el interior del terreno siempre existe la misma temperatura, dependiendo de la zona, la profundidad e independientemente de la temperatura que haya en el exterior.

Aprovechando este principio, el sistema consiste en la instalación de tubos de PVC, bajo tierra, por los cuales circula el aire que entra del exterior a temperatura ambiente, que puede ser fría o calurosa. El aire a lo largo del recorrido cambia su temperatura hasta estabilizarse con la temperatura existente en el subsuelo.

Preferiblemente el tubo es enterrado a una profundidad de 1.20 m (como mínimo, si el suelo es de relleno) por el suelo de un jardín que tenga mucha vegetación y se encuentre en la parte norte del edificio. El aire es propulsado por un ventilador. Las posibilidades de utilizar este sistema además dependerá del tamaño y tipo de terreno, que podrán incidir en la mayor o menor facilidad de incorporar el sistema.



Este sistema es conocido también por el nombre de “pozo canadiense”. El pozo canadiense consiste en una serie de tubos, colocados a la profundidad deseada, que recorren una determinada cantidad de metros por debajo de la tierra, por los que circula aire, permitiendo que ocurra un intercambio de calor, entre el aire que circula y la tierra que lo rodea.

Imagen 6 Conducciones subterráneas (Asiain, 1992)

Al considerar la aplicación de la utilización de los tubos de ventilación para el diseño de la gradería del anfiteatro se consideran el siguiente parámetro:

- Definir método para producir la circulación del aire.

Al estudiar este aspecto se decide evaluar la circulación del aire hacia la gradería aprovechando el espaciamiento que se produce entre los neumáticos, en el tercer nivel de la gradería. Se propone la ubicación de 7 tubos de 6 pulgadas en el ancho de la gradería, de manera que estos capten los vientos del exterior y transportándolos hacia el interior de la gradería.

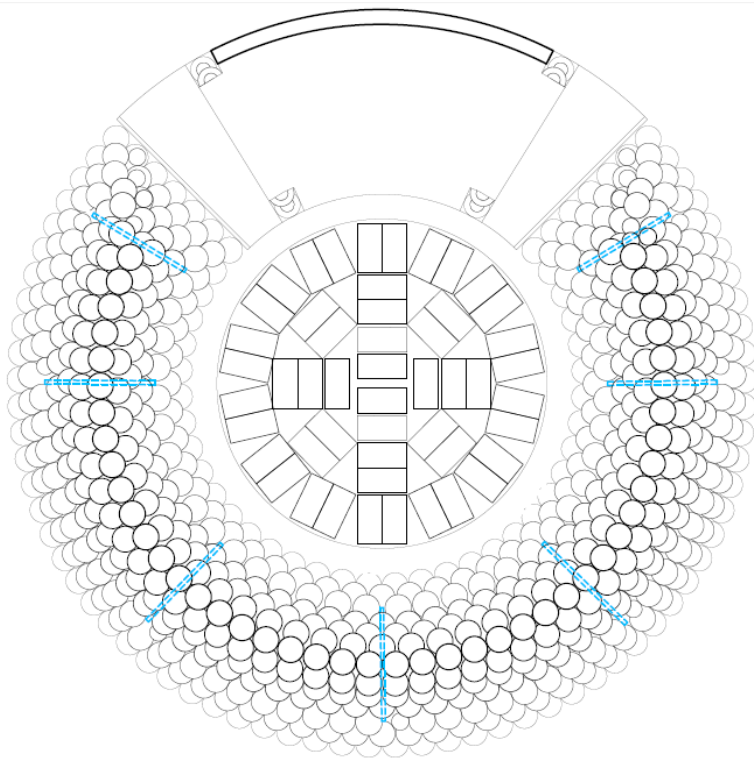


Ilustración 5 Ubicación de tubos de ventilación en gradería

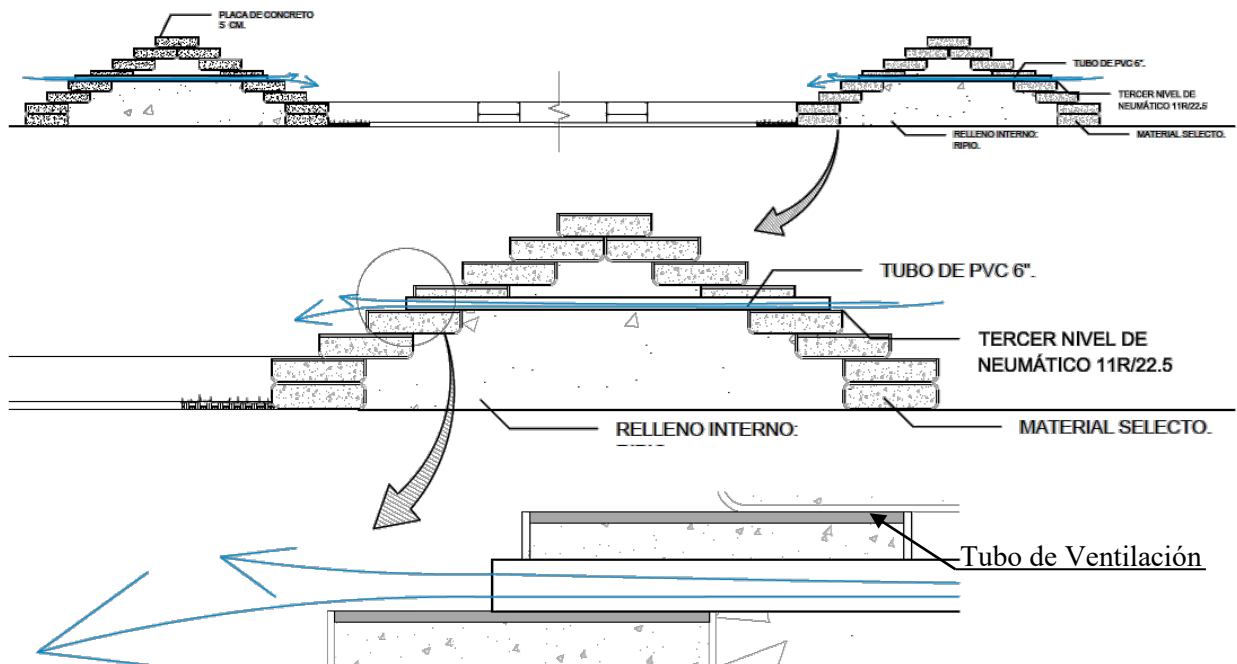


Ilustración 4 Tubos de Ventilacion en Graderia de Anfiteatro

1.6 ANTECEDENTES DE LA CONSTRUCCIÓN CON NEUMÁTICOS

Las estructuras de tierra apisonada han existido desde hace miles de años y se han encontrado información que data desde 200 antes de Cristo. Una vez terminada la Segunda Guerra Mundial, Estados Unidos enfrente una gran demanda de vivienda. Las fábricas se enfocaron en la producción de materiales de construcción que fueran de fácil aplicación en las construcciones. El apisonar tierra fue dejado de lado hasta los años 70; que dio inicio el auge de la conciencia por el medio ambiente.

Las construcciones con neumáticos con tierra apisonada son relativamente nuevas. En 1970, el arquitecto Michael Reynolds modifica la típica estructura de la tierra apisonada al utilizar neumáticos con tierra apisonada como ladrillos. El resultado de esta modificación son las edificaciones realizadas con materiales reciclados denominadas *Earthships*.

El "Earthship" es un modelo arquitectónico de vivienda autónoma desarrollado desde hace más de treinta años a partir de los trabajos originales del arquitecto Reynolds. El concepto de este tipo de edificación nace de un espíritu de reciclaje mezclado con la utilización de energías renovables, brindándole a la vivienda el carácter de autonomía respecto a las redes de electricidad, agua y residuos.

Además de las Earthships se puede ver la utilización de los neumáticos en la construcción de cisternas, muros de contención y jardineras. Así mismo los materiales que se obtienen tras el tratamiento de los residuos de neumáticos, se utilizan en la construcción de carreteras, lo cual disminuye la extracción de áridos.

Actualmente el utilizar neumáticos en la construcción es una opción que muy pocos adoptan, sin embargo inician a surgir proyectos que incorporan este material. La utilización de este sistema de construcción se inicia a ver en proyectos desde Europa hasta Haití. En Centroamérica se han llevado a cabo distintas edificaciones utilizando este sistema como base.

A continuación se presenta un breve registro de algunas importantes edificaciones construidas con la utilización de neumáticos en su sistema construido:

- Taos, New México (1970) Primera edificación realizada por Michael Reynolds "Thumb House". Sirve como base para la edificación del concepto de Earthship.
- Tegucigalpa Honduras (1999) Refugio construido después del Huracán Mitch.

- Guatemala (Febrero 29, 2008) primera construcción de vivienda con neumáticos.
- Puerto Príncipe, Haití, (Enero, 2010) Viviendas fueron realizadas para algunos de los ciudadanos afectados por el terremoto de Haití el 12 de Enero del 2010
- Tegucigalpa, Honduras (Agosto, 2010) Muro de contención.
- Guatemala (Abril, 2011) se realizó una vivienda para una familia ubicada en el área rural.
- Sierra Leone, África (Abril, 2011) Construcción de escuela.

1.6.1 EARTHSHIPS: INFORMACIÓN TÉCNICA

A manera de poder comprender la utilización de los neumáticos como elemento principal en la construcción, es necesario el estudio de los componentes de una Earthship, principal fuente de información acerca de la utilización de este material en la construcción. Cabe mencionar que existen diferentes tipos de Earthships, todas dependientes de la zona, presupuesto, habitantes y función; sin embargo todas se construyen bajo el mismo concepto.

1.6.2 CONCEPTO

El concepto original de Earthship se basa principalmente en cuatro elementos:

1. La orientación.
2. Utilización de neumáticos usados.
3. Utilización de energías poco contaminantes.
4. Instalación de sistemas de captación y almacenamiento de agua.

A continuación se realiza una breve explicación acerca de los cuatro elementos, considerando su aplicación para nuestro clima y territorio.

1.6.2.1 La orientación

Las Earthships se diseñan con una orientación hacia el sur, permitiendo la captación de luz y calor solar. Con la construcción de tres muros en las caras Norte, Este y Oeste. Considerando el clima de nuestra región y la importancia de la ventilación cruzada en nuestra arquitectura local, la orientación a considerar en nuestra

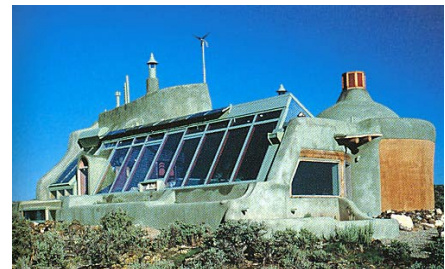


Imagen 7 Earthship

región sería la Noreste. La cara Sur de la vivienda queda expuesta al exterior con ventanas que permiten la entrada de la luz solar.

1.6.2.2 Utilización de Neumáticos Usados



Imagen 8 Muro de Neumáticos

Para la construcción de los muros maestros de la edificación, se utilizan neumáticos usados con tierra apisonada, estos neumáticos conforman apretados ladrillos de tierra encerrados en un sólido cinturón de goma. Los neumáticos están listos para ser reutilizados en la construcción sin alteración alguna. Se utilizan latas y botellas en las paredes interiores de la edificación.

1.6.2.3 Utilización de energías poco contaminantes

La utilización de energía solar para satisfacer las necesidades domésticas, hace posible la construcción de las Earthships en cualquier lugar por su independencia de las redes de abastecimiento habitual. Es importante considerar que la utilización de energía poco contaminante resulta una inversión alta al inicio de cualquier proyecto.



Imagen 9 Energía Solar en Earthships

1.6.2.4 Instalación de sistemas de captación y almacenamiento de agua.

El agua lluvia es atrapada en el techo, almacenada en cisternas subterráneas se filtra para el lavado y el consumo. Las aguas grises de la cocina y la ducha se reciclan y se vuelven a filtrar para ser utilizadas en los jardines y las descargas de los inodoros. Este proceso ayuda a disminuir los problemas generados por la escorrentía de agua pluvial. En regiones como la nuestra que la lluvia se da por temporadas, este sistema trabaja como un apoyo para el uso de agua de la red de abastecimiento local.

1.6.3 ASPECTOS PRINCIPALES

Según lo establecido por (Reynolds, Earthship Global Volume Operation 1 Tire Work, 2011), se presenta un breve resumen de los aspectos principales a considerar al utilizar neumáticos en el proceso constructivo de las Earthships y los criterios de ventilación y capitación de agua que aplican para nuestra región.

1.6.3.1 El Trazado

Como parte inicial del proceso de construcción, se realiza el descortezado requerida por el terreno. El suelo se excava a una profundidad necesitada que garantiza una superficie plana.



Imagen 10 Paso : Trazado

Una o dos pulgadas 2.5 a 5cm de la capa superficial se elimina de la obra de construcción y se almacena para que pueda ser utilizado como relleno. La materia orgánica, se conserva en abono para el uso de la jardinería post construcción.

Una vez realizada la excavación y el descortezado se realiza el trazado de la edificación de acuerdo al conjunto de planos realizados. La primera parte de la construcción del edificio es la más importante, resulta esencial revisar el trabajo realizado.

1.6.3.2 Ventilación

Las Earthships suelen utilizar su propio sistema de ventilación natural. Se compone de aire que entra a la edificación por medio de una torre de ventilación, hecho con el propósito de que este fluya a través de estas. A medida el aire caliente sube este sale y el aire frio entra, generando un sistema crea un flujo de aire constante.

Algunos tipos de Earthships tiene tres de sus cuatros lados soterrados lo cual permite que la estructura pueda tomar ventajas de la temperatura estable de la tierra. Los muros de carga de una Earthship, tienen dos finalidades, sostienen el techo y en segundo lugar proporcionan una densa masa térmica que absorbe el calor durante el día y lo irradia durante la noche, manteniendo el clima interior relativamente cómodo durante todo el día.

1.6.4 COLOCACIÓN Y APISONADO DE NEUMÁTICOS

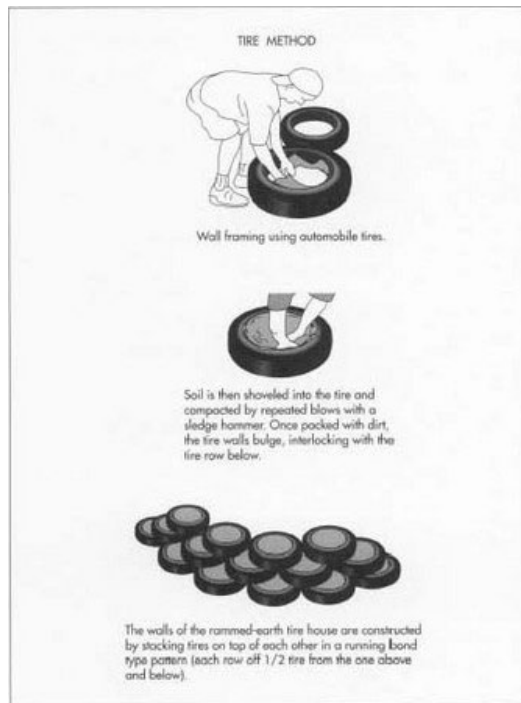


Imagen 11 Método de preparación y colocación de neumáticos. (Hall, 2012)

bolsas vacías de cemento pueden ser utilizados para rellenar los agujeros en los neumáticos y hacer que se contenga el material selecto en todas las filas.

La primera fila de neumáticos lleva doble capa de plástico de 0.15 mm en la base de cada neumático con el objetivo de evitar la humedad producida por la capilaridad, la ascensión del agua del subsuelo a través de las paredes de la construcción.

Se recortan piezas de plástico de 3'x 3' (76 cm *76 cm) y se ubican en la base del agujero del neumático (tamaño pasajero)

Al utilizar neumáticos como principal elemento constructivo, estos se deben ubicar en capas escalonadas similar a los bloques de concreto. Cada neumático es rellenado con material selecto compactado o tierra, a manera de que este se convierta en un bloque de tierra compactada encasillado en una faja de acero y caucho.

Un neumático rellenado con el material selecto pesa entre 250-300 libras (considerando que las neumáticos utilizadas son de pasajero común) debido a su peso una vez rellenado, se debe verificar el nivel y la ubicación inicial del neumático.

Al efectuar el llenado, se utiliza una almádana con el objetivo de apisonar el relleno creando más compactación en la tierra.

Cada neumático tamaño pasajero utiliza aproximadamente 3 carretillas de material selecto o tierra. Desechos de cartón y



Imagen 12 Proceso de Rellenado (Reynolds, Earthship Global Volume Operation 1 Tire Work, 2011)

utilizados en la primera fila. En la segunda fila en adelante se utiliza cartón en las bases de manera que la tierra compactada no se desborde. Debido a que ambos lados del muro de neumáticos con el tiempo será enterrado o cubierto por yeso, el cartón puede descomponerse sin afectar la estructura. Es importante aclarar que se debe humedecer el material para incrementar la compactación del mismo. Esto se realiza en las etapas finales de la compactación, no existe una cantidad específica de la cantidad de agua a utilizar para humedecer el material, esta se debe de aplicar en cantidades moderadas evitando la creación de un material limoso.

A continuación se presenta un gráfico de pasos básicos para apisonar el neumático. Nota: En primera fila se ubica el plástico.

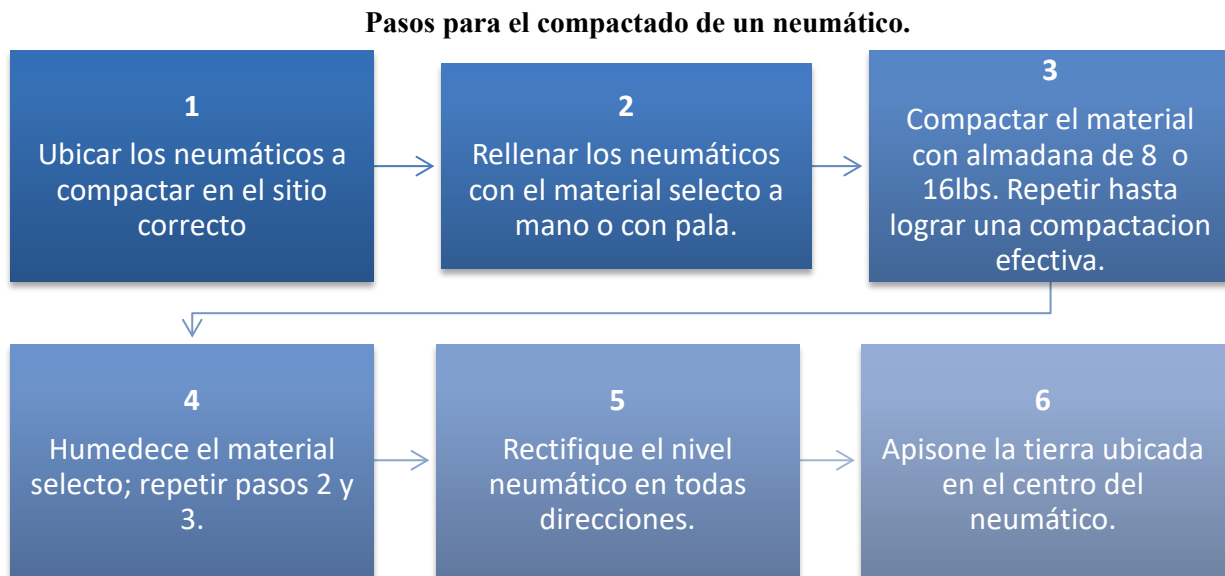


Figura 1 Esquema de pasos básicos para apisonar neumático

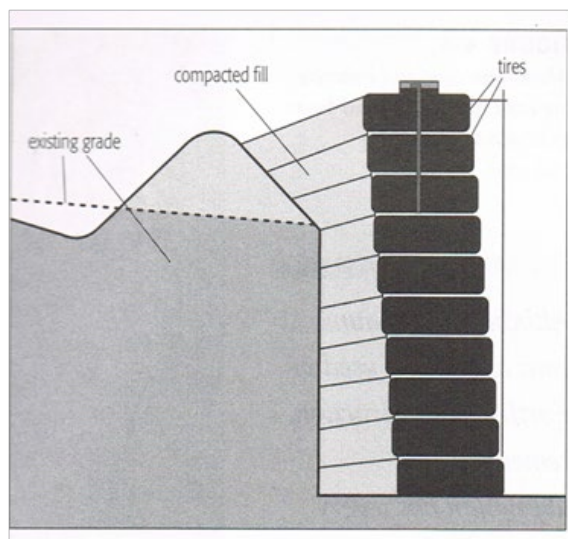
Fuente: Elaboración Propia, 2012

Los neumáticos con mayores dimensiones se utilizan en la parte inferior del muro, los de menor dimensión se utilizan en la parte superior de las paredes. En el caso de las Earthships generalmente se utilizan neumáticos 15s o 16s para las primeras filas.

Tabla 1 de Lista de neumáticos empleados en Earthships

Filas	Neumático
Primera fila	245 75 R15s ó 245 75 R16s
Segunda y tercera fila	245 75 R15s
Cuartas y quinta fila	235 75 R15s
Sexta y séptima fila	225 75 R15s
Octava y novena	215 75 R15s
Decima	205 75 R15s ó 215 75 R14s

(Elaboración propia, 2012)



**Imagen 13 Ejemplo de pared de neumáticos
(Chiras, 2000)**

Una de las ventajas de las Earthships es que la pared de neumáticos no requiere cimentación. Esto debido a que este tipo de tecnología constructiva trabaja por gravedad. Los muros de gravedad son muros con gran masa que resisten el empuje propio peso y con el peso del suelo en el que se apoya.

La pared se construye directamente en el terreno. El terreno debe de drenar de manera apropiada y soportar el peso de la estructura. Las paredes se alinean una a la vez. Según (Chiras, 2000) el tiempo requerido para construir una pared de neumáticos depende del tamaño de la edificación, la técnica y el número de trabajadores.

Usualmente las paredes de las Earthships se colocan en forma de “U” para mayor obtención de la luz solar (en países del Hemisferio Norte como ser Estados Unidos). Las paredes curvas en la Earthships proveen a la edificación máxima estabilidad estructural, como las piezas en un arco, los neumáticos se encasillan en su posición creando una pared resistente a las cargas laterales.

1.7 USOS

Además de ser utilizados para la creación de Earthships, los neumáticos tienen diversos usos en la construcción entre ellos se encuentran los siguientes: muros de contención, viviendas, refugios después de desastres naturales.

1.8 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

El uso de los neumáticos genera tanto ventajas como desventajas en nuestro entorno, para una mayor comprensión del sistema se exponen a continuación:

1.8.1 VENTAJAS

- La disminución de la acumulación de los neumáticos en los depósitos de basura.
- Se reduce la contaminación generada por la quema de este material.
- Se minimiza la propagación de enfermedades generada por la aglomeración de mosquitos que habitan en los neumáticos.
- Una nueva respuesta ecológica y accesible para la construcción de viviendas.
- Una estructura solida, resistente a terremotos.
- Se reutilizan los neumáticos dándoles un uso eficaz.

1.8.2 DESVENTAJAS

- Esta técnica intensiva de construcción requiere de más horas-hombre que las técnicas convencionales de construcción, dependiendo de cómo se utiliza el neumático.
- La recolección de neumáticos, requiere del transporte adecuado para su movilización.

1.9 EMPLEADO DE NEUMÁTICO EN LA CONSTRUCCIÓN EN HONDURAS

La utilización de neumáticos como material de construcción no se limita a la Earthships. En nuestro país, los neumáticos usados son empleados en numerosas aplicaciones tales como (Alvaro Cantanhede, 2002):

- Señalamiento de los costados de las carreteras
- Elemento de contención en parques y terrenos de juego.
- Jardineras
- Obstáculos para el transito

El uso de los neumáticos en la construcción de muros de contención es uno de las maneras más comunes de reutilizar los neumáticos usados. Un ejemplo de esto es el muro de contención en la Escuela Primaria Emmanuel en la Colonia “La Canaán “en Tegucigalpa, Honduras.



Imagen 14 Muro de contencion Escuela Primaria Emmanuel

El objetivo de este tipo de obras es de proteger terrenos inclinados. El tamaño del neumático es este tipo de obras no es específico. Los neumáticos resultan ser un material apropiado y de menor costo para la realización de este tipo de estructuras. El relleno de estos se puede efectuar ya sea con suelo cemento o con tierra. Estos muros se pueden elevar hasta una altura de 2 metros. En caso de construir un muro que supere los 2 metros de altura es necesario consultar primero a un técnico especialista o ingeniero calificado. Los neumáticos se apilan desplazando hacia la pendiente de 5 cm a 10 cm con respecto a la fila de neumáticos colocada abajo.

Generalmente al realizar este tipo de construcción se sella la última fila de neumáticos con placas 10 cm de grosor de mortero con acero de refuerzo (diámetro 0.5 pulgadas) para evitar los desprendimientos de estas últimas filas y brindar fuerza de tracción. La barra de acero de refuerzo es introducida adentro de los neumáticos con el fin de sujetar las placas de concreto con el muro de contención. Como cualquier tipo de construcción es necesario realizar el mantenimiento debido a la estructura. Especialmente al finalizar la temporada de lluvia, es importante revisar los siguientes aspectos y de ser necesario darles el mantenimiento requerido.

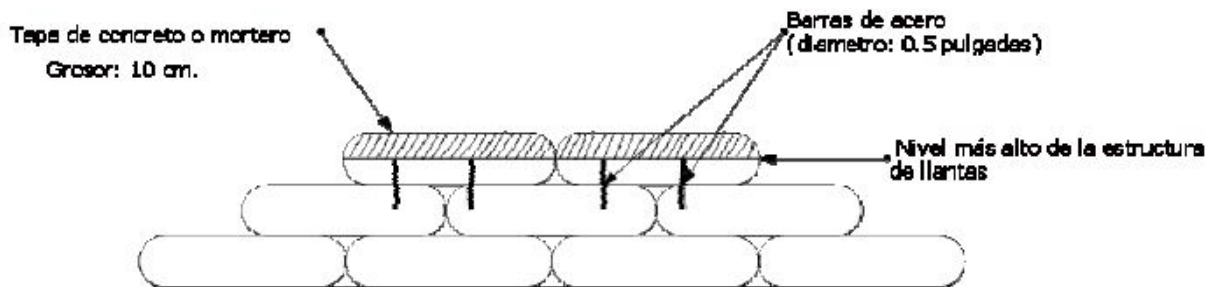


Imagen 15 Anclaje de Acero de Refuerzo

1. Revisar que los neumáticos no se hayan dislocado de posición.
2. Revisar que los cimientos no hayan recibido daños ocasionados por el agua.
3. Revisar que el relleno de atrás de los neumáticos no tenga irregularidades.
4. Revisar que el suelo cemento dentro de las neumáticos no esté lavando.

III. METODOLOGÍA

2.1 VARIABLES

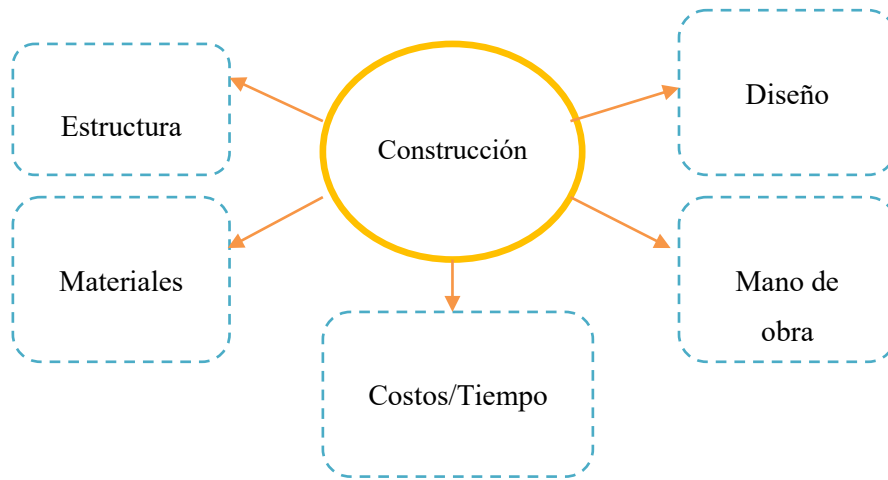


Diagrama 1 Relación entre Variable Dependiente e Independientes.

(Fuente: Elaboración Propia, 2012)

2.1.1 VARIABLE DEPENDIENTE

- **Constructiva:** La variable dependiente es la *Constructiva*, porque de ella se definen tanto el diseño, la estructura y el material a emplear.

2.1.2 VARIABLES INDEPENDIENTES

- **Estructura:** Esta variable es rígida en el aspecto que nos limita a la modulación de los neumáticos.
- **Materiales:** se realiza una clasificación de los materiales aptos a ser implementados en un proyecto bioclimático.
- **Diseño:** La utilización de los materiales con el objetivo para lograr un confort, ambiente agradable para el ser humano, y a su vez lograr un atractivo visual.
- **Costo/Tiempo:** Análisis para verificar la factibilidad de los materiales en relación a la razón beneficio costo.
- **Mano de obra:** Se desprende de costo/tiempo ya que define pauta para el tiempo de construcción igualmente relacionada con razón beneficio costo.

2.2 PRUEBA PILOTO #1

El pre-experimento se diseña para estudiar el comportamiento y factibilidad de utilizar material de relleno en el interior de la estructura en lugar de colocar neumáticos en su interior. Así mismo se analizan las cantidades de material, mano de obra y herramientas necesarias.

Para efectos de este proyecto, se le denomina “fila” a la distribución o serie de neumáticos colocados en línea; “nivel” al conjunto de dos filas de neumáticos apiladas en la misma posición. El pre-experimento consta un cuadrado de 4.24x3.18 mts 5 filas verticales y 3 horizontales. Los 5 niveles que resultan en una altura final de 2.30 metros.

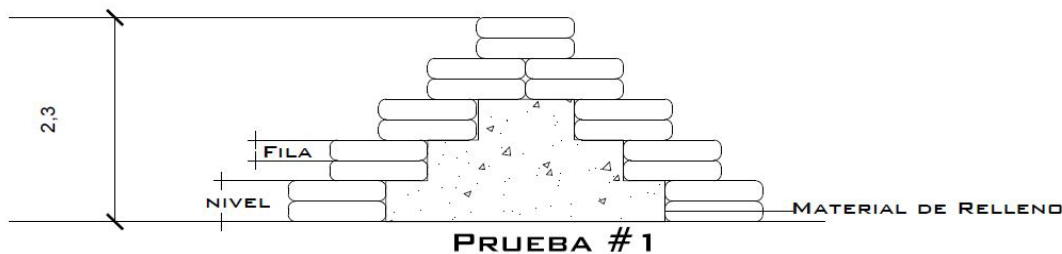
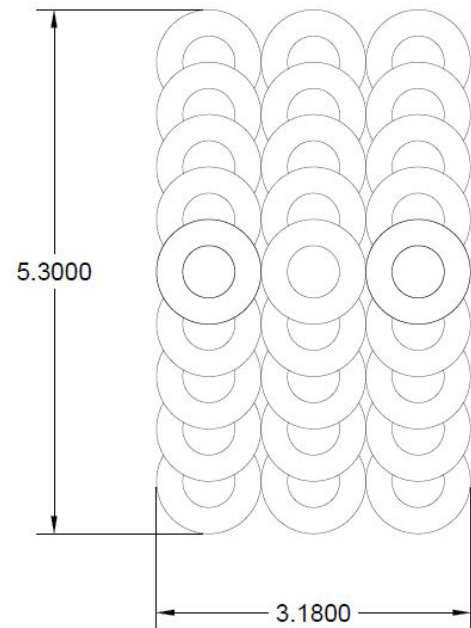


Ilustración 7 Seccion de Prueba #1

Isométrico de gradería

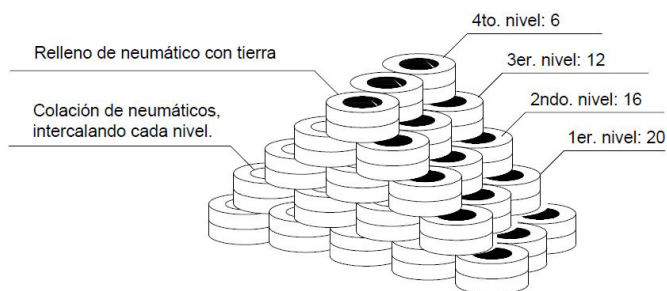


Ilustración 8 Isométrico de graderia

Con el propósito de presentar otra opción de relleno interno y minimizar las cantidades de material y mano de obra, se propone un relleno interno de material compactable.

2.2.1 MATERIALES

Para la elaboración de esta primera prueba se realiza una investigación de cada material y sus puntos de obtención dentro de nuestra ciudad.

2.2.2 NEUMÁTICOS

El neumático es una pieza de caucho que se coloca en las ruedas de diversos vehículos y máquinas. Según su construcción existen tres tipos de neumáticos: diagonales, radiales y auto portantes. Generalmente tienen hilos de acero que los refuerzan. Dependiendo de la orientación de estos hilos, se clasifican en diagonales o radiales. Los de tipo radial son el estándar para casi todos los automóviles modernos.

Los tipos de neumático con mayor abundancia en la ciudad de San Pedro Sula y las que por sus características resultan más factibles al diseñar la propuesta de diseño son los siguientes:

- Pasajero (Carros pick up, sedan, Van)
- Camión

Cada neumático de camión tiene un peso de 250-300 lbs. por neumático. En esta categoría anteriormente mencionada, los neumáticos más accesibles en los comercios que brindan este producto son las siguientes:

- 295 75R 22s (dimensiones: 43” de diámetro interno y 9” de ancho)
- 295 11R 24s (dimensiones: 40” de diámetro interno y 9” de ancho)
- 11R 22.5 (dimensiones: 40” de diámetro interno y 11” de ancho)

Actualmente, los neumáticos sin uso son acumulados o desechados en la basura por los talleres de automóviles; siendo estos de carácter gratuito para los interesados en su obtención. En consecuencia de lo anteriormente mencionado, para la recolección de los neumáticos únicamente se requiere el transporte adecuado para su movilización al sitio del proyecto.

A partir de la realización de un sondeo en algunos de los puntos de obtención de los neumáticos usados se determina un aproximado de la cantidad de neumáticos desechados en la ciudad. A continuación se presenta un listado de los resultados del sondeo realizado.

Tabla 2 Tabla de puntos de obtencion de neumáticos

Nombre	Ubicación	Tipo de Neumático	Cantidad desechadas al mes
Llantera Canaán	15 Calle Ave. Circunvalación	Pasajero	15 al mes
Taller Mecánico Vásquez	15 Calle Ave. Circunvalación	Pasajero	Aprox. 135
Econo Llantas	11 y 12 calle 10 ave S.E	Pasajero	28
Llantera Jireh	11 y 12 calle 10 ave S.E	Pasajero	Aprox. 162
Llantas Rines	11 y 12 calle 10 ave S.E	Pasajero	60
Collanta	Ave. Juan Pablo II, 12 calle S.E	Pasajero	40
Llaymas	Ave. Juan Pablo II, 12 calle S.E	Pasajero	Aprox.108
Econollantas 2	Sunseri. Ave. Juan Pablo II	Camión	20
Rey Llantas	Sunseri. Ave. Juan Pablo II	Pasajero.	40
Total de Neumáticos desechados:			608

(Fuente: Elaboración propia, 2012)

El total de neumáticos desechados por los establecimientos locales sondeados es de 608 neumáticos. En cuanto a la fuente de suministro fuera de la ciudad, existe la Tela Railroad Company la cual desecha aproximadamente 20 neumáticos (tamaño 11R 22.5) mensualmente.

2.2.3 CARTÓN

La obtención del cartón para ser empleado como base en el relleno de los neumáticos, se puede llevar a cabo por medio de una recolección en los supermercados de la ciudad. Estos desechan, en gran escala,

cajas de cartón, en la mayoría de los casos estas son vendidas a los interesados. El precio de una caja de cartón esta oscila de cuatro a cinco lempiras por caja. Sin embargo existen supermercados que ofrecen este material de forma gratuita.

La adquisición de las cajas de cartón se puede efectuar en los siguientes supermercados:

- Supermercado Junior (Ave. Junior)
- Supermercado Junior (Bo. Suyapa)
- Bodega Supermercado Colonial (Col. Prieto)
- Bodega Supermercado Colonial (Ave. Circunvalación)
- Comisariato Los Andes
- Supermercados La Antorcha
- Supermercado La Colonia

Para la realización de una recolección eficaz se recomienda efectuarla a tempranas horas de la mañana.

2.3 ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DE PRUEBA PILOTO #1

Lugar: Universidad Tecnológica de Centroamérica (Unitec)

Condiciones:

- 2 Ayudantes de Mano de obra.
- Material Selecto muy arenoso
- No se contaba con almádanas para la compactación.

A continuación se definen las etapas del proceso de construcción.

2.3.1 ACARREO DEL MATERIAL

Al calcular y establecer la cantidad de material necesitado es necesario el traslado del material al sitio del proyecto. Para el acarreo de los neumáticos es importante detallar que una volqueta de 5m³ puede transportar una cantidad máxima de 46 neumáticos de camión. La ayuda, mínima, de dos cargadores es indispensable para colocar los neumáticos en la volqueta, cuando no exista una máquina para su

colocación. Si los neumáticos no se utilizaran de manera inmediata o pronta, lo correcto es guardar los neumáticos preferiblemente en espacio con la ventilación apropiada o cubrirlas con toldos.

El acarreo del material de relleno, se puede efectuar ya sea en volquetas de 5m³, 10 m³, 12 m³ y 14 m³. La más conveniente para la ejecución de este pre experimento es de 2 viajes de 10 m³.

2.3.2 TRAZADO, DESCORTEZADO Y NIVELACIÓN



Imagen 16 Nivelacion del Terreno

El descortezado del terreno es necesario para preparar el lugar de la construcción. Se retira todo tipo de basura, maleza y escombros que interrumpen la construcción. En el trazado se toman las medidas de la estructura del ensayo y se marcan sobre el terreno. Es recomendable que el trazado se ejecute entre 2 o tres personas. Se colocan estacas en las orillas de lo que será la estructura, creando un “marco” indicando el espacio interior en

donde irán ubicados los neumáticos, este marco se delimita con la colocación de hilo para que este sea

2.3.3 DISTRIBUCIÓN DE NEUMÁTICOS

tomado como referencia para la nivelación y colocación de los neumáticos en las siguientes etapas. La nivelación es una parte crucial del proceso, se toma como referencia las estacas e hilo anteriormente colocado para su elaboración.

Al finalizar las etapas anteriores se inicia la distribución de los neumáticos en el terreno según lo establecido para las pruebas. Es fundamental considerar y verificar la buena distribución de los neumáticos tanto horizontal como verticalmente. Una vez colocado estos se sujetan de sus lados con alambre de amarre. Dos metros lineales de alambre de amarre son sujetan un par de neumáticos.



Imagen 17 Distribución de Neumáticos

2.3.4 COMPACTADO DE MATERIAL

Inicialmente se carga una carreta para tener un registro de la cantidad de las mismas que requiere un neumático para su relleno. Al mismo tiempo se debe estar colocando plástico en el hueco de la primera fila de neumáticos. Una vez lista la carreta con el material, se coloca una parte del material en el neumático. Lo primero a realizar es la compactación de la tierra en el hueco interior del neumático, una vez resuelto el hueco del neumático resulta más fácil el compactado restante.



Imagen 19 Plástico para evitar capilaridad

Para el pre-experimento la compactación se efectuó sin herramientas. Con un nivel se revisa que los lados del neumático estén a un mismo nivel y evitar la sobre compactación de alguno de sus lados. El material de relleno utilizado para la compactación es un material denominado como material pétreo mixto o comúnmente llamado como

arenón, mezcla de arena, tierra y grava de lecho de ríos o quebradas. Se utilizaron las piedras del relleno para crear peso en el interior de los neumáticos y el relleno interior de la estructura.



Imagen 18 Compactación del Neumático

2.3.5 COLOCACIÓN DE CARTÓN

Al finalizar la compactación de la primera fila de neumáticos se coloca el cartón, para evitar el desprendimiento del material de relleno. En ocasiones fue considerable la colocación de dos capas de cartón para evitar los desprendimientos de los espacios intercalados entre neumáticos del primer y segundo nivel.

2.4 CONCLUSIONES DE PRUEBA PILOTO #1

Por medio de la construcción de esta primera prueba se descubrieron detalles importantes de los materiales y métodos utilizados para dicha experimentación. A continuación se presentan conclusiones de este ensayo.

Tabla 3 de Conclusiones Prueba Pilloto #1

#	Condición	Efecto	Conclusión
1	Falta de clasificación de los neumáticos	Estética y nivelado de la estructura	Clasificar los neumáticos por su tamaño y estado de su banda de rodamiento.
2	Falta de cama de apoyo como base.	Nivelado en filas.	Realizar una base de 5cm de material selecto como mínimo para brindar una base solida a la estructura.
3	Material Selecto Arenoso.	La compactación resulta ineficiente y el material carece de compactibilidad. Las piedras grandes en el material crean espacios de aire en la compactación.	El material debe ser libre de materia orgánica, su agregado grueso no deberá de fracturarse cuando se sature de agua, debe ser compactable.
4	No se utilizo almadana para la compactación	El estado final del neumático carece de solidez.	Compactar con almadana de 8 o 16 libras.
5	Cartón para la retención del relleno es ineficiente.	Afecta el relleno de los neumáticos ubicados a los extremos de la estructura, falta de estética.	Investigar un mejor sistema de retención del relleno de los neumáticos.

6	Alambre de amarre por exterior se corroe fácilmente	La estética y la estabilidad de los neumáticos durante el relleno y compactación.	Investigar otro material para su aplicación como amarre.
---	---	---	--

Fuente: (Elaboracion Propia, 2012)

2.5 HIPÓTESIS DE EXPERIMENTO

Con la realización de un pre-experimento surgen conclusiones, preguntas e hipótesis que dirigen la forma más adecuada para el empleo de los materiales y herramientas. A continuación se enumeran las preguntas, que surgen a partir del pre-experimento, de acuerdo a la etapa de construcción:

➤ Trazado, descortezado y Nivelación Inicial

1. ¿Es conveniente realizar un relleno de material selecto con un mínimo de 5 centímetros de espesor en el área de colocación de la primera fila de neumáticos?

Hipótesis: El relleno de material selecto de 5 centímetros de espesor ayuda al control de nivelación.

➤ Clasificación/Distribución

1. ¿Cuál es la mejor manera de hacer la clasificación de los neumáticos?
2. ¿Qué tipo de clasificación es más adecuada para cada nivel de los neumáticos?

Hipótesis: Los neumáticos se deben clasificar por su tamaño y el estado de su banda de rodamiento.

➤ Nivelación Secundaria y Compactación

1. ¿Qué características puede tener el material de relleno de compactación?

Hipótesis: El relleno debe ser libre de material orgánico, piedras mayores de 6 pulgadas, de fácil compactación, que al humedecerse no de posibilidad de escurrirse con facilidad.

2. ¿Qué rendimiento tiene una persona al compactar un neumático completo, en comparación a un neumático sin su cara superior?

Hipótesis: La compactación de un neumático sin perfil superior es más rápida.

3. ¿Qué consecuencias trae cortar la cara superior del neumático?

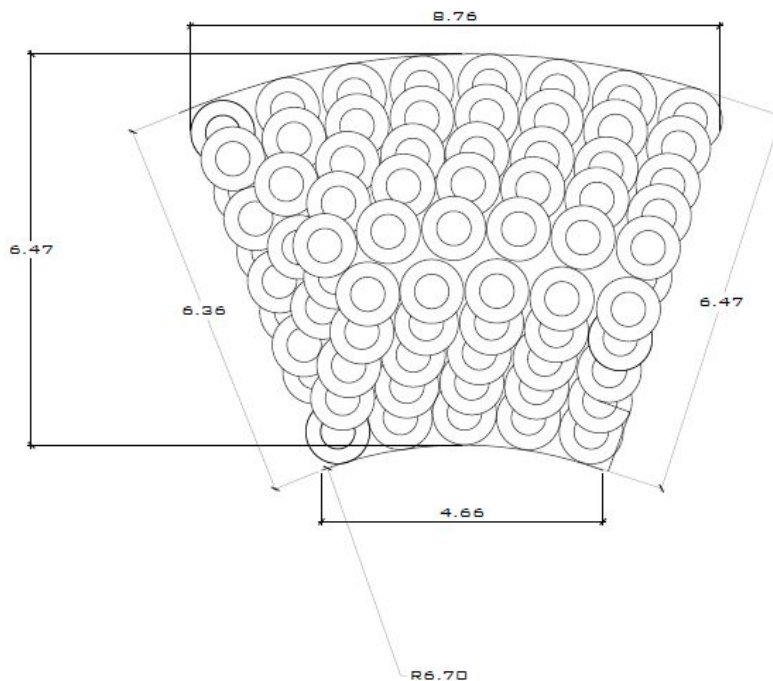
Hipótesis: Al cortar la cara superior se corre el riesgo modificar la altura y diámetro del neumático.

2.6 PRUEBA PILOTO # 2

Una vez determinadas las conclusiones e hipótesis del previo experimento, se realiza un segundo experimento. Como se menciona anteriormente el objetivo de los experimentos es para evaluar la cantidad de material, rendimientos de mano de obra y herramientas necesitadas en el proyecto.

Por medio de la realización de ellos se estudia la ejecución del proceso constructivo. Al desarrollar dichas pruebas se puede comprobar o realizar cambios en el diseño final. La distribución de este segundo experimento es distinta en comparación con la primera. Los neumáticos se distribuyen en una curva, con un radio de 6.70 mts.

El experimento en su fila horizontal inicial cuenta con 5 neumáticos, en su fila posterior con 8. Sus laterales son cubiertos por 6 neumáticos.



Lugar: Hacienda Tara, Colonia El Barrial.

Condiciones:

- Material Selecto para realizar compactación de relleno de neumáticos y relleno interno de estructura.
- Cuadrilla de 6 personas
- Almádanas para la compactación
- Neumáticos de distintos diámetros y estado.

Ilustración 9 Planta de Experimento

Al igual que la primera prueba, las etapas en el segundo experimento son las mismas, enumerados continuación:

1. Acarreo de los materiales.
2. Descortezado, trazado y nivelación.
3. Distribución de los neumáticos.
4. Amarre de neumáticos.
5. Compactación de neumáticos.
6. Compactación del área interna de estructura.

2.6.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES



Imagen 21 Colocación de Estacas

Una vez realizado el acarreo de los materiales necesarios se procede a la realización de las actividades preliminares. Inicialmente se efectúa el descortezado, trazado y nivelación del terreno. Con una cinta métrica se mide el área del experimento y se colocan estacas en los puntos esenciales (esquinas y radios).



Imagen 20 Medición del terreno

Antes de realizar la base de la estructura se nivela el terreno utilizando una cinta métrica y una manguera con agua para lograr un nivelado eficaz. Una vez realizado el nivelado se inicia el descortezado del terreno y la creación de la cama de apoyo.

En este caso, dado a que el terreno es irregular resulta necesario realizar una base de 20 centímetros. Al finalizar las actividades preliminares, se ubican las niveletas en los extremos del terreno. Estas ayudan a



Imagen 22 Nivelado

mantener el mismo nivel en los neumáticos. Así mismo las niveletas delimitan el área de distribución de los neumáticos.



Imagen 23 Niveletas en Terreno

2.6.2 DISTRIBUCIÓN

La distribución es una actividad, la cual se realizó con una cuadrilla de dos personas, formada por el maestro de obra y un ayudante. Para la distribución de 21 neumáticos, se tomo 15 minutos.



Imagen 24 Distribución de Neumáticos



Imagen 25 Distribución de Neumáticos

En la distribución, se debe tomar en cuenta el estado de los neumáticos, en ellos se debe considerar el aspecto de su banda de rodadura; es necesario dejar todo daños y desgaste orientado hacia el área interior de la estructura.



Imagen 26 Desgaste orientado hacia área interior

Antes de dar continuación con la siguiente actividad se experimenta el corte de los perfiles superiores de los neumáticos.

2.6.3 CORTES

Con el propósito de minimizar el tiempo de compactado de unos neumáticos se estudia la posibilidad de cortar el perfil superior de los mismos. Al realizar los cortes las herramientas utilizadas fueron: una caladora (hoja Makita 132 mm) y un taladro. Seguidamente se describen los distintos intentos.



Imagen 27 Caladora

2.6.3.1 Corte de 3 pulgadas

Este primer intento se realizó en un neumático radial. El proceso tomo 40 minutos, debido a que el neumático tiene refuerzo de acero en su interior. Se utilizaron dos hojas para su elaboración.

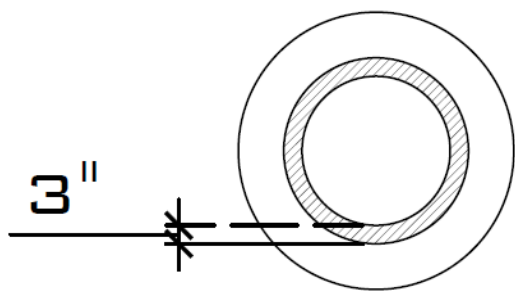


Ilustración 10 Corte del neumático a 3" de aro interior.



Imagen 28 Corte de 3 pulgadas de aro interior.

2.6.3.2 Corte de 7 pulgadas

En este segundo corte se experimentó con la utilización de distintas herramientas de corte. Inicialmente se utilizó un machete y la ayuda de un martillo, lo cual requirió demasiado esfuerzo. Se realizaron agujeros con un espaciamiento de 1" en el diámetro a cortar. Seguidamente se determinó utilizar una pulidora con disco para cortar cerámica y una pulidora con disco de fibra, pero con ambas herramientas no se obtuvo el éxito deseado. Al final, se retomó la caladora; el corte tomó 2 minutos. La diferencia se debe a que el neumático no contenía acero, sino lona en su interior.

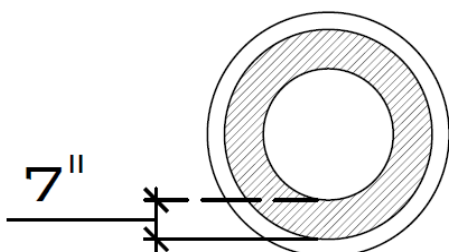
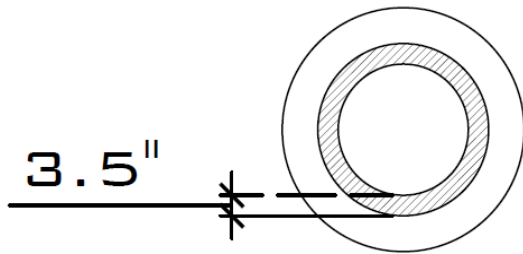


Ilustración 11 Corte del neumático a 7" de aro interior.



Imagen 29 Corte de 7 pulgadas de aro interior.

2.6.3.3 Corte de 3.5 pulgadas



El
terc
er
cort
e se



realizo con la caladora, tomo 3 minutos. Al igual que el neumático del corte 2, este tiene refuerzo de lona. Al final se determinó que el corte de 3" es el preferente porque deja una distancia razonable en la cara del neumático para evitar que este con el peso ceda o se lave el material de relleno.

Ilustración 12 Corte del neumático a 3.5" del aro interior.

Al obtener estos resultados en los cortes de los neumáticos, se realiza una nueva investigación acerca de la estructura interna de los neumáticos, su tipo y los materiales que la conforman. A partir de esto se descubre que lo siguiente:

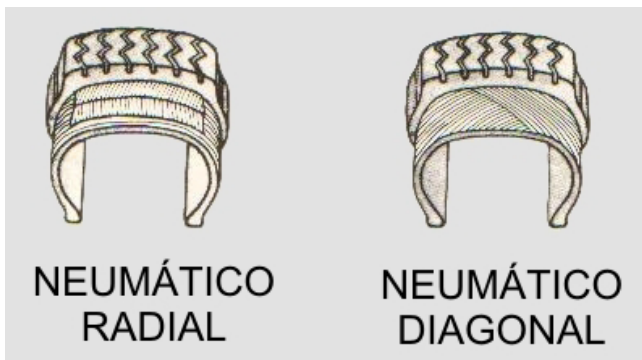


Imagen 31 Tipos de Neumáticos

Existen dos tipos de neumáticos: el radial y el diagonal. Los neumáticos radiales, comúnmente encontrados en el mercado y los utilizados para la prueba piloto, contienen acero en lo ancho de su banda de rodamiento. Como se puede ver en la imagen.

La banda de rodamiento esta reforzada por cuerdas de acero, dejando un espacio en la orilla con menos cantidad de acero, lo cual facilitaría el corte con

una caladora. Comprendiendo estos, se realiza un corte en la orilla del neumático, retirando enteramente su costado superior.

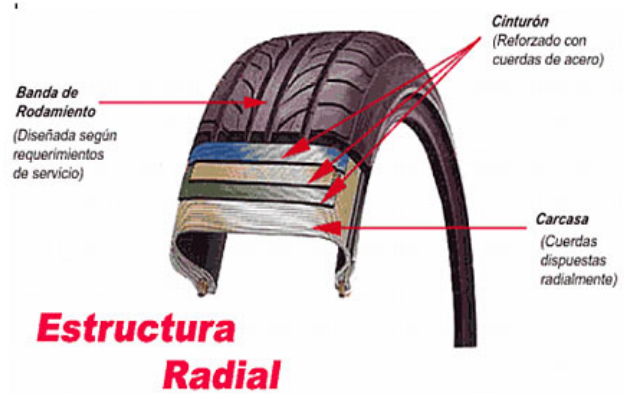


Figura 1.1 Partes del neumático radial
Fuente: Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE)

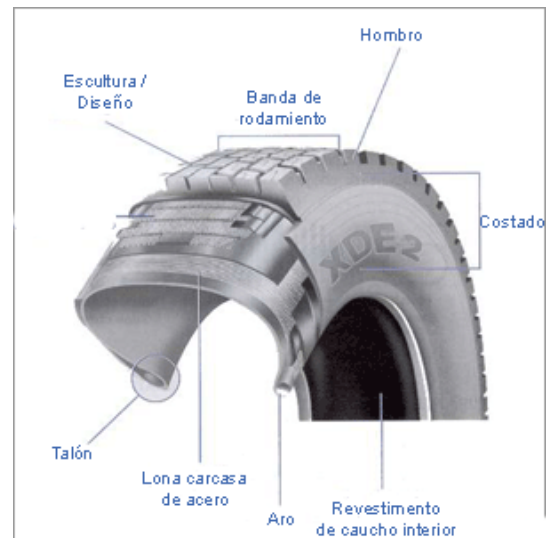


Imagen 32 Estructura Radial

Imagen 33 Estructura interna del neumático

La banda de rodamiento está reforzada por cuerdas de acero, dejando un espacio en la orilla con menos cantidad de acero, lo cual facilitaría el corte con una caladora. Comprendiendo estos, se realiza un corte en la orilla del neumático, retirando enteramente su costado superior.



Imagen 34 Corte de costado superior de Neumático

Este corte se efectuó en 4 minutos, no se presentó desgaste en la hoja de la caladora. El llenado y compactado de este neumático tiene una duración de 6 minutos; un neumático sin su costado superior toma en total 10 minutos para su corte y compactación. Al realizar este corte se altera la altura de final del neumático, este una vez rellenado tiene una altura de 26 cm.

Al final se pueden ver los distintos efectos que se obtienen al realizar cortes en distintas distancias del neumático. En conclusión, este último corte es una solución y alternativa para la construcción con

neumáticos; con él se disminuye las horas-hombre, mano de obra y tiempo de duración de la obra y se crea más espacio de asiento para gradería. Esta experimentación se ejecutó al finales de la construcción de la prueba piloto razón por la cual se no aplicaron los resultados a la prueba construida.

2.6.4 AMARRE

A diferencia de la primera prueba, en este caso se utilizo alambre galvanizado # 12; 65 centímetros cada gancho de amarre. Las herramientas necesarias para realizar el amarre son las siguientes: taladro con una broca de 3/8” para hierro, alicate, punzón. A continuación se muestran las ventajas y desventajas de los tipos de amarre.

Tabla 4 Tabla de ventajas y desventajas del amarre interior y exterior

Amarre	Ventajas	Desventajas
Amarre interior	• Compactación más eficiente. • Menos utilización de material.	• Mayor tiempo de amarre.
Amarre exterior	• Mayor rapidez.	• Mayor utilización de material. • No atractivo visual. • Compactación superficial en el área de amarre.

(Fuente: Elaboración Propia, 2012)



Imagen 35 Realizacion del agujero de amarre interior

Realizar el amarre interior con lleva una serie de pasos a seguir, a continuación enumerados:

1. Marcado de guías para agujeros; simultáneamente se realizan los ganchos de alambre de amarre.
2. Taladrar neumático.
3. Colocación del gancho de amarre.

Se realizan las guías de manera que estas sirvan como guía para la elaboración de los agujeros en donde se colocará el gancho de amarre. Con una cinta métrica se miden 20 cm en los perfiles del neumático y se marcan con un lápiz o marcador.



Imagen 36 Guía para Agujeros



Imagen 37 Gancho de alambre de amarre

Una vez realizada la guía, se inicia con el taladro a perforar el neumático; se moja la broca para evitar el desgaste de esta. Simultáneamente, se realizan los ganchos de amarre, estos pueden ser de alambre de amarre o sogas. Para efectos de esta experimentación se utilizó alambre de amarre galvanizado calibre 12. Cada actividad (excepto el marcado de las guías) se lleva a cabo por dos personas, en

total con una cuadrilla de 4 personas. En conclusión crear los orificios y realizar el amarre toma 4 minutos por neumático.



Imagen 38 Amarre interior



Imagen 39 Fajas Plasticas

suficiente para realizar el cierre de la faja.

En busca de otra opción para el amarre de los neumáticos, experimento utilizando distintos materiales que pudiesen servir de remplazo al alambre galvanizado. Se tomo en cuenta que esta material debe ser resistente a la intemperie (sol y lluvia), de fácil manejo y preferiblemente de bajo costo. Entre los materiales utilizados para la experimentación esta las fajas plasticas. Se utilizaron fajas de 15" (38.1cm). Se aplicación resulto ser ineficiente debido a que al efectuar el amarre la longitud de la faja no era



Imagen 40 Cordon Plástico

Se utilizo también el cordón plástico, comúnmente utilizado para el recubrimiento de sillas plásticas. Aunque este material es resistente a la intemperie, no resulto útil para la experimentación, debido a que el material se estira, lo cual podría crear problemas de estabilidad en la distribución de los neumáticos.

Seguidamente se utilizo sogas de nylon, el inconveniente con este material se encuentra al realizar el agujero con el taladro. Debido al calor desprendido por el roce del neumático con el taladro, el diámetro del agujero se reduce, lo cual dificulta introducir la soga de nylon.

Se investigo acerca de un material utilizado para hacer trasmallas llamado traya, esta soga es resistente al agua salada y a los rayos del sol, cumple con los requisitos necesarios para la aplicación al proyecto, sin embargo se vende únicamente por rollo de 600 pies con un precio total de 600 lempiras. En conclusión, el material que más aplica para su utilización en la prueba piloto es el alambre de amarre galvanizado.

2.6.5 COMPACTACIÓN

La compactación es la actividad de mayor laboriosidad en la obra, en ella se debe siempre tener en cuenta el nivel del neumático. Se inicia con el traslado del material por medio de una carretilla hasta la ubicación del neumático a compactar.



Imagen 41 Colocación del material

Con una pala se coloca el material selecto en el interior del neumático a rellenar. Una vez con suficiente material se inicia a compactar con una almadana de 16 libras.



Imagen 42 Compactacion con Almadana

A manera de facilitar la compactación, se utiliza una barra para abrir el interior del neumático, lo cual brinda más espacio para la introducción de la almadana. Para cada neumático se necesita 4 carretas de material selecto, finalizando la compactación se derrama agua en el material para que este la absorba, disminuya su altura y se efectué una compactación más eficiente. Una vez finalizada la compactación, se revisan los niveles del neumático para asegurar la misma altura en el neumático. La altura final de un neumático (sin corte) compactado es de 30cm.



Imagen 43 Utilizacion de la barra y almadana en compactación



Imagen 44 Nivelado de compactación



Imagen 45 Humedeciendo el material

2.6.6 RELLENO DE ÁREA INTERNA

El relleno del área interna se efectúa por capas. Antes del inicio del relleno se ubican recuadros de geotextil (55 cm x 30 cm). El geotextil deja fluir el agua sin provocar el desprendimiento del material selecto. Este se coloca en las uniones de dos neumáticos.



Imagen 46 Geotextil en estructura

Al estar colocados todos los trozos de geotextil, se inicia el relleno del área central. Esta actividad se ejecuta por medio de capas. La actividad se lleva a cabo por una cuadrilla de 6 personas divididas de la siguiente manera: 1 persona rastrillando y 1 persona apisonando y 4 realizando el movimiento de material selecto ó 3 personas realizando el movimiento de tierra y 2 apisonando y 1 rastrillando el material.



Imagen 47 Ejecucion del relleno del área interna de estructura



Imagen 48 Panorámica de área interna rellena de material selecto.

De la misma manera que la compactación, se humedece el material selecto con el objetivo de realizar una buena compactación del material. Se sugiere realizar las investigaciones necesarias para estudiar la utilización de desechos de construcción como material de relleno interno de la estructura.

2.6.7 COLOCACIÓN DE SEGUNDA FILA DE NEUMÁTICOS, PLACA DE CONCRETO.



Una vez finalizado el relleno del área interna se inicia con la colocación de la segunda fila de neumáticos, esta fila servirá como los primeros asientos de la gradería. Esta se ubica encima de los neumáticos anteriormente colocados, se repiten las actividades anteriormente descritas, amarre, compactación y relleno de área interna.

Efectuadas estas actividades se inicia con el vertido del concreto para crear la

Imagen 49 Segunda fila de neumáticos

Diagrama 2 Pasos para elaborar placa de concreto
placa de concreto que servirá como asiento.

2.6.8 RELLENO DE HUECO EN LATERAL DERECHO DE ESTRUCTURA.

Para evitar el desprendimiento del material del relleno interno, se rellena (Propia, 2012) los huecos del lado derecho de la estructura utilizando botellas plásticas y latas de aluminio recicladas. Se utiliza mortero para crear una base para las latas y botellas (esta última puede ir rellena de bolsas plásticas o basura.) Estas se ubican en distintas posiciones siempre procurando que el área de la tapadera de al interior del hueco. Estos pasos se repiten hasta relleno el hueco en su totalidad.



Imagen 50 Concepto inicial.

Diagrama 3 Pasos para el relleno de hueco en lateral derecho de estructura.



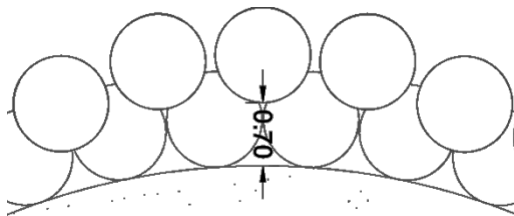
Imagen 51 Resultado Final

2.6.9 COLOCACIÓN DE SEGUNDO NIVEL Y RESULTADO FINAL

Una vez secas las placas de concreto o se inician con la distribu



ción de los neumáticos del segundo nivel. Para este segundo nivel los neumáticos se modularon tomando en cuenta una distancia de 70cm a manera de crear un espacio de circulación en la gradería.



**Imagen 52 Colocación de Fila
de Segundo Nivel**

Ilustración 13 Modulaci3n de 2 Nivel

Sin embargo, con esta modulaci3n el neumático se apoya m3s en el material de relleno del 3rea interna que en el neumático inferior. Al efectuar los siguientes niveles se retoma la modulaci3n a 50 cm. Al analizar la altura final que tomara la estructura y el 3ngulo de inclinaci3n que se crea al utilizar dos filas de neumático por nivel se decide en que cada nivel tenga una sola fila de neumáticos. A continuaci3n en las im3genes se observa el progreso de la construcci3n.



Imagen 53 Progreso de Construcci3n



**Imagen 54 Utilizaci3n de neumáticos de
distintos tamaños**

El resultado final es una gradería para 25 personas, con una altura final de 2.40 metros. En la cual en ocasiones se utilizaron neumáticos de diferentes tamaños para solventar problemas de cierre entre los neumáticos.



Imagen 55 Resultado Final

2.7 ANÁLISIS DE PRUEBAS PILOTO

A partir de la realización del experimento se concluye con el análisis de los rendimientos de la cuadrilla de trabajo. La cuadrilla de trabajo con el que se llevo a cabo el experimento se conformaba por 6 personas, de las cuales se desprendieron dos equipos de tres personas cada uno. Sin tener en consideración las actividades preliminares, a continuación se exponen el análisis y tiempos estimados de las actividades de la experimentación. Las actividades a estudiar son las siguientes: distribución, amarre y compactación de neumáticos, relleno de área interna de estructura y fundido de la placa de concreto.

2.7.1 TIEMPOS

Por medio de las observaciones realizadas se determino lo siguiente:

Las actividades de distribución, amarre y compactación son actividades que se realizaron en un mismo día. En la compactación de los neumáticos, se toma en cuenta que el rendimiento inicial de un obrero es de 25 minutos por neumático. A medida se avanza en las labores el rendimiento disminuye, sin embargo el tiempo estimado de compactación de un neumático no sobre pasa los 35 min. Con una cuadrilla de 6 personas se compactan, 18 neumáticos al día.

En la compactación de un neumático se requieren 2 personas una colocando el material de compactación y el segundo compactando con la almádana. En conclusión, un obrero compacta 3 neumáticos por día. El rellenado del área interior, se ejecuta por capas, cada capa tomando 1 ½ hora para su rellenado el total de capas en un área de 9.50 m² es de 3. Esta actividad se ejecuta con una cuadrilla de 4 personas, de forma manual. Es importante detallar que los materiales de relleno están ubicados próximos al proyecto lo cual reduce los tiempos de ejecución. A continuación se presenta una tabla en la cual se resumen los tiempos de las actividades.

Tabla 5 Tabla de Tiempos en Actividades

Actividad	Unidad	Cantidad	Cuadrilla	Tiempo Total
------------------	---------------	-----------------	------------------	---------------------

Distribución	Neumático	21	Cuadrilla de 2 (Maestro de obra+ 1 Ayudantes)	15 min
Amarre	Neumático	21	Cuadrilla de 4 (Maestro de obra+ 4 Ayudantes)	1 hora 20 min
Compactación	Neumático	18	Cuadrilla de 6 (Maestro de obra+ 4 Ayudantes)	1 día
Relleno de área interna	M3	1	Cuadrilla de 6 (Maestro de obra+ 4 Ayudantes)	25.2 min
Fundicion de Placa de Concreto	Placa	1	2 Personas (2 Ayudantes)	6 min.

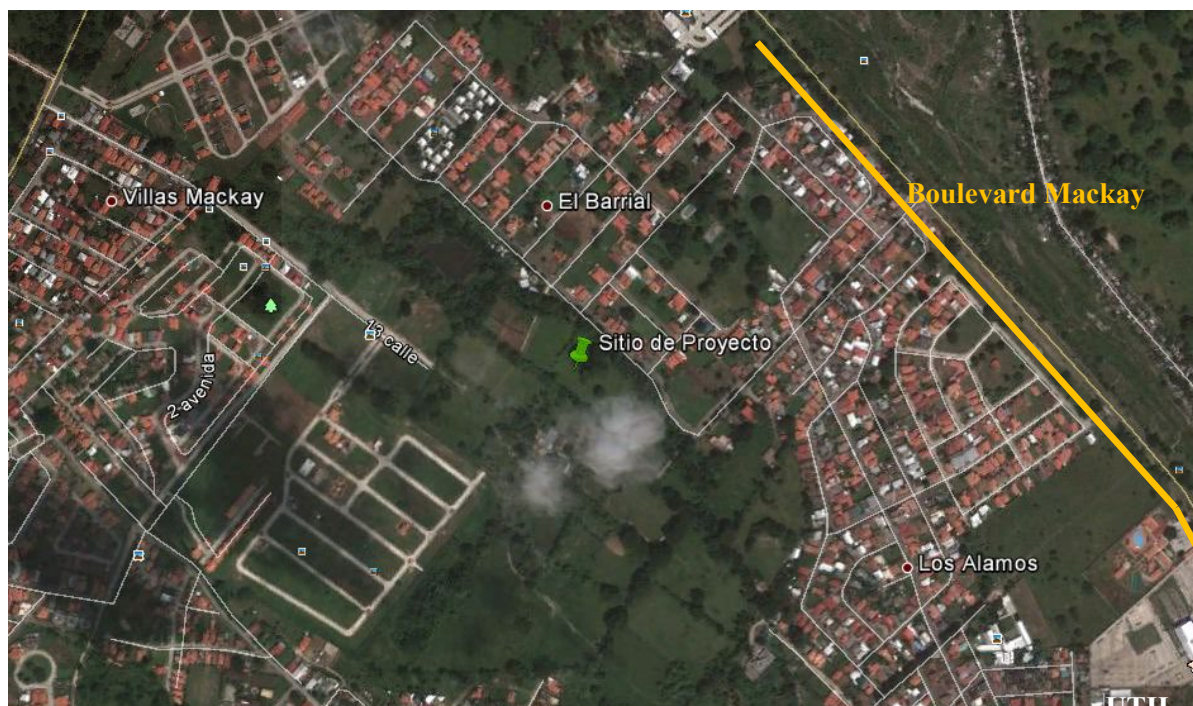
(Fuente: Elaboración Propia, 2012)

Considerando estos tiempos, se puede manifestar una fila de neumáticos toma 1 día y medio para su completacion. Al realizar una estimación, sin considerar posibles imprevistos, la construcción de una estructura de 10 filas (5 niveles) deberá tomar 15 días en total, con una cuadrilla de 6 personas.

IV. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 LOCALIZACIÓN

El proyecto del auditorio con neumáticos será desarrollado dentro el complejo de Techos Verdes en la residencial El Barrial, ubicada en la zona nor-oeste de San Pedro Sula. El Barrial tiene colindancia al nor-oeste con Altia Bussines Park, al sur-este con Los Álamos, al sur-oeste con Villas Mackay.



Fuente: (Google Earth, 2012)

Imagen 56 Localizacion del Sitio del Proyecto

El terreno está ubicado frente a la calle principal de El Barrial con una topografía poco accidentada, con un área de 70% plana, habrá que realizar diversos trabajos de nivelación y cortes de taludes con objeto de obtener los niveles de desplante de proyecto previo al inicio de su edificación, con su correspondiente consolidación de acuerdo a requerimientos técnicos y arquitectónicos necesarios que permitan liberar la envolvente de desplante del auditorio y áreas exteriores así como la construcción de los muros de contención y colindancia correspondientes.

El complejo de Techo Verdes cuenta con una plaza comercial bioclimática, salones, cafetería, hospedaje de cabañas bioclimáticas, área de acampar, cancha de fútbol, áreas educativas con ambiente natural, desarrollo de huertos urbanos, y para expandir sus espacios al servicio de la comunidad se propone un anfiteatro con capacidad para 300 personas.

El complejo estará dando servicio tanto a las residenciales colindantes, como a escuelas y centros educativos que necesiten y no disponen de espacios abiertos y de concentración masiva para efectos de aprendizaje.





Fuente:

Figura 57 Sitio del Proyecto

(Google Earth, 2012)

2.8 ZONIFICACIÓN

Para efectos de distribución y diseño de los espacios necesarios para el auditorio, la Gerencia de Planificación y Desarrollo Urbano de la municipalidad de San Pedro Sula, considera los siguientes retiros según el uso y la zona del proyecto:

Tabla 6 Tabla de Retiros de Construcción

Retiros de Construcción	
Retiros	Metros
Frontal	4.50
Laterales	2.50
Profundidad	4.00

Fuente: (Urbano, 2004)

2.9 CONCEPTO DE DISEÑO

El proyecto consiste de un anfiteatro al aire libre con capacidad para 300 personas, con el objetivo de convertirse en un espacio de actividad educativa y cultura para la exposición de obras teatrales, musicales, conciertos y demás eventos artísticos.

El diseño del anfiteatro se proyecto tomando como inspiración principal la expresión del ser humano en su totalidad. En la expresión podemos encontrar los siguientes aspectos:

- Arte: Pintura, forma, textura, colores, contraste.
- Oratoria: Volumen, emoción, lenguaje.
- Música: Ritmos, sonidos, volúmenes.
- Danza: Secuencia, movimiento, fluidez, ritmos.

Incorporando estos elementos en la arquitectura, nos damos cuenta que todos los aspectos anteriormente mencionados son arquitectura en sí. La Arquitectura es la expresión de los elementos que rodean al ser humano, tiene como objetivo la utilidad, comodidad e identidad con el espacio.

El concepto de diseño del anfiteatro, parte del sistema constructivo Earthship al emplear los neumáticos como principal elemento en la construcción. El proyecto se base en tres elementos importantes para su proyección: reciclaje de materiales, comodidad del ser humano y arquitectura bioclimática.

Se toma como elemento principal la curva y el círculo, evitando los trazos rectos ya definidos por los contenedores usados en el proyecto. Los espacios giran en torno a la monumental gradería del anfiteatro, siendo está cubierta por taludes de vegetación que la protegen de la erosión y brindando un efecto visual que atrae al ojo humano.

Las circulaciones representan la fluidez en el movimiento del baile y la música. Los túneles cubiertos por vegetación, introducen al público en un espacio místico y agradable que se abren ante la llegada de este hacia las entradas de la gradería; por las cuales fluye la ventilación proveniente del noreste la cual se introduce al anfiteatro por medio de las aperturas de la pared del escenario alterno expandiendo el sonido hacia las graderías. Los vitrales, en esta última pared, permite el acceso de la luz natural produciendo un efecto resplandeciente lleno de color y creatividad.

2.10 ANÁLISIS DE ÁREAS

La finalidad del proyecto es la realización del diseño de un anfiteatro; basándose en los espacios de un auditorio. Lo cual requiere un estudio detallado de las áreas que requiere este último. Según lo establecido por (Plazola, 1994), el programa arquitectónico de un auditorio cuenta con cinco diferentes zonas, seguidamente mencionadas:

1. Zona exterior
2. Zona administrativa
3. Zona de gradería
4. Zona de camerinos
5. Zona de servicios generales

A continuación se determinan los respectivos espacios para cada zona de acuerdo a las necesidades presentadas en el proyecto.

1. Zona Exterior

- Acceso
 - Del público
 - De actores y personal
- Estacionamiento

2. Zona Administrativa

- Recepción y control

3. Zona de asientos

- Vestíbulo de acceso
- Gradería
- Escenario
- Sanitarios

4. Zona de camerinos

- Acceso a camerinos
- Vestíbulo
- Camerinos individuales para hombre y mujeres

5. Zona de servicios generales

- Bodega general
- Bodega de mantenimiento

2.10.1 DESCRIPCIÓN DE ÁREAS

En relación con esto último se describen a continuación cada uno de los espacios con el objetivo de alcanzar un mejor entendimiento de las actividades y uso que se llevan a cabo en cada espacio.

1. Zona exterior

Acceso

Su ubicación seguirá un orden según la función que realizara la persona que asiste al evento. El acceso se divide en tres tipos: principal, secundario y vehicular. El acceso principal está dirigido para el público en general, el acceso secundario sirve a los actores, músicos, empleados técnicos, servicio de limpieza, etc. El acceso principal es por donde accede el público en general. El acceso de vehículos, en este caso ya está construido. Es importante establecer el acceso para las personas discapacitadas, así mismo dedicar un mínimo de 2% de los asientos para dichas personas. Los accesos deben estar debidamente iluminados y facilitar la movilidad del público.

2. Zona administrativa

Recepción y control

Se localiza seguidamente del vestíbulo, como mínimo se realizan dos taquillas. Es controlada por un taquillero y su superficie es de aproximadamente de 5 m². Cuenta con mostrador para caja y maquina de boletos. Es importante diseñar evitando que las filas de espera de la compra de boletos no obstaculice el paso en general.

3. Zona de asientos

Vestíbulo de acceso

Espacio por donde el público ingresa y permanece por determinado tiempo antes de la representación. Este espacio permite la correcta interrelación entre las áreas del público sin que existan interferencias.

Gradería

Cada espectador debe ver el escenario por encima de las cabezas de los que están en frente. Existen métodos para obtener esta curva isóptica haciendo uso de trazos gráficos.

Circulaciones

Según, Vitrubio en su libro, “*Los Diez Libros de Arquitectura*”, la circulación en el interior del anfiteatro debe ser seguida, recta, sin curvas, ningún obstáculo y sin problemas para que el público no sufra de apreturas.

El ancho mínimo que deberá de haber en las circulaciones de la gradería será de 1.10 m cuando sirvan a dos filas de asientos y de 0.60 m en los que dan a un muro las salidas.

Escenario

Espacio escénico para los actores o intérpretes y el punto focal para el público. Puede consistir de una plataforma a menudo elevada. Su diseño depende del tipo de teatro a diseñar, en este caso existen dos tipos, la arena principal (denominada escenario central) y el escenario alterno. El escenario central es rodeado por la gradería brindando así un contacto directo con la representación cultural; mientras que el escenario alterno servirá para el desarrollo de otras actividades de manera simultánea. Para la construcción del escenario central se debe considerar un material resistente a la intemperie, se sugiere la creación de una losa de concreto 1:2:3 (repellada y pulida) con una inclinación del 1% para el drenaje del agua lluvia. Una alternativa mas económica, es la creación de una losa rellena de material selecto compactado sellada por una capa de concreto de 10 cm máximo mínimo 5cm.

Servicios sanitarios

Deberán de ser para hombre y mujeres. El número será según la cantidad de espectadores, Se ubican de manera separada por medio de trampas que eviten la visibilidad al interior. Como mínimo se deben realizar 1 inodoro por cada 100 personas. La prioridad principal en ellos debe ser la fácil circulación. Para dicho proyecto los baños se construirán con contenedores de 2.40 mts de ancho y 6.10 mts de largo. Estos son elevados del nivel del suelo, para evitar los efectos de la humedad, así mismo sus paredes son pintadas con pintura anticorrosiva. Para elevar los contenedores se pueden utilizar bases de concreto de

0.40*0.45cm. Una solución más económica para las bases de los contenedores se utilizaran neumáticos rellenos de material selecto y sellado con una placa de concreto. En el interior de los baños se utiliza tabla yeso para la separación de los inodoros y urinarios (en el caso de baño de hombres). Estos deben ser pintados con pintura anticorrosiva. El piso de madera (original del contenedor) debe ser cubierto por cerámica de 0.40cm x0.40cm

4. Zona de camerinos

Acceso a camerinos

Deberá de estar separado del acceso del público.

Vestíbulo

Espacio con amplias dimensiones para dar fluidez al desplazamiento de actores y personal.

Camerinos

Es el espacio previsto para los artistas y demás personal. Locales para la preparación del intérprete antes de salir a escena. Deben de estar ubicado en un modulo que se conecte directamente con el escenario. Es necesario crear mínimo un camerino para hombres y un para mujeres, deben contar con ducha, lavabo e inodoro.

Los camerinos deben de ser espacios flexibles que sirvan tanto para un mínimo de 5 personas, pero que también brinden la posibilidad de acomodar a varias a la vez. Requiere de la ventilación cruzada apropiada para evitar calores que dañen la imagen y maquillaje del artista. La iluminación es un aspecto importante a realizar, se debe de diseñar la iluminación general necesaria. Para el área de maquillaje la iluminación debe estar de manera paralela a los espejos. Se recomienda utilizar bombillos tipo globo sin cascaras de aluminio, preferiblemente económicas. Debido a que los camerinos serán construidos en contenedores es esencial brindar la sombra y ventilación necesaria para evitar calores, que dañen la imagen y maquillaje del artista. De ser necesario se deberá instalar métodos de ventilación mecánicos. Los contenedores deber situarse elevados del terreno, de manera que la humedad no corroa las paredes y partes inferiores del contendor. Estos deben ser pintados con pintura anticorrosiva. El piso de madera (original del contenedor) debe ser cubierto por cerámica de 0.40cm x0.40cm.

5. Zona de Servicios Generales

Bodega de mantenimiento & almacenamiento

Espacio establecido específicamente para la ubicación de las maquinas o centros de energía que dan funcionamiento a ciertos aspectos del edificio y el almacenamiento de los implementos requeridos del edificio.

V. CONCLUSIONES

El sistema constructivo anteriormente descrito resulta como una alternativa para la construcción de espacios para la expresión cultural.

Por medio de las investigaciones realizadas se concluye que el tipo de neumático ideal para el diseño de una gradería son los neumáticos de camión, con diámetro de 1.00 metros. Estos brindan el espacio necesario para el asiento del espectador.

Al realizar un sondeo en 10 establecimientos de la ciudad se concluye que existe un volumen de 608 neumáticos desechados en la ciudad al mes, la mayoría de estos neumáticos son tipo pasajero, debido a su abundancia en la ciudad. La modulación de los neumáticos debe ser de manera que estos queden intercalados apoyándose unos en otros, de manera que se mantenga la estructura en el diseño y la estructura trabajando por gravedad. Una distribución errónea de los neumáticos afecta la estructura y forma de la gradería.

La forma circular del anfiteatro facilita la isóptica y acústica dentro del mismo, orientando las aperturas del anfiteatro al noreste se facilitando la acústica en el anfiteatro. El material del relleno interno debe ser un material compactable, se debe evitar utilizar materiales muy arenosos. El material más adecuado para el relleno de los neumáticos es el material selecto.

Al realizar el corte en la orilla del neumático, retirando enteramente su costado superior, se facilita su llenado y compactación; reduciendo así costos en mano de obra y tiempos en la construcción. Dicho corte afecta la altura del neumático.

Finalmente se confirma la factibilidad de la utilización de los neumáticos como material de construcción en la gradería de un anfiteatro, estos resultan en una respuesta económica y accesible para su realización en comunidades, proyectos públicos y privados.