



U CATÓLICA
de Colombia

PROYECTO TRABAJO DE GRADO



**DESARROLLO AUTOSOSTENIBLE
DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA
CONSTRUCCIÓN DE LA ESCUELA
“PORVENIR” CON LA
UTILIZACIÓN DE MATERIAL
RECICLABLE**

**DESARROLLO AUTOSOSTENIBLE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE
LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESCUELA “PORVENIR” CON LA
UTILIZACIÓN DE MATERIAL RECICLABLE**

**ÁNGELA ROCÍO ROMERO MUÑOZ
NELSON DARÍO AHUMADA QUIMBAY**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MODALIDAD NOCTURNA
BOGOTÁ
2014**

**DESARROLLO AUTOSOSTENIBLE DE LA IMPLEMENTACIÓN DE
LA CONSTRUCCIÓN DE LA ESCUELA “PORVENIR” CON LA
UTILIZACIÓN DE MATERIAL RECICLABLE**

**ÁNGELA ROCÍO ROMERO MUÑOZ
NELSON DARÍO AHUMADA QUIMBAY**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Ingeniero Civil**

**Director
ÁLVARO ENRIQUE RODRÍGUEZ PÁEZ
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL
MODALIDAD NOCTURNA
BOGOTÁ
2014**



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)
Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Nota de Aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, 12, noviembre, 2014

*Agradezco profundamente a mis padres
Nelson Ahumada y Marcela Quimbay que fueron
los principales autores para que este
sueño de ser profesional esté a punto de cumplirse,
por su gran apoyo que me brindaron incondicionalmente, y
porque siempre han estado ahí cuando
los he necesitado, a mis hermanos,
Marleny, Yenny y Cristhian, por su amistad
y cariño que me dan día a día y por
sus consejos para ser mejor persona.*

Nelson Darío Ahumada Quimbay

Primero que todo a Dios por llenarme de bendiciones y permitirme esta oportunidad de estudiar, a mi mami Ana Muñoz y a mi padre German Romero que con su apoyo siempre han logrado que culmine mis metas y siempre me dan las energías para crecer como profesional. A mis dos hermanos por el soporte incondicional que me brindan. A mi hijo Juan Pablo por el amor que me brinda y que es de gran ayuda porque me inspira para alcanzar mis metas. A todos mis compañeros del pregrado por haberme permitido encontrar verdadera amistad.

Ángela Rocío Romero Muñoz

AGRADECIMIENTOS

A nuestra Alma Mater, Universidad Católica de Colombia.

A nuestro director de trabajo de grado, mentor y amigo y de quien recibimos todo el apoyo necesario para realizar este proyecto el Ing. Álvaro Rodríguez, que con sus conocimientos y experiencia facilitó la construcción de esta investigación para optar el título de Ingenieros Civiles.

A Dios por permitirnos esta oportunidad de estudiar y que con sus bendiciones logramos llegar hasta este punto-

Por último a todos los que indirectamente colaboraron con su apoyo, Gracias.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	15
1. MARCO DE REFERENCIA	16
1.1. Marco Teórico.....	16
1.2. Marco Conceptual.....	18
2. METODOLOGÍA.....	20
2.1. Recopilación de Información.....	20
2.2. Análisis de Información.....	20
2.3. Diseño.....	20
3. MATERIALES.....	21
3.1. BOTELLAS DE PLÁSTICO.....	21
3.2. MADERA	23
3.2.1. Propiedades físicas. A continuación se relacionan las propiedades físicas de la madera.....	24
3.2.2. Resistencia.....	24
3.3. TEJAS DE ZINC	27
3.3.1. Formas de ventilación.	28
3.3.2. Soportes.....	29
3.4. LLANTAS.....	29
3.5. CONCRETO	31
3.5.1. Características del hormigón.....	33
3.6. PINTURAS.....	33
4. DISEÑO.....	34
4.1. DIMENSIONAMIENTO	34
4.2. DISEÑO ARQUITECTÓNICO.....	35
4.3. DISEÑO ESTRUCTURAL.....	37
5. PROCESO CONSTRUCTIVO.....	38
5.1. CIMENTACIÓN.....	38

5.2.	MUROS	40
5.3.	PEGA.....	41
5.4.	PUERTAS Y VENTANAS	42
5.5.	ACABADOS.....	42
5.6.	OTROS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	42
5.6.1.	Tanques de almacenamiento de agua	42
5.7.	MANO DE OBRA.....	44
6.	CONCLUSIONES.....	45
7.	RECOMENDACIONES	46
	BIBLIOGRAFÍA.....	47
	ANEXOS.....	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Resistencia al corte.....	25
Figura 2 Identificación de llantas.....	31
Figura 3 Diseño Arquitectónico - Planta.....	36
Figura 4 Disposición de los neumáticos.....	37
Figura 5 Relleno de las llantas con Material seleccionado	38
Figura 6 Acomodación de neumáticos.....	39
Figura 7 Pórtico estructural	39
Figura 8 Colocación del mortero	40
Figura 9 Colocación del mortero	41
Figura 10 Amarre de botellas.....	43
Figura 11 Base tanque de almacenamiento	43

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Propiedades del plástico PET	21
Cuadro 2 Propiedades del polipropileno	23
Cuadro 3 Pendientes para cubiertas.....	28
Cuadro 4 Rangos de Carga Máxima.....	30

LISTA DE ANEXOS

Anexo A – Planos Arquitectónicos	50
Anexo B – Planos Estructurales.....	51
Anexo C – Planos Hidráulicos.....	52
Anexo D – Planos Eléctricos.....	53
Anexo E – Presupuesto	54
Anexo F – Manual de autoconstrucción.....	55

GLOSARIO

BOTELLA: Recipiente para líquidos, generalmente de vidrio o de plástico, alto, cilíndrico y con el cuello largo y estrecho.

CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE: Se refiere a las mejores prácticas durante todo el ciclo de vida de las edificaciones (diseño, construcción y operación), las cuales aportan de forma efectiva minimizar el impacto del sector en el cambio climático por sus emisiones de gases de efecto invernadero, el consumo de recursos y la pérdida de biodiversidad

CONTAMINACIÓN: Es la introducción de sustancias en un medio que provocan que este sea inseguro o no apto para su uso. El medio puede ser un ecosistema, un medio físico o un ser vivo. El contaminante puede ser una sustancia química, energía (como sonido, calor, luz o radiactividad)

CIMENTACIÓN: Conjunto de elementos estructurales cuya misión es transmitir las cargas de la edificación o elementos apoyados a este al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales.

CUBIERTA: Elemento constructivo que protege a los edificios en la parte superior y, por extensión, a la estructura sustentante de dicha cubierta. Aunque el conjunto de ambas cosas, cubierta y estructura tiene un nombre más específico: techumbre.

HORMIGÓN: El hormigón o concreto es un material compuesto empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante al que se añade partículas o fragmentos de un agregado, agua y aditivos específicos.

MADERA: La madera es un material ortótropo, con distinta elasticidad según la dirección de deformación, encontrado como principal contenido del tronco de un árbol. Los árboles se caracterizan por tener troncos que crecen cada año, formando anillos, y que están compuestos por fibras de celulosa unidas con lignina. Las plantas que no producen madera son conocidas como herbáceas. Una vez cortada y seca, la madera se utiliza para distintas finalidades y distintas áreas

NEUMÁTICO: también denominado cubierta o llanta en algunas regiones, es una pieza de caucho que se coloca en las ruedas de diversos vehículos y máquinas. Su función principal es permitir un contacto adecuado por adherencia y fricción con el pavimento, posibilitando el arranque, el frenado y la guía.

PET: (polietilen tereftalato) es un polímero plástico que se obtiene mediante un proceso de polimerización de ácido tereftálico y monoetilenglicol. Es un polímero

lineal, con un alto grado de cristalinidad y termoplástico en su comportamiento, lo cual lo hace apto para ser transformado mediante procesos de extrusión, inyección, inyección-soplado y termoformado.

RECICLAJE: Es la acción y efecto de reciclar (aplicar un proceso sobre un material para que pueda volver a utilizarse). El reciclaje implica dar una nueva vida al material en cuestión, lo que ayuda a reducir el consumo de recursos y la degradación del planeta.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO: Los Tanques de Almacenamiento son estructuras de diversos materiales, por lo general de forma cilíndrica, que son usadas para guardar y/o preservar líquidos o gases a presión ambiente, por lo que en ciertos medios técnicos se les da el calificativo de Tanques de Almacenamiento Atmosféricos

INTRODUCCIÓN

Reciclar, es actualmente un tema que interesa y preocupa no solamente a las personas sino también a instituciones gubernamentales por la importancia que tiene el proporcionar mejor calidad de vida a nuestra generación y responsablemente a las futuras generaciones.

Esta Guía de construcción sostenible pretende contribuir al necesario cambio de mentalidad que debe producirse en todos los sectores ligados al proceso constructivo. La consideración de los aspectos medioambientales debe formar parte de las decisiones que adopten los promotores, los profesionales (arquitectos, ingenieros), los fabricantes de materiales o equipos, los constructores, los propietarios o usuarios de la vivienda o edificación.

También los trabajadores del sector pueden contribuir con prácticas adecuadas (utilización de materiales, evitación de residuos) a la sostenibilidad del proceso. Los sindicalistas de todos los sectores pueden plantear en el diseño de los nuevos edificios que vayan a constituir sus centros de trabajo o en la rehabilitación de los existentes la incorporación de diseños, materiales o medidas de ahorro adecuadas. Particularmente importante resulta el impulso y la propuesta de sistemas energéticamente más eficientes en la climatización (calefacción y refrigeración) de sus centros de trabajo, que suelen tener grandes posibilidades de mejora. Para todos ellos puede resultar de interés esta Guía de construcción sostenible que, aunque es de dimensiones reducidas y, por tanto, no exhaustiva, permite la profundización en cada tema o área referentes a la construcción de una escuela.

1. MARCO DE REFERENCIA

1.1. MARCO TEÓRICO

En el centro experimental de la vivienda Económica se han desarrollado desde su fundación en 1967 y hasta el presente diversos sistemas constructivos, con la finalidad de obtener viviendas económicas aptas para nuestra realidad Latinoamericana.

Decenas de científicos y empresarios han desarrollado materiales ecológicos aprovechando desechos como botellas de plástico, vidrio y cartón reciclado. También se han creado opciones a partir del aprovechamiento de residuos agrícolas, de los desechos producidos por las industrias minera y azucarera, así como elementos totalmente naturales como el cáñamo y la leche.

Una compañía mejoró una antigua fórmula para hacer pintura casera, mezclando proteína de leche, cal, arcilla y pigmentos minerales. La pintura resultante puede usarse en arte y en decoración de interiores, es biodegradable, durable y no tóxica.

Kirei, una empresa que produce materiales de construcción sustentables, ha creado paneles que pueden reemplazar a la madera a partir de los desechos del cultivo de sorgo y trigo. También comercializa azulejos hechos con cáscaras de coco.

Científicos mexicanos de Veracruz, Hidalgo, Chihuahua y Nuevo León, sustituyeron el cemento Portland por cenizas de bagazo de caña de azúcar para hacer más fuerte al concreto. El concreto que contenía desechos de caña resultó ser más resistente a la corrosión.

Otro material verde que ha ido ganando popularidad es el vidrio reciclado. Después de haber sido reutilizado y reciclado varias veces, el vidrio considerado inutilizable puede procesarse para ser usado como recubrimiento de muebles y paredes.

“Un investigador de la UAEH creó ladrillos y tejas a partir de residuos de minería, conocidos como “jales”. Los ladrillos pueden durar 250 años, y permitirán aprovechar los más de 100 millones de toneladas de desechos mineros que se han producido en los últimos 450 años”¹.

¹ CENTRO EXPERIMENTAL DE LA VIVIENDA ECONÓMICA – CEVE. *Componentes para transferencia tecnológica [en línea]. Disponible en internet: <URL: <http://www.ceve.org.ar/ttpasticos.html>> [citado 28 julio, 2014]*

La ecología y el buen diseño no tienen por qué estar peleados. Se han creado paneles a partir de botellas de plástico (PET), que además pueden aislar el sonido.

Utilizando este mismo material, hace un par de años, un alumno de la UAQ desarrolló un tabique reforzado con PET. Cada construcción realizada con este tipo de material podría permitir aprovechar unas 4 mil botellas de plástico.

Otra alternativa al concreto prefabricado es el llamado Hempcrete, que consiste en una mezcla de cáñamo, cal y agua. Su poca densidad favorece la circulación del aire y la humedad. La empresa que lo fabrica también ofrece otros materiales a base del vegetal.

Como podemos ver la reutilización de plásticos es de las opciones más utilizadas, mejor conocidos como PET, los cuales presentan características importantes en su uso para la construcción tales como- Peso ya que son más livianos que los bloques convencionales, resistencia mecánica pues tienen menor resistencia a la compresión que los bloques convencionales, lo cual limita su uso en paredes para cerramiento lateral de viviendas, con estructura independiente de hormigón armado, absorción de agua los bloques elaborados con PET y arena gruesa tienen una baja absorción de agua, inferior en volumen a la de los bloques convencionales, por ser el PET un material muy impermeable.

Los bloques elaborados con PET pero sin arena gruesa tienen una absorción de agua mayor a la de los bloques convencionales, por ser muy porosos, conductividad térmica son malos conductores del calor, por lo que proveen una excelente aislación térmica, superior al de los bloques convencionales, comportamiento a la intemperie es excelente ya que se ha dejado a la intemperie por un año y no muestra ningún tipo de daño o alteración al material, son fáciles de clavar y acerrar.

En cuanto al costo un cerramiento realizado con ladrillos, bloques o placas con plásticos reciclados es económico porque gran parte de la materia prima es un residuo. Por su buena aislación térmica se puede utilizar un menor espesor de cerramiento que en uno tradicional, con lo cual se economizan materiales. La técnica de fabricación es muy simple, fácilmente reproducible por personal no especializado. El costo de mano de obra no es mayor que el requerido para fabricar un hormigón “común” (con áridos convencionales: grancilla y arena gruesa).²

² GAGGINO, Rosana. «Un nuevo desafío: construir con materiales reciclados» *Revista Vivienda Popula Montevideo, Uruguay. Ed. Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República*, 2004: N° 14, pp. 59 a 62. .

No es necesaria una infraestructura de gran envergadura para producir el material. En el caso de las placas, se fabrican en taller, pueden ser manipuladas por dos operarios, y permiten un montaje de la obra rápido, lo cual permite economía de mano de obra y tiempo, dando una inmediata solución a familias con necesidades urgentes.

Se ahorra también en cantidad de material de unión entre elementos. Por su liviandad, se ahorra en transporte y en cimientos. Hay un “ahorro a largo plazo” por la reducción de la contaminación del medio ambiente, mediante el reciclado de materiales de descarte. Por su bajo costo y buena efectividad sería una opción viable para la construcción de viviendas de interés social.

Los bloques desarrollados con PET reciclado son una alternativa posible para la ejecución de construcciones, más ecológica, más liviana y de mejor aislación térmica, que los bloques convencionales de cemento y arena gruesa que se utilizan tradicionalmente en nuestro país. Su resistencia mecánica es menor, pero suficiente para cumplir la función de constituir viviendas de hasta dos pisos de altura con losas de hormigón. Generan una fuente de trabajo para personas de escasos recursos, tanto en la etapa de recolección de la materia prima como en la de elaboración de los elementos constructivos.

1.2. MARCO CONCEPTUAL.

El polietileno-tereftalato, mejor conocido como PET, fue patentado como un polímero para fibra por J. R. Whinfield y J. T. Dickinson en 1941.

La producción comercial de fibra de poliéster comenzó en 1955, desde entonces se registró un espectacular crecimiento del producto a partir del descubrimiento de sus múltiples posibilidades de uso. A partir de 1976 se lo usa para la fabricación de envases, principalmente para bebidas. También se utiliza para envasar agroquímicos, limpiadores líquidos, y medicamentos.

Se fabrica a partir de dos materias primas derivadas del petróleo: etileno y paraxileno. Los derivados de estos compuestos son puestos a reaccionar a temperatura y presión elevadas para obtener la resina PET en estado amorfo, que luego se cristaliza y polimeriza, siendo su aspecto el de pequeños cilindritos de color blanco llamados chips.

Las botellas fabricadas con PET se identifican con un símbolo consistente en un triángulo de flechas alrededor de un número "1", con la sigla "PET" escrita debajo³.

Los envases de PET son ligeros, transparentes, resistentes, herméticos, no tóxicos, y no alteran las propiedades del contenido.

Los ejemplos que se citan son:

- Las viguetas y bloques elaborados con arena y PET proveniente de envases descartables, investigados en la Universidad Nacional de Buenos Aires, República Argentina.
- Las placas de revestimiento elaborados con polipropileno proveniente de bolsas de plástico y paragolpes de autos, mezclados con fibras de madera, lino o yute, producidas por la Fábrica Woodstock, de Quilmes, provincia de Buenos Aires, República Argentina.

³ GAGGINO, Rosana. «Un nuevo desafío: construir con materiales reciclados» *Revista Vivienda Popula Montevideo, Uruguay. Ed. Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República*, 2004: N° 14, pp. 59 a 62. ..

2. METODOLOGÍA

2.1. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

Se realizó una investigación de antecedentes donde se identificó en qué tipo de construcciones se ha implementado esta metodología con el fin de documentarnos al respecto y hacer una propuesta acertada para la construcción de la escuela. Se llevó a cabo la recolección de información, en Bibliotecas, Páginas Web, Tesis, Libros de investigación, artículos de revistas de investigación, entre otros.

2.2. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Teniendo toda la información requerida por el proyecto, se realizó un análisis de datos e información que permitió dimensionar el proyecto y aterrizarlo, de tal manera que esta investigación sea útil a futuro.

2.3. DISEÑO

Con base en la información obtenida se procedió a realizar el diseño de la escuela "Porvenir" basándonos inicialmente en la NSR-10 ya que es la que rige las estructuras en Colombia y poder garantizar seguridad y confort en las personas a las que va destinado el proyecto. El diseño consta de parte arquitectónica, estructural, hidráulica y eléctrica.

3. MATERIALES

3.1. BOTELLAS DE PLÁSTICO

La construcción en base a botellas se puede poner en paralelo al uso del ladrillo, es básicamente el mismo sistema pero cambiando el material. Las botellas funcionan como “eco-ladrillos” y pueden ser de plástico pet (Polietileno Tereftalato) o de vidrio; éstas últimas pueden generar luminosidades y efectos de colores diferentes en muros no estructurales.

Lo interesante es que además de estar reutilizando la basura, la estructura generada es muy resistente, de bajo peso y asegura condiciones térmicas adecuadas, permitiendo dar acceso a la vivienda a familias o comunidades con bajos recursos.

El plástico PET tiene resistencia estructural, resistencia térmica y aislamiento acústico, esa fue la razón por la que se decidió usar ese material.⁴

Cuadro 1 Propiedades del plástico PET

POLIETILENTEREFTALATO				PET
PROPIEDADES MECANICAS A 23°C	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
PESO ESPECIFICO	gr/cm ³	D-792	53479	1.39
RESIST. A LA TRACC.(FLUENCIA / ROTURA)	Kg/cm ²	D-638	53455	900 / --
RES. A LA COMPRESION (1 Y 2 % DEF)	Kg/cm ²	D-695	53454	260 / 480
RESISTENCIA A LA FLEXION	Kg/cm ²	D-790	53452	1450
RES. AL CHOQUE SIN ENTALLA	Kg.cm/cm ²	D-256	53453	> 50
ALARGAMIENTO A LA ROTURA	%	D-638	53455	15
MODULO DE ELASTICIDAD (TRACCION)	Kg/cm ²	D-638	53457	37000
DUREZA	Shore D	D-2240	53505	85 - 87
COEF. DE ROCE ESTATICO S/ACERO		D-1894		--
COEF. DE ROCE DINAMICO S/ACERO		D-1894		0.20
RES. AL DESGASTE POR ROCE				MUY BUENA

⁴ PLATAFORMA EN ARQUITECTURA. En detalle: Construcción con botellas recicladas [en línea] Bogotá: José Tomás Franco [citado 17 Octubre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-118791/en-detalle-construccion-con-botellas-recicladas>>

PROPIEDADES TERMICAS	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
CALOR ESPECIFICO	Kcal/Kg.°C	C-351		0.25
TEMP. DE FLEXION B/CARGA (18.5Kg/cm²)	°C	D-648	53461	75
TEMP. DE USO CONTINUO EN AIRE	°C			-20 a 110
TEMP. DE FUSION	°C			255
COEF. DE DILATACION LINEAL DE 23 A 100°C	por °C	D-696	52752	0.00008
COEF. DE CONDUCCION TERMICA	Kcal/m.h.°C	C-177	52612	0.25

PROPIEDADES ELECTRICAS	UNIDAD	ASTM	DIN	VALORES
CONSTANTE DIELECTRICA A 60 HZ		D-150	53483	3,4
CONSTANTE DIELECTRICA A 1 KHZ		D-150	53483	3,3
CONSTANTE DIELECTRICA A 1 MHZ		D-150	53483	3,2
ABSORCION DE HUMEDAD AL AIRE	%	D-570	53472	0,25
RESISTENCIA SUPERFICIAL	Ohm	D-257	53482	> 10 a la 14
RESISTENCIA VOLUMETRICA	Ohms-cm	D-257	53482	> 10 a la 15
RIGIDEZ DIELECTRICA	Kv/mm	D-149		22

PROPIEDADES QUIMICAS	OBSERVACIONES
RESISTENCIA A HIDROCARBUROS	BUENA
RESISTENCIA A ACIDOS DEBILES A TEMP. AMBIENTE	BUENA
RESISTENCIA A ALCALIS DEBILES A TEMP. AMBIENTE	BUENA
RESISTENCIA A PROD. QUIMICOS DEFINIDOS	CONSULTAR
EFFECTO DE LOS RAYOS SOLARES	ALGO LO AFECTAN
APROBADO PARA CONTACTO CON ALIMENTOS	SI
COMPORTAMIENTO A LA COMBUSTION	ARDE CON MEDIANA DIFICULTAD
PROPAGACION DE LLAMA	MANTIENE LA LLAMA
COMPORTAMIENTO AL QUEMARLO	GOTEA
COLOR DE LA LLAMA	AMARILLO ANARANJADO TIZNADO
OLOR AL QUEMARLO	AROMATICO DULCE

Fuente: Los Autores

Cuadro 2 Propiedades del polipropileno

PROPIEDADES DEL POLIPROPILENO			
MECANICAS	PP homopolimero	PP copolimero	Comentarios
Módulo elástico en tracción (GPa)	1,1 a 1,6	0,7 a 1,4	
Alargamiento de rotura en tracción (%)	100 a 600	450 a 900	Junto al polietileno, una de las más altas de todos los termoplásticos
Carga de rotura en tracción (MPa)	31 a 42	28 a 38	
Módulo de flexión (GPa)	1,19 a 1,75	0,42 a 1,40	
Resistencia al impacto Charpy (kJ/m ²)	4 a 20	9 a 40	El PP copolimero posee la mayor resistencia al impacto de todos los termoplásticos
Dureza Shore D	72 a 74	67 a 73	Más duro que el polietileno pero menos que el poliestireno o el PET

Fuente: Los Autores

Son varias las ventajas que presenta el sistema de la construcción con botellas:

- Duración: Las botellas plásticas (PET) tienen un periodo de degradación en el medio ambiente calculado en 200 a 300 años. Con lo cual se puede garantizar, por ese periodo, la estabilidad del material que contiene la tierra.
- Buen aislamiento térmico: por tener como relleno tierra y un espesor mayor a 28 cm, resulta ser un buen aislamiento térmico, generando un diseño bioclimático.
- Economía: Permite un ahorro hasta de 50 % en materiales en comparación con la construcción tradicional.
- Autoconstrucción: El proceso de construcción es realizado por la misma comunidad necesitada, sin necesidad de una capacitación particular.
- Botellas: No hay restricción por tamaño, forma o marca de las botellas para su uso en el sistema.
- La mayor limitación que presenta el sistema es que no tiene reglamentación, ni estudios de caracterización, a nivel mundial y nacional, que permitan determinar el comportamiento del sistema.⁵

3.2. MADERA

La madera es un material heterogéneo compuesto por varios tipos de células que cumplen distintas funciones en un árbol. Cuando este vive. Es quizás el único material de construcción cuyo origen es un ser vivo (independientemente de

⁵PLATAFORMA EN ARQUITECTURA. En detalle: Construcción con botellas recicladas [en línea] Bogotá: José Tomás Franco [citado 17 Octubre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-118791/en-detalle-construccion-con-botellas-recicladas>>

algunas calizas carbones, bituminosos, que han sufrido un importante proceso de transformación físico químico).⁶

La madera de cada especie está caracterizada por ciertas partículas de naturaleza y disposición de las células que la constituyen. Es importante, para comprender mejor la composición y distribución de este material, relacionar función y estructura.

3.2.1. Propiedades físicas. A continuación se relacionan las propiedades físicas de la madera

- Las propiedades físicas y mecánicas no son las mismas en todas las direcciones.
- La madera es un material de fibras orientadas.
- El estudio de la madera deberá hacerse en tres dimensiones principales
 - Axial: dirección paralela al eje de crecimiento
 - Radial: perpendicular a la primera y cortando el eje de crecimiento
 - Tangencial: normal a los anteriores
- ¿Cómo le afecta la humedad? El agua es un material intrínseco de la madera.

3.2.2. Resistencia. A continuación se relacionan las características de la resistencia de la madera

- Resistencia a compresión.

Muy variable por:

- Humedad.- madera seca más resistente. 30%, a partir de aquí Cte.
- Dirección del esfuerzo.- la máxima resistencia corresponde a esfuerzo en la dirección axial. Máxima resistencia a la deformación mínimo límite elástico.
- Peso específico.- a mayor peso aparente más resistencia, menos poros (siempre referida a humedad)
- Cota específica de calidad = resistencia a compresión/100 (Peso específico)
- En maderas para construcción debe variar entre 9 y 20.

- Resistencia a tracción.

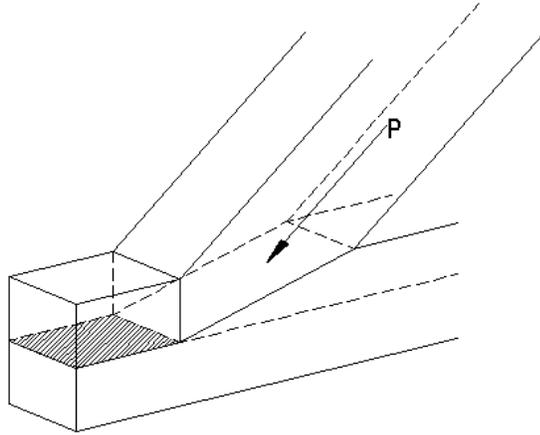
La madera es un material muy indicado para trabajar a tracción. Para que una madera trabaje óptimamente a tracción el esfuerzo debe ser paralelo a las fibras. La humedad tiene la misma influencia que en la resistencia a compresión.

- Resistencia al corte.

⁶ EL RINCÓN DEL VAGO. Madera: materiales de construcción [en línea]. Bogotá [citado 17 octubre, 2014]. Disponible en internet: <URL: http://html.rincondelvago.com/madera_materiales-de-construccion.html>

Es la capacidad de la madera para resistir fuerzas que tienden a que una parte del material deslice sobre una parte adyacente sobre ella.

Figura 1 Resistencia al corte



Fuente: URL: http://html.rincondelvago.com/madera_materiales-de-construccion.html

El deslizamiento es posible en dirección paralela a las fibras, nunca en dirección perpendicular, porque rompería por otras causas.

- Resistencia a flexión.

La madera solo resiste esfuerzos a flexión si estos son aplicados en dirección perpendicular a la fibra.⁷

Vimos anteriormente que la resistencia a flexión la podemos medir:

$$R = 3/2((P \cdot l / B \cdot h^2).$$

Pero la madera suele presentar imperfecciones como nudos, fendas, longitud menor a la dirección de crecimiento del árbol. Por esto se introduce el **ÍNDICE TECNOLÓGICO** que es el 2 de la formula.

(Sustituir el 2 por:)

Madera perfecta.- $n = 11 / 6$

Madera con defectos.- $n = 10 / 6$

Nudos admisibles.- $n = 9 / 6$

Muy nudosa.- $n = 8 / 6$

⁷ EL RINCÓN DEL VAGO. Madera: materiales de construcción [en línea]. Bogotá [citado 17 octubre, 2014]. Disponible en internet: <URL: http://html.rincondelvago.com/madera_materiales-de-construccion.html>

La resistencia a flexión finaliza primero por la rotura de las fibras superiores, segundo por las inferiores por tracción, y por último rotura por cortadura de la fibra neutra.

La madera es fácil de ser trabajada, tiene un largo tiempo de vida útil y es posible emplearla en casi todas las áreas de aplicación. Ningún otro material de construcción como la madera, podrá ser conseguido y empleado con tan poco uso de energía y ser producido sin perjudicar el medio ambiente.

La madera, en comparación con otros materiales de construcción, tiene un peso inferior pero soporta mucha carga. Eso se comprueba a través del gran número de puentes, torres y construcciones de madera que existen por todo el mundo. Casas, cerchas, paredes, suelo y escaleras en madera duran generaciones. Construcciones en madera con más de 700 años, donde aún hoy en día viven personas, demuestran la larga vida útil de la madera como materia-prima.

Los constructores deciden trabajar con madera por razones económicas, estéticas y biológicas. La madera suministra calor y no libera materia que contamine el medio ambiente. Además, las modernas técnicas de construcción con madera no necesitan ningún tipo de protección química para preservarla.

Modernos materiales de construcción de madera están sujetos a severos controles de calidad. La calidad de muchos productos de madera es salvaguardada a través de normas y permisos definidos. La prefabricación racional, sin problemas y una disponibilidad permanente transforman la construcción con madera en rápida y económica.

Principalmente es en los métodos de construcción de bajo consumo de energía que la combinación entre una estructura de soporte mineral y elementos de madera muy bien aislados térmicamente en la estructura del edificio representan una gran evolución.⁸

Algunos argumentos a favor de la utilización de elementos de madera en la estructura del edificio son: las excelentes características de aislamiento térmico, el reducido espesor y peso de la pared, tal como un gran grado de prefabricación de los elementos de madera. Las exigencias técnicas a nivel acústico y de protección contra incendios, son fácilmente alcanzadas como lo comprueban muestras y pruebas.

Debido a su bajo peso, las construcciones en madera son muchas veces la mejor alternativa como, por ejemplo, cuando las bases no permiten más ampliaciones con materiales minerales por razones físicas.

En edificios de acero, hormigón o albañilería son empleadas paredes y cajas de escaleras prefabricadas al estilo de la construcción con madera.

⁸ GERMANTIMBER, Madera para la construcción. [en línea]. Bogotá: la empresa [citado 31 octubre, 2014]. Disponible en internet: <URL: http://www.radermacher-pr.de/fileadmin/pdf_dokumente/Nadelholzprodukte/Softwood_Esp_Web_finale.pdf>

Ampliaciones de edificios con elementos de madera prefabricados que poseen un elevado aislamiento térmico dieron buen resultado y hoy en día forman parte de la técnica de construir con madera.

3.3. TEJAS DE ZINC

La teja es una pieza con la que se forman cubiertas en los edificios, para recibir y canalizar el agua de lluvia, la nieve, o el granizo. Hay otros modos de formar las cubiertas, pero cuando se hacen con tejas, reciben el nombre de tejados.

La forma de las piezas y los materiales de elaboración son muy variables: las formas pueden ser regulares o irregulares, planas o curvas, lisas o con acanaladuras y salientes; respecto a los materiales pueden ser cerámicas (elaborada con barro cocido), hidráulicas (elaboradas con mortero de cemento), plásticas y bituminosas (fabricadas con polímeros plásticos derivados del petróleo u otra materia prima), de madera, de piedra (como la pizarra).

En cuanto a la cerámica, es fama que son mejores las viejas y esto se debe a que las nuevas tienen mucha más permeabilidad y en la parte inferior pueden formarse condensaciones del agua transpirada, formando una gotera, mientras que las viejas tienen los poros colmatados por polvo y musgos.

El empleo de tejas para cubiertas se atribuye a los griegos, que utilizaban placas de cerámica delgada y ligeramente curvada. El arrabal del Kerámikon en Atenas se llamaba así por fabricarse en él tejas cerámicas.

Un tejado tiene dos piezas fundamentales: la teja canal (abreviadamente: la canal), que recoge las aguas de lluvia, llevándolas fuera del perímetro de la construcción, y la pieza o teja cobija (abreviadamente: "la cobija"), que tapa la junta entre las canales.⁹

Las cubiertas de zinc se adaptan cómodamente a cualquier tipo de cubierta, cumpliendo a la perfección sus funciones y facilitando la creatividad con costes competitivos. E igual que en Cobre se pueden realizar por el sistema de Junta Alzada o Junta Sobre Listón.¹⁰

En las cubiertas de Zinc es imprescindible la ventilación inferior de las chapas.

⁹ WIKIPEDIA. Teja [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 31 octubre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/Teja>>

¹⁰ ROFERLO. Cubierta de zinc [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 20 octubre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.roferlo.com/roferlo/index.php/cubiertas-de-pizarra-zinc-cobre/cubiertas-de-zinc>>

3.3.1. Formas de ventilación. A continuación se describen las características de ventilación de las tejas de zinc.

- Con madera tratada (siempre compatible con el zinc) de 50 a 100 mm de anchura máxima y separada entre sí de 10 a 15 mm; previamente se colocará el rastrel vertical para permitir dicha ventilación. Se aconseja madera de pino con tratamiento oracli semiclavo.
- Con lámina separadora:

Lámina Alveolar: es una membrana de polietileno de alta densidad de fácil aplicación. Está formado por relieves semicónicos que forman una cámara que permite la circulación de aire y vapor de agua.

Lámina Delta Trela: lámina de separación en fibra de polipropileno. Es impermeable al agua y difusiva al vapor de agua. Mantiene la altura justa para efectuar su función de drenaje bajo la chapa. Ver Ejemplos

Para las cubiertas inclinadas los sistemas más empleados son la Junta Alzada y la Junta de Listón.

Junta alzada

El sistema de junta alzada es el más flexible y válido para todo tipo de cubiertas e incluso fachadas, y todo tipo de formas geométricas (con pendiente mínima recomendable 10%).(Véase Cuadro 3)

Este sistema se realiza engatillando longitudinalmente las chapas y se solapan en el sentido transversal al de las aguas con una junta transversal, siendo de distintos tipos según la pendiente de la cubierta.¹¹

Cuadro 3 Pendientes para cubiertas

JUNTA TRANSVERSAL	PENDIENTE °	PENDIENTE %
ESCALÓN	De 3° a 10°	De 6% a 18%
ENGATILLADO DOBLE	De 10° a 25°	De 18% a 44%
ENGATILLADO SIMPLE	25° o más	44% o más

¹¹ ROFERLO. Cubierta de zinc [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 20 octubre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.roferlo.com/roferlo/index.php/cubiertas-de-pizarra-zinc-cobre/cubiertas-de-zinc>>

Fuente: ROFERLO. Cubierta de zinc [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 20 octubre, 2014]

Este sistema crea un aspecto discreto con juntas finas, resistentes al agua y compatible tanto con arquitectura moderna como tradicional gracias a su gran variedad de detalles constructivos.

Junta plana:

Es uno de los sistemas más flexibles, ya que se puede adaptar a geometrías complejas. Suele aplicarse en remates de aleros o revestimientos interiores.¹²

3.3.2. Soportes. La superficie de colocación del Zinc debe cumplir dos requisitos fundamentales, la planeidad de la superficie y la ventilación de la zona de contacto entre zinc y estructura, evitando la oxidación del zinc ante las posibles humedades de condensación.

- **Soporte Madera**

En estructuras de madera se pueden conseguir la superficie de apoyo mediante la colocación de un tablero (aglomerado hidrófugo, contrachapado...), tirafondeando directamente contra la estructura, base sobre la cual se colocan los mismos sistemas de ventilación y aislamiento que en la estructura de hormigón.

3.4. LLANTAS

La reutilización de llantas en la utilización final que sirva para anclar con firmeza y resistencia muros de contención, diques, barreras, entre otros, es una propuesta a solucionar problemas relacionados con los deslizamientos en las vías utilizando otras técnicas y uso de materiales alternativos en la solución de problemas de infraestructura a más bajo costo, contribuyendo a disminuir la contaminación del medio ambiente.¹³

Las dimensiones de los neumáticos se representan de la siguiente forma:

225/50R16 91W

Donde:

- El primer número es la anchura seccional nominal del neumático en milímetros, desde un borde de la banda de rodadura hasta el otro.

¹² ROFERLO. Cubierta de zinc [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 20 octubre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.roferlo.com/roferlo/index.php/cubiertas-de-pizarra-zinc-cobre/cubiertas-de-zinc>>

¹³ VIRTUAL LLANTAS. Todo sobre neumáticos [en línea]. Bogotá, la Empresa [citado 2 noviembre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.virtuallantas.com/medidas-indicadores-llantas>>

- El segundo número indica la altura del perfil y se expresa en porcentaje respecto de la anchura. En algunas cubiertas se prescinde del mismo, considerando que equivale a un perfil 80.
- La "R" indica que la construcción de la carcasa del neumático es de tipo "radial". Si por el contrario, la construcción fuese de tipo "diagonal" (habitual en algunos equipos agrícolas e industriales), se utilizaría el símbolo "-".
- El tercer número es el diámetro de la circunferencia interior del neumático en pulgadas, o también, el diámetro de la llanta sobre la que se monta.
- El cuarto número indica el índice de carga del neumático. Este índice se rige por unas tablas en que se recogen las equivalencias en kg del mismo. En el ejemplo el índice "91" equivale a 615 kg por cubierta.
- Finalmente la letra indica la velocidad máxima a la que el neumático podrá circular sin romperse o averiarse. Cada letra equivale a una velocidad y en el ejemplo el código W supone una velocidad de hasta 270 km/h.

Es vital para la seguridad, respetar estrictamente las medidas de las cubiertas, así como el índice de carga y código de velocidad. Instalar cubiertas con menores índices puede ser causa de accidente.

En las indicaciones en los laterales de los neumáticos, también se puede leer la fecha de fabricación. Junto a la marca DOT, un grabado de cuatro cifras indica cuando fue creado. Los dos primeros números indican la semana del año, y los dos siguientes, el año de fabricación. Así, un neumático con el código DOT 4905, fue fabricado en la 49ª semana del año 2005.

Cuadro 4 Rangos de Carga Máxima

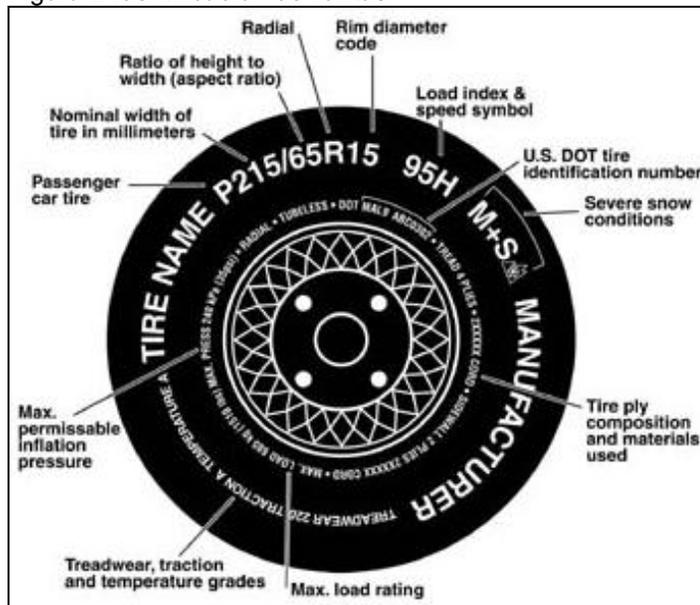
Rangos de carga máxima	
Código de carga	Carga máxima (Kg)
20	80
30	106
35	121
40	136
45	165
50	190
55	218
60	250
65	290
70	335
75	387
80	450
85	515
90	600
Rangos de carga máxima	
Código de carga	Carga máxima (Kg)

95	690
100	800
105	925
110	1060
115	1215
120	1400

Fuente: Los autores

Los códigos no se limitan a los presentes aquí, existen otros muchos códigos intermedios graduales.

Figura 2 Identificación de llantas



Fuente: VIRTUAL LLANTAS. Todo sobre neumáticos [en línea]. Bogotá, la Empresa [citado 2 noviembre, 2014]

3.5. CONCRETO

El hormigón o concreto es un material compuesto empleado en construcción, formado esencialmente por un aglomerante al que se añade partículas o fragmentos de un agregado, agua y aditivos específicos.

El aglomerante es en la mayoría de las ocasiones cemento (generalmente cemento Portland) mezclado con una proporción adecuada de agua para que se produzca una reacción de hidratación. Las partículas de agregados, dependiendo fundamentalmente de su diámetro medio, son los áridos (que se clasifican en

grava, gravilla y arena). La sola mezcla de cemento con arena y agua (sin la participación de un agregado) se denomina mortero. Existen hormigones que se producen con otros conglomerantes que no son cemento, como el hormigón asfáltico que utiliza betún para realizar la mezcla.

El cemento es un material pulverulento que por sí mismo no es aglomerante, y que mezclado con agua, al hidratarse se convierte en una pasta moldeable con propiedades adherentes, que en pocas horas fragua y se endurece tornándose en un material de consistencia pétreo. El cemento consiste esencialmente en silicato cálcico hidratado (S-C-H), este compuesto es el principal responsable de sus características adhesivas. Se denomina cemento hidráulico cuando el cemento, resultante de su hidratación, es estable en condiciones de entorno acuosas. Además, para poder modificar algunas de sus características o comportamiento, se pueden añadir aditivos y adiciones (en cantidades inferiores al 1 % de la masa total del hormigón), existiendo una gran variedad de ellos: colorantes, aceleradores, retardadores de fraguado, fluidificantes, impermeabilizantes, fibras, etc.¹⁴

El concreto convencional, normalmente usado en pavimentos, edificios y otras estructuras, tiene un peso específico (densidad, peso volumétrico, masa unitaria) que varía de 2200 hasta 2400 kg/m³ (137 hasta 150 libras/piés³). La densidad del concreto varía dependiendo de la cantidad y la densidad del agregado, la cantidad de aire atrapado (ocluído) o intencionalmente incluido y las cantidades de agua y cemento. Por otro lado, el tamaño máximo del agregado influye en las cantidades de agua y cemento. Al reducirse la cantidad de pasta (aumentándose la cantidad de agregado), se aumenta la densidad. En el diseño del concreto armado (reforzado), el peso unitario de la combinación del concreto con la armadura normalmente se considera 2400 kg/m³ (150 lb/ft³).

Dependiendo de las proporciones de cada uno de sus constituyentes existe una tipología de hormigones. Se considera hormigón pesado aquel que posee una densidad de más de 3200 kg/m³ debido al empleo de agregados densos (empleado protección contra las radiaciones), el hormigón normal empleado en estructuras que posee una densidad de 2200 kg/m³ y el hormigón ligero con densidades de 1800 kg/m³

La principal característica estructural del hormigón es que resiste muy bien los esfuerzos de compresión, pero no tiene buen comportamiento frente a otros tipos de esfuerzos (tracción, flexión, cortante, etc.), por este motivo es habitual usarlo asociado a ciertas armaduras de acero, recibiendo en este caso la denominación de hormigón armado, o concreto pre-reforzado en algunos lugares; comportándose el conjunto muy favorablemente ante las diversas sollicitaciones. Cuando se proyecta una estructura de hormigón armado se establecen las dimensiones de los elementos, el tipo de hormigón, los aditivos y el acero que hay

¹⁴ WIKIPEDIA. Grava [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 20 octubre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/Grava>>

que colocar en función de los esfuerzos que deberá soportar y de las condiciones ambientales a que estará expuesto.

3.5.1. Características del hormigón. Las principales características físicas del hormigón, en valores aproximados, son:

- Densidad: en torno a 2350 kg/m³
- Resistencia a compresión: de 150 a 500 kg/cm² (15 a 50 MPa) para el hormigón ordinario. Existen hormigones especiales de alta resistencia que alcanzan hasta 2000 kg/cm² (200 MPa).
- Resistencia a tracción: proporcionalmente baja, es del orden de un décimo de la resistencia a compresión y, generalmente, poco significativa en el cálculo global.
- Tiempo de fraguado: dos horas, aproximadamente, variando en función de la temperatura y la humedad del ambiente exterior.
- Tiempo de endurecimiento: progresivo, dependiendo de la temperatura, humedad y otros parámetros.
- De 24 a 48 horas, adquiere la mitad de la resistencia máxima; en una semana 3/4 partes, y en 4 semanas prácticamente la resistencia total de cálculo.
- Dado que el hormigón se dilata y contrae en magnitudes semejantes al acero, pues tienen parecido coeficiente de dilatación térmico, resulta muy útil su uso simultáneo en obras de construcción; además, el hormigón protege al acero de la oxidación al recubrirlo.¹⁵

3.6. PINTURAS

Las hay de muy diversa composición, como disolventes, pigmentos, resinas, la mayoría derivados del petróleo. Han aparecido variedad de productos que reemplazan a los hidrocarburos por componentes naturales, lo que se da en llamar pinturas ecológicas y naturales.

Los problemas surgen cuando los sobrantes son echados en sitios inapropiados con el peligro de emanaciones que contaminan.

Las pinturas plásticas o de base acuosa son las que usan el agua como disolvente.¹⁶

¹⁵ ARGOS. Concreto [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 01 Noviembre, 2014]. Disponible e internet: <URL: <http://www.argos.co/productos/concreto/proceso-productivo>>

¹⁶ CASAS ECOLÓGICAS. Pinturas ecológicas son mas saludables [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 20 Octubre, 2014]. Disponible en internet: >URL: <http://icasasecologicas.com/pinturas-ecologicas-son-mas-sanadas/>>

4. DISEÑO

El diseño para la escuela “Porvenir” se basó inicialmente en las necesidades que se requieren en un plantel educativo, en los siguientes numerales se puede evidenciar en los siguientes numerales.

4.1. DIMENSIONAMIENTO

Cálculo de áreas según la población.

- Aulas primaria

Nº máximo de estudiantes	Área (m ² /estudiante)
40	1,65 – 1,80

+ 0,10 por cada 10 estudiantes menos.

Partiendo de tener 40 estudiantes por aula:

Entonces: 40 estudiantes x 1,65 m²= 66,0 m²

- Sala de sistemas.

Nº máximo de estudiantes	Área (m ² /estudiante)
40	2,2

40 estudiantes x 2,2 m² = 96,8 m²

- Administración.
0,26 M² por estudiante y mínimo 1 aparato de baños por sexo.

120 estudiantes x 0,26 m² = 31,2 m²

- Aula múltiple.

“4.2.6.1... Debe existir al menos un ambiente multifuncional con capacidad para albergar, en disposición frontal, al menos una tercera parte del número total de estudiantes en la jornada con mayor número de estudiantes. En conjunto, deberá tener un área no inferior a 1,4 m² por estudiante. 4.2.6... Del área por estudiante

se sugiere dedicar 50% a espectadores, 25% a escenario y 25% a depósito, camerino y cuarto de proyecciones”.

120 estudiantes/ 3 = 40 estudiantes

Entonces: 40 estudiantes x 1,40 m² = 56 m²

A lo anterior se debe añadir que es un espacio para cumplir 3 funciones: Salón comunal, comedor y aula múltiple, por lo cual su área varía para suplir dichas funciones.

- Comedor.

1,07 m² por estudiante de primaria

120/ 3= 40 estudiantes x 1,07 m²= 42,8 m²

- Cocina y despensa.

0,42 m² por estudiante

230 estudiantes/ 3= 40 estudiantes x 0,42 m² = 16,8 m²

- Servicios sanitarios primarios.

1 aparato (sanitario + lavamanos) por cada 25 niños

120 estudiantes/ 25= 4,8 = 5 aparatos*

*Tener en cuenta que la unidad de baños se duplica por el servicio de aula múltiple.

4.2. DISEÑO ARQUITECTÓNICO

Para el diseño arquitectónico de esta se tuvo en cuenta la Norma Técnica Colombiana NTC 4595 “Ingeniería Civil y Arquitectura - Planteamiento y Diseño de Instalaciones y Ambientes Escolares” la cual mostró paso a paso los espacios mínimos que debe tener una institución según la cantidad de estudiantes para la cual se diseña y el área con el que se cuenta tal como se explicó en el numeral de redimensionamiento.¹⁷

Se plantearon materiales con características de durabilidad, fácil mantenimiento y acordes a las exigencias de la NTC 4595, especialmente para el confort de la edificación.

¹⁷ INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Planeamiento y Diseño de Instalaciones y Ambientes Escolares. NTC 4595. Bogotá: ICONTEC 1999. P.45

- Mampostería.

Los muros se plantean en botellas con arcilla pañetado y pintado.

- Cubierta.

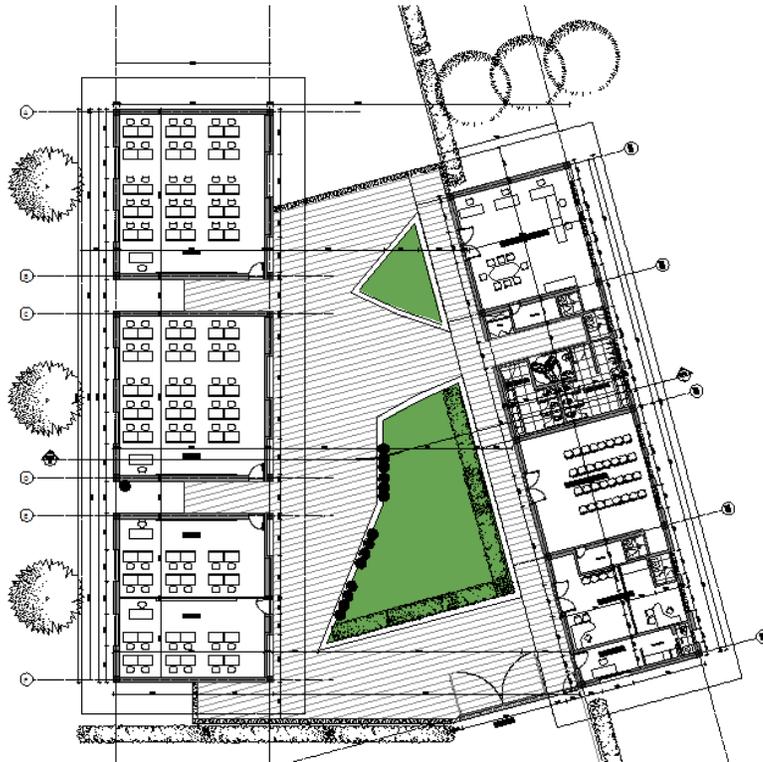
Cubierta en tejas de zinc y con una forma arqueada para garantizar un adecuado aislamiento térmico y acústico al interior de las instalaciones, además ayuda a tener una mayor ventilación y luminosidad.

- Carpintería.

Se plantean puertas, ventanas y rejillas de madera, con características de seguridad, larga duración, indeformables, pintables y de bajo costo de instalación y lo más importante de todo, conservando la idea de construcción sostenible.

Según lo anterior se concluyó que la Escuela debe constar de 4 aulas, baños de niñas y niños, portería, salón múltiple, zona administrativa y baños para los docentes y administrativos, también se tuvo en cuenta el espacio que es obligatorio para la lúdica y esparcimiento de los estudiantes. (Véase Figura 3)

Figura 3 Diseño Arquitectónico - Planta



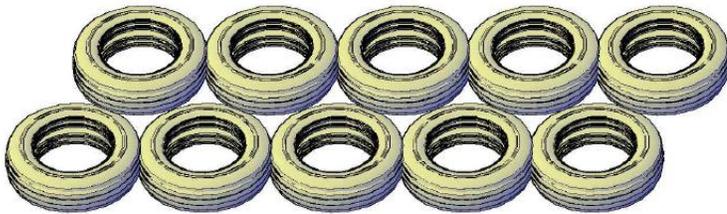
Fuente: Los autores

Para un mayor entendimiento Véase Anexo A en donde se representa los planos arquitectónicos con sus respectivas fachadas, cortes y detalles.

4.3. DISEÑO ESTRUCTURAL

Luego de tener clara la idea de diseño Arquitectónico se prosiguió con el diseño Estructural el cual juega el papel más importante en el proyecto ya que es donde se muestra la conformación de la Escuela con los materiales propuestos para la construcción sostenible con sus respectivos detalles y especificaciones para cada una de las partes a tener en cuenta como lo es la cimentación, la cual se propone un estilo de zapata corrida hecha a base de neumáticos llenos de tierra y ubicados de manera alterna, véase Figura 4.

Figura 4 Disposición de los neumáticos



Fuente: Los autores

Para los muros se propone el uso de botellas plásticas tal como se describe el procedimiento en el capítulo de Proceso Constructivo.

Para más información acerca del diseño estructural, hidráulico y eléctrico véase anexos B, C y D.

5. PROCESO CONSTRUCTIVO

5.1. CIMENTACIÓN

Se debe tener una base de cimentación que garantice al menos la resistencia requerida para el peso propio de los muros hechos en botellas. Normalmente se recomienda el uso de un pórtico a base de concreto.

Para la cimentación es necesario inicialmente conseguir el número de neumáticos requeridos, preferiblemente que todos sean del mismo tamaño.

Luego de tener el material necesario se procede con rellenar los neumáticos con tierra. Esta es una labor intensiva que involucra llenar los neumáticos usados para hacer que queden sólidos.

El material de relleno se debe apisonar de manera que el resultado sea un pesado objeto redondo que se utilizará a manera de zapata corrida tal como se muestra en la Figura 5.

Figura 5 Relleno de las llantas con Material seleccionado



Fuente: Los autores

De esta forma se empieza a hacer la excavación y a acomodar todas las llantas de forma ordenada y bien unidas para que la resistencia sea mayor y permita la formación del pórtico para la estructura a realizar. (Véase Figura 6).

Figura 6 Acomodación de neumáticos



Fuente: Los autores

Sobre el cimiento se desplantará el pórtico (vigas y columnas) el cual irá en concreto reforzado y se unirá a la cimentación por medio de varillas de hierro que van dentro del relleno de la llanta hasta una profundidad moderada que garantice estabilidad a la estructura.

Figura 7 Pórtico estructural



Fuente: Los autores

5.2. MUROS

Este tipo de construcción tiene más resistencia, en comparación con una de concreto, ya que entre los diferentes módulos de PET se colocan varillas, que actúan como un marco rígido, otorgando alta resistencia a los sismos.

Para la construcción de los muros es necesario que esté construida y nivelada la placa base, para ello se coloca la primera capa de mortero, que es una mezcla de arena-cemento. (Véase Figura 8)

Figura 8 Colocación del mortero



Fuente: RUIZ VALENCIA, Daniel. Nuevas alternativas en la construcción: botellas PET con relleno de tierra. En: Apuntes. Julio – Diciembre, 2012. Vol. 25, no. 2, p 294

El proceso es sencillo, inicialmente se debe recolectar las botellas todas del mismo tamaño, preferiblemente de 1.5L o 3L de Coca Cola, las cuales tienen toda su cara lisa.

Luego se procede con el llenado de botellas. Para esta parte se va introduciendo el material seleccionado, ya sea tierra, arena, escombros finos o bolsas de plástico dentro de la botella a través de un embudo.

En este proyecto se consideró la idea con el relleno en tierra ya que da más peso y por ende más firmeza al muro, luego se va apisonando cada capa hasta llenarla. Cuando la botella está llena no debe presentar abolladuras y al presionarla, no se debe hundir ninguna de sus caras laterales.

Sobre las vigas de concreto reforzado se colocan las botellas hasta obtener la primera hilada, las botellas se tienen que disponer perpendiculares al muro y alternadas entre ellas, con sus tapas y fondos en diferentes direcciones. La botella de la segunda hilada se coloca en el espacio medio de las botellas de la primera hilada. A medida que se van colocando las botellas se van amarrando con cuerda

o alambre por la cintura de la botella. Luego se procede a amarrar las tapas de las botellas, formando una especie de red.

Figura 9 Colocación del mortero



Fuente: RUIZ VALENCIA, Daniel. Nuevas alternativas en la construcción: botellas PET con relleno de tierra. En: Apuntes. Julio – Diciembre, 2012. Vol. 25, no. 2, p 294

Una vez obtenida la altura requerida se procede a llenar con los escombros de tamaño medio los espacios vacíos que hay entre cada botella de manera que se nivele la superficie para proceder con una mezcla de concreto que sirve para lograr mayor firmeza y duración. En muros estructurales es muy importante el relleno de las botellas, para asegurar su resistencia a largo plazo, y hacerles una pequeña perforación para permitir la respiración del material de relleno.

Una manera de finalizar el proceso es estucar el muro pero también se pueden dejar a la vista, haciendo más interesante el acabado y mostrando el innovador material utilizado.

El proceso de construcción fue diseñado de tal forma que todos los miembros de una familia o una comunidad puedan participar.

5.3. PEGA

Existen tres tipos de mezcla para el sistema:

- Arena-cemento: esta mezcla se emplea en diferentes proporciones como pega o para pañetes del uso.
- Cal-tierra: empleado como acabado final del sistema constructivo.
- Tierra: utilizada como pega entre hiladas.

5.4. PUERTAS Y VENTANAS

Al llegar a la altura de puertas y ventanas proyectadas se deben dejar dinteles de madera y continuar con el muro hasta obtener la altura pedida tal como se muestra en los planos anexos.

Para los pisos hasta el momento el estudio no ha encontrado restricciones para el empleo de algún piso en particular. Pueden ser empleados pisos de madera, plásticos, baldosas de cemento, arcilla y granitos.

5.5. ACABADOS

Como acabados se pueden emplear pañetes de tierra, cal o arena-cemento. Dependiendo del tipo de pañete se recomienda emplear pinturas de agua o aceite. En las zonas donde hay presencia de humedad (cocinas y baños) se recomienda el uso de enchapes que no permitan el contacto del agua con el material.

5.6. OTROS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

5.6.1. Tanques de almacenamiento de agua. El sistema ha demostrado tener aplicación en otros elementos de construcción, especialmente post desastre como tanques de almacenamiento de agua. Para la construcción de un tanque se prepara una superficie plana y nivelada. Sobre esta superficie se levanta una primera capa de pega de arena-cemento. Se debe tener precaución de dejar, previamente, los tubos de desagüe necesarios para el lavado del tanque. En el centro se coloca una varilla o elemento guía, que sirva de compás o base del círculo. Se amarra la botella por la cintura con la tapa hacia afuera. Al finalizar el círculo se amarra la primera botella con la última, con un doble nudo (Véase Figura 10).¹⁸

¹⁸ RUIZ VALENCIA, Daniel. Nuevas alternativas en la construcción: botellas PET con relleno de tierra. En: Apuntes. Julio – Diciembre, 2012. Vol. 25, no. 2, p 294

Figura 10 Amarre de botellas



Fuente: RUIZ VALENCIA, Daniel. Nuevas alternativas en la construcción: botellas PET con relleno de tierra. En: Apuntes. Julio – Diciembre, 2012. Vol. 25, no. 2, p 294

De esta manera se construyen capas sucesivas hasta encontrar la altura solicitada.

Figura 11 Base tanque de almacenamiento



Fuente: RUIZ VALENCIA, Daniel. Nuevas alternativas en la construcción: botellas PET con relleno de tierra. En: Apuntes. Julio – Diciembre, 2012. Vol. 25, no. 2, p 294

La segunda capa de mortero se construye con tierra. Es importante verificar la nivelación de las botellas desde el radio y de manera horizontal con las botellas de la hilada.

Una vez que se tenga la altura requerida del tanque, se debe pañetar de manera interna con una mezcla de arena-cemento. Es usual que el tanque se recubra al interior con un plástico con el fin de evitar filtraciones.

5.7. MANO DE OBRA

El sistema plantea la construcción como un proceso que integra la comunidad a través de una capacitación por autoconstrucción. Para que estos procesos puedan ser gestionados se requiere voluntad de la comunidad de participar en el proceso y deseos de superación.

Apoyo de entes o profesionales que preparen el proyecto: diseño, bocetos, planos, presupuestos, etc. Como contraparte la comunidad beneficiada aportará la mano de obra, el material, terreno y otro tipo de apoyo necesario dentro del proceso constructivo.

Selección, recolección y organización de la materia prima para la construcción: Botellas PET, tierra, arena o escombros del lugar y cuerdas de plástico.

Para una mayor claridad sobre el tema y la manera adecuada de utilización de los materiales véase el anexo F en donde se pueden observar algunos consejos sencillos para llevar a cabo la construcción de la escuela objeto del presente estudio.

6. CONCLUSIONES

Es claro que el trabajo académico en nuestro campo debe orientarse a la generación de conocimiento sistemático que contribuya en la resolución de problemas del ambiente y de la sociedad, prestando especial atención a las consecuencias no intencionadas de nuestros intentos por resolverlos, en particular, a evitar el impacto ambiental, la vulnerabilidad de nuestros asentamientos humanos y a fomentar todas las acciones que conlleven a una sostenibilidad múltiple.

Los nuevos elementos constructivos desarrollados utilizando PET reciclado son una alternativa posible para la ejecución de construcciones, más ecológica, más económica, más liviana y de mejor aislación térmica, que la mampostería de ladrillos comunes que se utilizan tradicionalmente en nuestra región; con una resistencia mecánica similar.

Por su bajo costo y tecnología simple los elementos constructivos desarrollados son especialmente aptos para viviendas, escuelas pequeñas y construcciones de interés social.

Generan una fuente de trabajo para personas de escasos recursos, tanto en la etapa de recolección de la materia prima como en la de elaboración de los elementos constructivos.

7. RECOMENDACIONES

Esta fase de desarrollo de la investigación mostró que el sistema de construcción sostenible tiene características de estabilidad para ser empleado en construcciones de bajo costo y post desastre. Adicionalmente, muestra ser versátil para ser empleado en diferentes diseños y formas. Los valores de carga máxima resistente a la compresión de las botellas llenas de escombros o de tierra están en el orden de magnitud de las fuerzas resistentes de un ladrillo de arcilla cocido con perforaciones horizontales.

Para aplicaciones en tanques, se debe limitar la altura máxima de los mismos con el fin de minimizar los riesgos de daño y de colapso.

Esta investigación mostró que se debe continuar con las investigaciones de caracterización en laboratorio para determinar la viabilidad del sistema como elemento no estructural, su resistencia a la tensión y módulo de rotura. Por ello dentro de los trabajos futuros se deberá estudiar el comportamiento de los muros ante diferentes esquemas de aplicación de carga que simulen efectos de tensión, flexión y flexo-tracción variando las características de las botellas y su material de relleno.

BIBLIOGRAFÍA

ARGOS. Concreto [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 01 Noviembre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.argos.co/productos/concreto/proceso-productivo>>.

CASAS ECOLÓGICAS. Pinturas ecológicas son más saludables [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 20 Octubre, 2014]. Disponible en internet: >URL: <http://icasasecologicas.com/pinturas-ecologicas-son-mas-sanas/>>.

CENTRO EXPERIMENTAL DE LA VIVIENDA ECONÓMICA – CEVE. Componentes para transferencia tecnológica [en línea]. Disponible en internet: <URL: <http://www.ceve.org.ar/ttpasticos.html>> [citado 28 julio, 2014]

EL RINCÓN DEL VAGO. Madera: materiales de construcción [en línea]. Bogotá [citado 17 octubre, 2014]. Disponible en internet: <URL: http://html.rincondelvago.com/madera_materiales-de-construccion.html>.

GAGGINO, Rosana. «Un nuevo desafío: construir con materiales reciclados» Revista Vivienda Popula Montevideo, Uruguay. Ed. Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República, 2004: N° 14, pp. 59 a 62. .

GERMANTIMBER, Madera para la construcción. [en línea]. Bogotá: la empresa [citado 31 octubre, 2014]. Disponible en internet: <URL: http://www.radermacher-pr.de/fileadmin/pdf_dokumente/Nadelholzprodukte/Softwood_Esp_Web_finale.pdf>.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Planeamiento y Diseño de Instalaciones y Ambientes Escolares. NTC 4595. Bogotá: ICONTEC 1999. P.45

PLATAFORMA EN ARQUITECTURA. En detalle: Construcción con botellas recicladas [en línea] Bogotá: José Tomás Franco [citado 17 Octubre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-118791/en-detalle-construccion-con-botellas-recicladas>>.

ROFERLO. Cubierta de zinc [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 20 octubre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.roferlo.com/roferlo/index.php/cubiertas-de-pizarra-zinc-cobre/cubiertas-de-zinc>>.

RUIZ VALENCIA, Daniel. Nuevas alternativas en la construcción: botellas PET con relleno de tierra. En: Apuntes. Julio – Diciembre, 2012. Vol. 25, no. 2, p 294.

VIRTUAL LLANTAS. Todo sobre neumáticos [en línea]. Bogotá, la Empresa [citado 2 noviembre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://www.virtualllantas.com/medidas-indicadores-llantas>>.

WIKIPEDIA. Grava [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 20 octubre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/Grava>>.

WIKIPEDIA. Teja [en línea]. Bogotá: La Empresa [citado 31 octubre, 2014]. Disponible en internet: <URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/Teja>>.

ANEXOS

Anexo A – Planos Arquitectónicos

Anexo B – Planos Estructurales

Anexo C – Planos Hidráulicos

Anexo D – Planos Eléctricos

Anexo E – Presupuesto

Anexo F – Manual de autoconstrucción