

AS-3

**APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS DE LAS ALFARERIAS
ARTESANALES DEL ESTADO LARA-VENEZUELA PARA SU USO COMO
AGREGADO FINO Y SUSTITUTO PARCIAL DEL CEMENTO EN LA
ELABORACION DE HORMIGON: UNA ALTERNATIVA PARA EL
DESARROLLO SUSTENTABLE**

Giménez, Alejandro / Malave, Rosa / Bolognini, Humberto / Dikdan, María / López, Glenda
Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", Barquisimeto, Venezuela.
agimenez@ucla.edu.ve – alegimenez @cantv.net

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha difundido a nivel mundial el concepto de Desarrollo Sustentable, el cual integra un conjunto de principios orientadores que hacen frente al desafío de diseñar un futuro más racional, estable y equitativo, que permita satisfacer las necesidades y aspiraciones de la sociedad, así como mantener el equilibrio biofísico indispensable para el propio desarrollo.

En ese sentido, una de las necesidades sociales más demandadas tanto en el país, como en la región durante los últimos años es la adquisición de viviendas con condiciones dignas para las clases más desposeídas. El no satisfacerla deteriora cada día más el equilibrio indispensable para el desarrollo del individuo, de las comunidades y del país.

La carencia de una vivienda digna, entre otros problemas, es símbolo de la calidad de vida de la familia que en ella habita y a su vez es un factor desencadenante de múltiples problemas, originados esencialmente por la escasez de servicios sanitarios, hacinamiento y deterioro de las construcciones, que conducen a problemas psicosociales en la conducta del ser humano.

Son múltiples factores a los cuales se les atribuyen la citada carencia, altos costos en los materiales de construcción, incremento de costo en la mano de obra calificada para la construcción de viviendas, escasez de productos y de sistemas alternos de construcción que puedan facilitar y reducir los costos. En definitiva el aspecto económico y la falta de alternativas constructivas son los que más han impactado dicha problemática.

En consecuencia, para dar solución a esta problemática, se hace necesario la búsqueda de opciones que permitan la reducción de costos de construcción, obteniendo el máximo aprovechamiento de los recursos con los que se puede contar en un momento determinado.

En Venezuela, el empleo de tecnologías apropiadas a través del uso de materiales autóctonos como el adobe, la mampostería etc, ha permitido desarrollar una alternativa económica para la construcción de viviendas populares, sin embargo dicha tecnología se ha visto encarecida principalmente por el uso de concreto convencional para la elaboración de las losa de piso, morteros de pega y frisos. Nace allí la necesidad de buscar alternativas para la reducir los costos que se han visto incrementados día a día.

Finalmente cabe destacar que la tendencia actual en el mundo es emplear productos obtenidos de material reciclado. Sin embargo, en Venezuela no existe una cultura de aprovechamiento de desperdicios provenientes de obras civiles, lo cual sin duda alguna puede representar una gran oportunidad para la reducción de costos para la adquisición de agregados y el reuso de material en la construcción, además de una estrategia para la recuperación ambiental. En tal sentido, se intenta en este trabajo la utilización del material de desecho como un recurso renovable con la intención de reducir los costos en la tecnología del adobe y de otras, para fomentar el empleo de nuevas tendencias sustentables para la construcción y reducir la contaminación ambiental.

Metodología de la Investigación

En la actualidad la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado" desarrolla una propuesta con la intervención de las comunidades y de la Alcaldía del Municipio Torres del Estado Lara, con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes de las comunidades más desposeídas.

"Municipios Promotores del Desarrollo Local" es el nombre que se le ha asignado a esta propuesta. La ejecución del mismo está en manos de las Comunidades, un grupo multidisciplinario, integrado por personal de la UCLA, representado en sus decanatos de Ingeniería Civil, Medicina, Medicina Veterinaria e Ingeniería Agronómica y por la Alcaldía del mencionado municipio.

Como aporte a la mencionada propuesta a través de éste trabajo, se desarrolló un proyecto para determinar el uso de los desechos de alfarerías artesanales de la zona del mencionado municipio para ser usados como sustituto total del agregado fino y sustituto parcial del cemento en mezclas de concreto para ser usado en la construcción de las losas de piso de viviendas populares de la región, utilizando la estrategia de Desarrollo Sustentable Local.

En tal sentido, se aplicó un modelo mixto (*ver Figura 1*), resultado de la combinación de los principios planteados por Vanegas J.A. (2003), Pesci, R. (s/f), y López, G. (1994) para proyectos sustentables.

Los factores involucrados en la aplicación de éste modelo son: Aspectos Sociales-Culturales- Políticos, Aspectos Técnicos- Económicos – Financieros y Aspectos Ambientales. En ésta investigación, los aspectos ambientales a nivel de detalle se dejaron para ser desarrollados en otro trabajo que realice la evaluación de impacto ambiental.

Aspectos sociales – culturales – políticos

El análisis de estos aspectos se realizó a través de visitas periódicas efectuadas a las comunidades de El Coyón y Los Arangues, asistencia y participación en reuniones con miembros y líderes de las mencionadas comunidades, autoridades de la Alcaldía y de otros entes gubernamentales y personal de la Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado".

Adicionalmente se recabó información básica de las comunidades por medio de intercambios y encuestas con líderes de la comunidad, así como por revisión bibliográfica de las principales características de la zona.

Los principales factores involucrados y evaluados en el análisis de estos aspectos fueron:

- Participación de las comunidades
- Diagnósticos participativos, globales y particulares.
- Organizaciones presentes

Mediante procesos rápidos con la Comunidad, Alcaldía y UCLA se logró el conocimiento de la problemática del sector de referencia y del posible ámbito de aplicación, resumido en:

- Debilidades
- Potencialidades
- Datos pertinentes: Socio-económicos, educativos, culturales, actividades productivas principales.

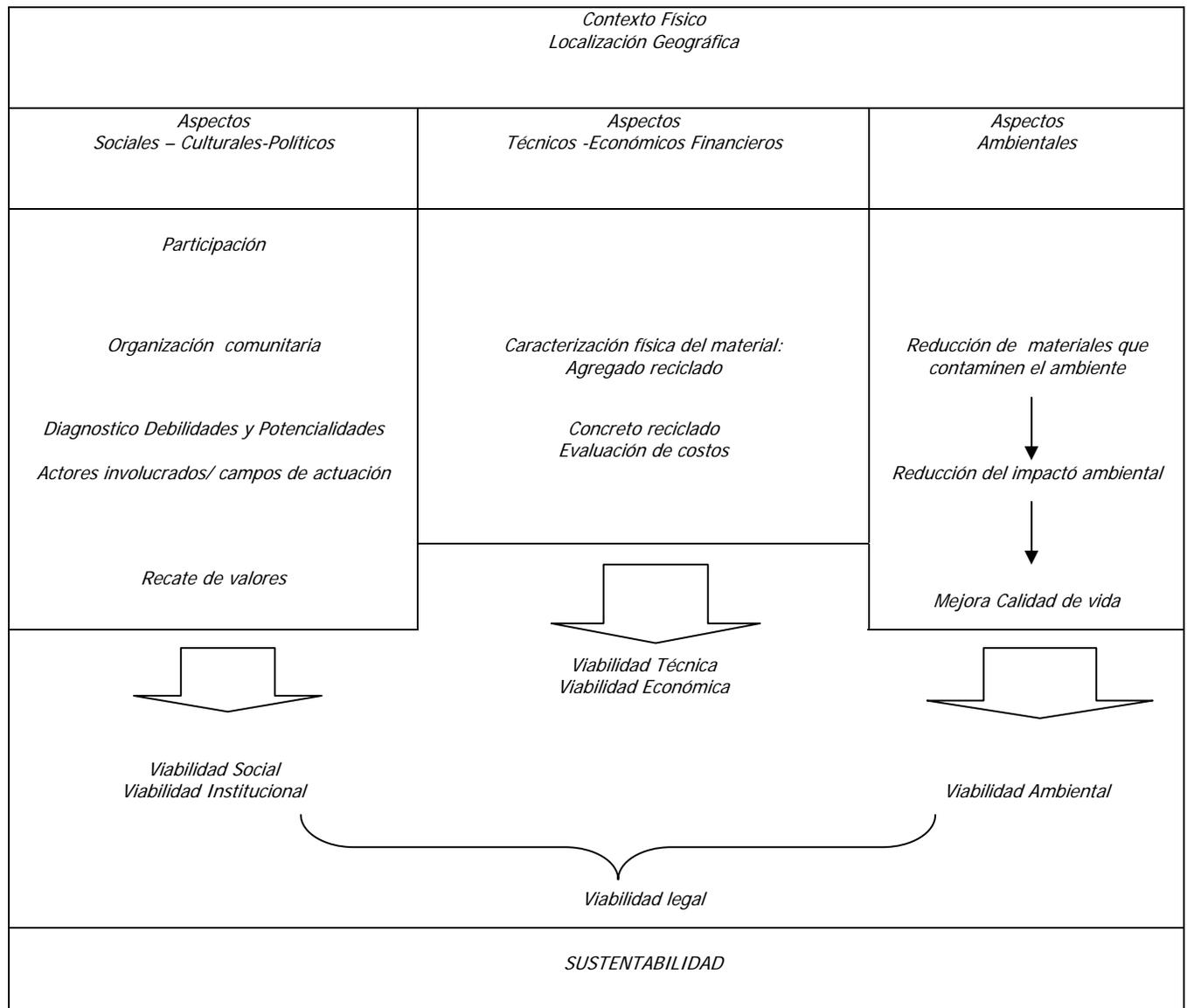


Figura 1. Modelo de Evaluación de Proyectos Sustentables
Fuente Vanegas J.A. (2003), Pesci, R. (s/f), con modificaciones del autor

Aspectos técnicos – económicos – financieros.

Para el aprovechamiento de los desechos de alfarería, con mira a su reutilización y apropiación tecnológica, se evaluaron sus propiedades como material para elaborar concreto, su aplicación en el concreto de las losas de piso y los costos de producción.

Estos criterios técnicos incluyen los pasos mínimos para la producción y el manejo de los desechos de alfarería, también se determinaron los usos y bondades de este tipo de materiales en la elaboración de mezclas de concreto de 180 kg/cm² y 210 kg/cm² con sustitución del 25% del cemento por desechos finamente molidos.

Obtención de los desechos de alfarería.

Debido a que la región del municipio torres del estado Lara tiene dentro de sus principales actividades económicas la elaboración de insumos de construcción artesanal (bloques, lengüetas, tejas, ladrillos, cerámica etc) , resulto muy sencillo la obtención de los desechos originados por dicha actividad económica.



Figura 2 Apilamiento del material

Proceso de transformación de los desechos en agregado fino y sustituto del cemento

Para el proceso de trituración y molienda de los desechos, lo primero que se debe establecer es el tipo de máquinas trituradora y molinos a utilizar. La selección de estas máquinas se realizó tomando como parámetro fundamental que el proceso sea realizado en la misma obra y por parte de la comunidad, por lo tanto debe poseer ciertas características que hagan mucho más sencilla la apropiación de esta tecnología.

En consecuencia la máquina trituradora de mandíbula y el molino de disco son capaces de producir agregado fino y grueso, ya que a la misma se le puede variar la abertura de salida para obtener el tamaño del agregado deseado. Adicionalmente los molinos de disco permiten la molienda muy fina del material, llegando a tener materiales pasantes del cedazo número 200

Obtención de agregado fino.

Para la obtención de los agregados reciclados, se procedió a la trituración mecánica de la materia prima seleccionada. El agregado reciclado empleado es el proveniente directamente de la trituración, y es el recomendado para sustituir al agregado fino en su totalidad en la elaboración de mezclas de concreto para losa de piso.

Caracterización de los agregados (reciclados y naturales).

Se caracterizaron de acuerdo a lo establecido en las normas Venezolanas COVENIN, destacándose los siguientes:

- Ensayo para determinar la composición granulométrica de los agregados finos y gruesos
- Resistencia al desgaste en agregados grueso: Esta propiedad fue medida en forma cuantitativa por medio de la máquina de los Ángeles.
- Peso específico y porcentaje de absorción del agregado fino

- Peso unitario del agregado
- Determinación por lavado del contenido de materiales más fino que el tamiz #200. Ultrafinos
- Método de ensayo para determinación de impurezas orgánicas en arenas para concretos.
- Método de ensayo para determinar cloruros y sulfatos solubles en las arenas.

Estos dos últimos parámetros fueron determinados en forma cualitativa.

Desechos de Alfarería Molido (Puzolana) utilizado como sustituto parcial del Cemento

Los desechos de alfarería recolectados fueron tejas y lengüetas, provenientes de la alfarería El Coyón, ubicada en el sector La Otra Banda, Carora – Edo. Lara. Para ser utilizados como sustituto parcial del cemento, dichos desechos fueron triturados haciéndolos pasar dos veces por la máquina trituradora, luego molidos pasándolos tres veces por la molidora y cernido a través del cedazo # 200, para así lograr que se comporte como material cementante.



FIGURA 4. Moliendo la puzolana.



FIGURA 5. Tamizando la puzolana.

Caracterización del material aglomerante

Ensayos de Consistencia

El ensayo se realizó según la Norma COVENIN 494-94. Esta norma esta referida al cemento Pórtland, pero su procedimiento será tomado como válido para la sustitución del cemento por desechos de alfarería molido, debido a que se considera una adición al cemento.



FIGURA N° 6. Aparato de Vicat Manual.



FIGURA N° 7. Ensayo de Consistencia.

Ensayos de Tiempo de Fraguado

El ensayo se realizó según la Norma COVENIN 493-92. Esta norma esta referida al cemento, pero su procedimiento será tomado como válido para la sustitución del cemento por desechos de alfarería molido.



FIGURA N° 8. Aparato de Vicat.



FIGURA N° 9. Ensayo de Fraguado.

Ensayos de Finura

Este ensayo se realizó de acuerdo a la Norma COVENIN 487-93. Al igual que en los dos casos anteriores este procedimiento es empleado para la caracterización del cemento, sin embargo se adoptó este procedimiento para el material aglomerante estudiado

Diseño de mezclas.

Para las casas que se fabricarán en la comunidad de Los Arangues, se propone elaborar un concreto que utilice agregado fino proveniente de la trituración de los desechos de alfarería, agregado grueso natural y sustitución del 25% del cemento por desechos de alfarería molidos. Su uso será para losas de piso con un espesor de 10 cm y con las siguientes características; resistencia de diseño a compresión $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y otro de 250 kg/cm^2 asentamiento de 8 cm, y tamaño máximo del agregado grueso 1"

Los diseños de las mismas fueron elaborados siguiendo los criterios de resistencia establecidos en el método desarrollado en el Manual del Concreto Estructural (Porrero y otros 1996). Este es un método desarrollado en el país, lo cual permite una fácil aplicación por lo conocido.

Paralelamente se ensayaron mezclas patrón con agregados naturales convencionales, de manera de poder realizar una comparación con las de agregado reciclado y cemento convencional. En todas las mezclas el agregado grueso empleado es de tipo natural.

Diseño de las Probetas Cilíndricas

Se elaboraron dos (2) mezclas patrón, una con resistencia a la compresión de 180 Kg/cm^2 y otra con 210 Kg/cm^2 , a su vez para cada una de estas resistencias de diseño se realizaron sustituciones parciales del 25% del cemento y 100% del agregado fino.

Elaboración de Probetas Cilíndricas

El procedimiento para la elaboración de las probetas fue el de la Norma COVENIN 338-02.

Evaluación del Concreto:

En Estado Fresco:

Medición del Asentamiento con el Cono de Abrams

Se realizó según lo establecido en la Norma COVENIN 339-94



FIGURA N° 10. Cono de Abrams.



FIGURA N° 11. Medición del Asentamiento.

En Estado Endurecido:

Resistencia a la Compresión de las probetas de Concreto

Los ensayos de Resistencia a la Compresión se realizaron tanto a los 7 como a los 28 días, según las Normas COVENIN 338-02

Estimación de los costos del agregado fino reciclado.

Los costos por metro cúbico del agregado natural y reciclado se determinaron de la siguiente manera.

- Costo del agregado natural: el costo al agregado natural por metro cúbico se obtuvo directamente de las empresas productoras de agregados, a través de las entrevistas y visitas realizadas a las empresas del ramo en la región.

El costo por metro cúbico de agregado natural puesto en obra fue calculado adicionando el valor de transporte según asociación de volqueteros, empresa encargada del transporte de los agregados.

- Costo del agregado reciclado: el costo por metro cúbico de agregado reciclado se determinó aplicando un análisis de precio unitario. Los parámetros que se tomaron en cuenta para dicho análisis son: costo de adquisición de la máquina trituradora (inversión inicial), los costos de operación de dicha máquina (operador y mantenimiento), el costo de mano de obra para la selección y preparación de los desechos y el costo por transporte para la obtención de la materia prima (desechos).

Adicionalmente se determinó a través de análisis de precios unitario la incidencia de los costos de los materiales en la elaboración de concreto para losas de piso, tanto con agregado reciclado como con agregado natural de la zona.

Aspectos Ambientales.

Como se ha dicho, estos aspectos no fueron analizados en profundidad esperando que una próxima investigación desarrolle todo un estudio de impacto ambiental para la propuesta. Sin embargo, se realizó la revisión de la legislación nacional actual que incide de manera directa en la regulación de los desechos de construcción y de la extracción de material pétreo.

Adicionalmente, se propone una mejora en el aspecto visual- estético de la población y reducción del impacto al ambiente en la población de El Coyón y otras vecinas.

Evaluación de la sustentabilidad del proyecto según los criterios propuestos en el modelo.

De manera de poder avalar el proyecto de sustentabilidad propuesto se evaluó desde el punto de viabilidad cada uno de los aspectos involucrados en el análisis. Desde el punto de vista cualitativo se analizó la viabilidad social del proyecto. Adicionalmente se desarrolló el análisis de viabilidad técnica, tomando como base los resultados obtenidos de los ensayos del material reciclado propuesto.

También se realizó la evaluación de la viabilidad económica siguiendo los procedimientos de análisis de precio unitario para la determinación de los costos de producción del agregado y la metodología planteada por el Fondo de Inversión Social de Venezuela (FONVIS).

Una revisión bibliografía permitió el análisis de las viabilidades institucional, ambiental y legal, tomando como base las legislaciones que regulen la extracción de material pétreo, el depósito de desechos sólidos y el apoyo institucional para el mejoramiento de la calidad de vida.

Por último se planteó la realización de una matriz de evaluación cualitativa de las viabilidades antes mencionada y la propuesta para la aplicación de proyectos similares en otras comunidades de manera de poder concluir respecto a la sustentabilidad del proyecto de aprovechamiento de los desechos de alfarería.

Resultados

A continuación se describirán los resultados de todos y cada uno de los criterios evaluados en el modelo de sustentabilidad propuesto.

Contexto Físico. Localización Geográfica de las Comunidades en Estudio

El Municipio Torres posee una población de 165.443 habitantes, que representa un 11.66% de la población total del Estado Lara. El 41.42% de la población de este Municipio es menor a 15 años y el 59% vive en pobreza.

Dentro del Municipio Torres existen muchas comunidades pobres, tanto urbanas, como rurales. La población de Los Arangues es una de ella, la cual se tomó como piloto para éste estudio. Es una comunidad campesina ubicada a 20 kilómetros del sur de Carora, en la Parroquia Trinidad Samuel del Municipio Torres en el Estado Lara, al margen de la carretera Panamericana vía que conduce hasta el Estado Trujillo. Con 1800 habitantes y una población mayoritariamente de niños y jóvenes que viven en 370 viviendas construidas con bloques de cemento, adobe y bahareque, cercas de alambres, techos de zinc, tejas y calles de tierra.

Por otra parte, el caserío el Coyón, ubicado en la zona conocida como la otra banda del Municipio Torres, a 5 Km de la ciudad de Carora y 25 Km de Los Arangues será el encargado de proporcionar los desechos de alfarería a emplear para la obtención del agregado fino y el sustituto del cemento.

Análisis de los aspectos Sociales – Culturales – Políticos

Los primeros aspectos estudiados en el desarrollo de esta investigación fueron los relacionados con los factores sociales, culturales y políticos presentes en las comunidades de estudio, siguiendo el modelo de proyecto sustentable modificado planteado en la metodología. Este primer análisis evaluó el compromiso de los actores en la resolución de los problemas de las comunidades en estudio.

Participación de la comunidad.

Para poder alcanzar una vinculación efectiva entre las investigaciones técnicas y su uso por parte de las comunidades, es necesario desarrollar una alta participación y motivación por parte de sus líderes, para que ellos actúen como multiplicadores de los beneficios y su incidencia en la mejora de la calidad de vida de sus miembros.

En ese sentido, como resultado de la serie de visitas, contactos y entrevistas realizadas en las comunidades de Los Arangues y de El Coyón se pudo determinar la presencia de líderes con alta vocación de servicio en procura de lograr la solución de sus problemas.

En primer caso, a la población de El Coyón se le planteó la posibilidad de eliminar los desechos que ellos generan por su actividad económica, los cuales se han venido

acumulando desde hace aproximadamente 8 años ocasionando una seria e importante contaminación al ambiente, así como un deterioro visual de su comunidad. Este planteamiento fue recibido y aceptado con gran agrado y de forma inmediata y sin la exigencia de pago alguno por la utilización de este material.

Adicionalmente, fueron visitados otros productores de la zona de otra banda del mencionado municipio, logrando motivar a un importante número de poblaciones y en especial a la comunidad de Guamare, gran generadora de desechos de alfarería que podrían ser utilizados en un corto o mediano plazo.

El estudio de la participación de las comunidades permitió conocer desde su propio punto de vista, cuáles son sus necesidades y hacia dónde deben dirigirse las acciones. Para ello se consideró el ambiente (hábitat) y las condiciones sociales reales, puesto que la vivienda no es sólo un conjunto estructural, sino un espacio concebido en función de una familia.

Para establecer el grado de participación comunitaria y su compromiso se analizaron los siguientes factores:

- Factores Económicos / Financieros.

Estos factores contemplan los beneficios que se derivan de la participación de la comunidad en proyectos Internacionales o Nacionales, Públicos o Privados que puedan generar diversas formas para desarrollar procesos de auto y co-gestión que contribuyan a la mejora de calidad de vida de los habitantes de la comunidad en el caso del proyecto para el uso de desechos, la comunidad de Los Arangues mostró un gran deseo de participación, no sólo por los beneficios económicos, sino por su aporte a la preservación y conservación del ambiente.

La apropiación de esta tecnología por parte de la comunidad, también representa una motivación económica, ya que constituye el aprendizaje de un nuevo oficio que le permitirá a un grupo de habitantes generar recursos lo cual se traduce a una mejora en la calidad de vida para ellos y en el mejoramiento del Hábitat.

- Factores Sociales

Estos tipos de factores representan las necesidades de las familias de más bajos ingresos, los mismos van más allá de las necesidades meramente económicas, y están enmarcadas dentro de un contexto sociológico que implica el desarrollo del individuo en la sociedad. Todo lo que represente una nueva generación de recursos para la comunidad representa un cambio de vida, no sólo económico, sino social y psicológico

En la comunidad de Los Arangues la carencia de una vivienda digna es la principal necesidad de las familias de más bajos ingresos, por lo que la participación de la comunidad en procura de poder acceder a una vivienda digna es unánime. Por su parte en la comunidad de El Coyón el poder dar uso a un material de desperdicio, así como un aporte en la preservación del ambiente, se ve reflejado en una mejor calidad de vida para sus habitantes.

- Factores Culturales

Representan las creencias y conocimientos adquiridos manejados por el grupo social, que inciden en el comportamiento conductual de los individuos. En las comunidades en estudio se encuentra muy arraigada su tradición cultural en la construcción de viviendas con adobe llegando a ser casi imposible cambiar el prototipo de vivienda existente por una de construcción convencional, por ello la aplicación de concreto con agregado reciclado en la losa de piso, fue la que más se adaptó para la introducción de esta tecnología a la comunidad.

- Factores Políticos

El aspecto político ha cobrado gran importancia en los últimos años para el desarrollo de proyectos que involucren la participación comunitaria. Este tipo de decisiones deben estar siempre fundamentadas en estrategias que permitan desarrollar verdaderas gestiones habitacionales, tanto a corto, mediano y largo plazo.

La comunidad de los Arangues ha recibido un gran apoyo desde el punto de vista político con la aprobación de un plan para la construcción de 70 viviendas con tecnología del adobe,

enmarcada en un proyecto Nacional de autoconstrucción de este tipo de viviendas que lleva adelante el Gobierno Nacional.

Organización comunitaria.

En un proyecto que tenga como propósito mejorar la calidad de vida de un sector, se deben incorporar de manera directa a todos los factores que hacen vida activa organizada en ese sector y en consecuencia se hará más sencillo el proceso de adaptación tecnológica y de aprovechamiento del proyecto por parte de la comunidad.

De igual manera, como resultado de las entrevistas, visitas y revisión documental se determinó que los habitantes de la población dependen económicamente del trabajo realizado en la "Hacienda Los Aranguez" dedicados al cultivo de la caña de azúcar y al ganado de lidia (toros de casta española), una docena trabajan en el Central Azucarero La Pastora, 30 familias dedicadas a la cría caprina, 10 bodegueros, 4 obreros de la salud, 2 obreros educacionales, 1 distribuidora de alimentos para animales ubicada en la ciudad de Carora.

Otros elaboran artesanía en pequeña escala, cerámica, cuero curtido, hamacas, la mayor cantidad de personas trabaja en la elaboración de empaques de material pirotécnico artesanalmente y con una tradición de mas de 100 años. El material es trabajado organizadamente últimamente desde sus casas y se cuenta con 1 fábrica debidamente legalizada para el ensamble del material. Igualmente un importante número de familias dependen del trabajo que realizan sus integrantes en otras regiones del país.

En conclusión, se pudo observar una gran estructura de organización social dentro sus habitantes, teniendo muchos años de experiencia y tradición en solución de problemas con la unión y trabajo en conjunto. La presencia de una cultura organizada y participativa en la construcción de sus viviendas, basado en la tradición de construir en adobe en la población, facilita el proceso organizativo para el desarrollo de éstos tipos de proyecto.

Diagnóstico de debilidades y potencialidades

A partir de las visitas, entrevistas y contactos directos con la comunidad en estudio, se han diagnosticado como debilidades y potencialidades más relevantes las siguientes:

- Debilidades
 - Ausencia o carencia de recursos económicos por parte de los miembros de la comunidad
 - Dependencia económica de la comunidad en relación a la participación del Estado
 - En general bajo nivel educacional de la población.
 - División política entre miembros de la comunidad, generando exclusión a ciertos sectores.

- Potencialidades
 - Existencia de una buena estructura de organización comunitaria
 - Alto nivel de colaboración entre los miembros y alto deseo de participación en planes que beneficien a la comunidad.
 - Existencia de una cultura constructiva tradicional
 - Apertura hacia las innovaciones tecnológicas.
 - Existencia de un proyecto que contempla la construcción de 70 viviendas, con el empleo de métodos tradicionales con la respectiva aprobación por parte del Consejo Nacional de la Vivienda (CONAVI) y la Fundación Regional para el Desarrollo de la Vivienda (FUNREVI)

- Posibilidad de extrapolar la experiencia a otras comunidades, una vez apropiada la tecnología, convirtiéndose en un ente multiplicador de la tecnología.

Actores Involucrados/ Campos de actuación.

Una vez conocidas las potencialidades y las formas de organización de la comunidad, es necesario establecer los actores sociales involucrados y los campos de actuación prioritarios los cuales son los encargados de realizar las gestiones necesarias para desarrollar la apropiación de la tecnología. Dichos campos de actuación prioritaria definen áreas de gestión que es necesario abordar. Estas gestiones deben ser realizadas por los principales actores involucrados para este tipo de proyectos. Es importante identificar tres grandes grupos de actores: el primero conformado por los miembros de las comunidades del El Coyón y Los Arangues, comprometidos con el proyecto y con la firme idea de mejorar su calidad de vida. En segundo lugar se identifican los actores técnicos que desarrollan las nuevas tecnologías y prestan toda su ayuda y experiencia para el desarrollo de la comunidad, como es el caso de los profesionales del DIC-UCLA que han prestado toda esta colaboración en la parte técnica. Por último, se deben identificar los actores Gubernamentales involucrados. Para el caso en estudio, estos actores están constituidos por la Alcaldía del Municipio Torres, FIDES, FUNREVI y CONAVI.

Análisis de Aspectos Técnicos -Económicos – Financieros

En este aspecto, se enfocaron los aspectos más relevantes para el uso de la tecnología del reciclaje de los desechos de alfarería.

Obtención de los agregados reciclados derivado de los escombros.

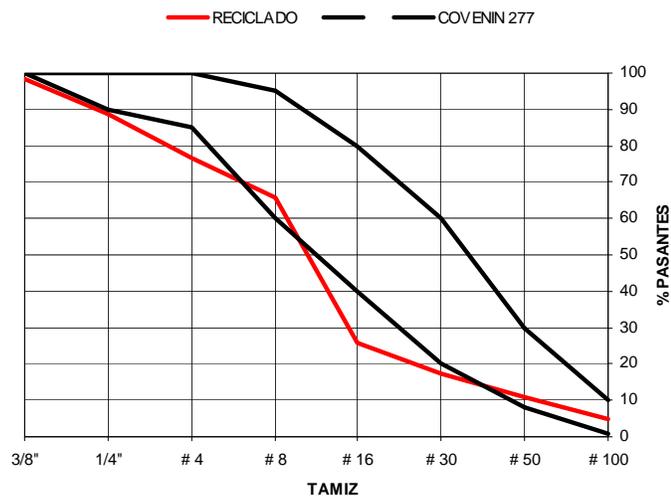
Tal como se ha mencionado anteriormente para la obtención de los escombros se seleccionó la comunidad de El Coyón, Ubicado a 5 Km de la ciudad de Carora y a 22 Km de la población de Los Arangues. La selección se tomó con base a la cercanía y la cantidad de escombros generados para su reutilización. Otra variable importante para la selección del sitio fue la

pureza de los escombros, ya que casi en su totalidad pueden ser reutilizados para la obtención del agregado.

Caracterización de los agregados.

Esta investigación contempló el estudio de las principales propiedades de los agregados, con el propósito de realizar un análisis comparativo entre el agregado reciclado y el agregado natural que permita conocer su la calidad.

- Composición granulométrica



Como se observa en la grafica el agregado fino reciclado en algunos de sus puntos esta fuera del rango de valores recomendados por la Norma, estando por debajo del límite inferior, básicamente por los altos contenidos de fino de este tipo de agregados. Sin embargo en ninguno de los casos la diferencia es considerable, aun cuando se presentan oscilaciones iniciales y finales fuera del intervalo normativo el agregado se puede considerar de granulometría aceptable.

En la Tabla siguiente se muestra un resumen de las características obtenidas en el laboratorio para el agregado fino reciclado, el cual se empleó en la elaboración de las mezclas de concreto. En la misma se observa que los resultados más distantes a los

exigidos por la norma son el porcentaje de absorción y el porcentaje de ultrafinos, propiedades o características cuya incidencia debe tomarse en cuenta al momento de realizar los diseños de mezclas de concreto de manera de evitar cualquier anomalía que pueda afectar al concreto.

	<i>Valor obtenido experimentalmente</i>	<i>Valores normativos o referenciales</i>
<i>Modulo de finura</i>	<i>3,91 ± 0,22</i>	<i>2,8 – 4,00</i>
<i>Absorción</i>	<i>15,66 % ± 5,15</i>	<i>< 5%</i>
<i>Peso especifico</i>	<i>2,20 ± 0,32</i>	<i>2,60 – 2,65</i>
<i>Peso unitario suelto</i>	<i>1073 Kg/m³ ± 14</i>	<i>1450-1650</i>
<i>Peso unitario compacto</i>	<i>1265 Kg/m³ ± 55</i>	<i>1650-1850</i>
<i>Ultrafinos</i>	<i>11,09 %</i>	<i>< 15%</i>
<i>Impurezas orgánicas</i>	<i>No</i>	<i>No</i>
<i>Cloruros</i>	<i>No</i>	<i>No</i>
<i>Sulfatos</i>	<i>No</i>	<i>No</i>

Caracterización de los desechos molidos para su uso como sustituto del cemento.

Los resultados de los ensayos realizados tanto al cemento como al cemento elaborado con sustituciones parciales de desechos de alfarería molido se presentan a continuación.

- **Consistencia:** En la Tabla se observan los resultados de los ensayos que permitieron determinar la consistencia normal del cemento y de la combinación del cemento con sustitución parcial

% SUSTITUCIÓN DE PUZOLANA	% DE AGUA	DE PENETRACIÓN (mm)
100% Cemento (Patrón)	25	9
75% Cemento – 25 % Puzolana	26.58	9

En estos resultados se puede observar que las muestras con sustitución de desechos por cemento necesito un poco mas de agua que la muestra patrón, reflejándose en una mayor relación agua/cemento.

- **Fraguado:** Con el porcentaje de agua que se determinó mediante el ensayo de consistencia se realizó el ensayo de fraguado, en la Tabla siguiente se pueden observar los tiempos iniciales, finales y tiempo total del fraguado del cemento y de la sustitución parcial de puzolana por el mismo.

SUSTITUCIÓN DE PUZOLANA	INICIO DEL FRAGUADO (min)	FINAL DEL FRAGUADO (min)	TIEMPO DE FRAGUADO (min)
100% Cemento (Patrón)	125.25	270	144.75
75% Cemento – 25 % Puzolana	148.50	270	121.50

Fuente: Propia

Analizando los resultados del inicio del fraguado en cada muestra, observamos que la primera en comenzar a fraguar es la muestra patrón y la muestra en iniciar su fraguado es la

del 25% de sustitución que tarda 23.25 min mas. Sin embargo el tiempo de fraguado del aglomerante adicionado fue menor que el patrón.

- **Ensayo de finura:**

MUESTRA	TIEMPO (seg)	FINURA (cm²/gr)
100% Cemento (Patrón)	99.67	4147.44
75% Cemento – 25 % Puzolana	120.94	4568.50

El rango normativo de la finura del cemento es 2500 cm²/gr. – 3500 cm²/gr., al analizar los resultados obtenidos se puede notar que todos sobrepasan el límite superior del rango, esto quiere decir que las muestras son muy finas.

Los ensayos de consistencia, fraguado y finura están muy relacionados entre sí y al analizar los resultados de estos ensayos podemos observar que las muestras tienen un buen comportamiento, a mayor finura es mayor el porcentaje de agua utilizado y es menor el tiempo total del fraguado, lo cual justifica claramente los resultados obtenidos anteriormente.

Evaluación del concreto

En Estado Fresco:

Medición del Asentamiento con el Cono de Abrams

En la Tabla, se pueden observar los valores obtenidos del asentamiento en cada muestra de concreto fresco.

MUESTRA	% SUSTITUCION DE CEMENTO	RESISTENCIA DE DISEÑO (kg/cm ²)	ASENTAMIENTO (cms)
Patrón	No Aplica	180	12
100% Sustitución de Agregado Fino por desechos Triturados	25	180	6
Patrón	No Aplica	210	10
100% Sustitución de Agregado Fino por desechos Triturados	25	210	7

El asentamiento estipulado en el diseño de mezclas fue de 8cm y al realizar el análisis de los resultados obtenidos se pudo observar que los valores están dentro del rango permitido.

En Estado Endurecido:

- **Ensayo de Resistencia a la Compresión:**

La resistencia a compresión a los tres (3) días, a los catorce (14) días y a los veintiocho (28) días, fue determinada mediante la elaboración de probetas cilíndricas.

Las variables que influyen en el desarrollo de la resistencia y en la velocidad en que estas se desarrollan son: la relación agua/cemento, los componentes y finura del cemento, la calidad de los agregado, la temperatura del medio ambiente y el curado.

Para nuestro diseño la relación a/c, la temperatura, la calidad de los agregados y el curado son constantes.

Los ensayos realizados a edades tempranas del concreto, a los tres 3 días, no arrojan resultados lo suficientemente confiables como para concluir acerca de la resistencia que la mezcla pudiera tener a los 28 días, aun así, este resultado pudiera acercarnos a un posible valor, que en teoría debería ser aproximadamente un 65% de la resistencia total esperada.

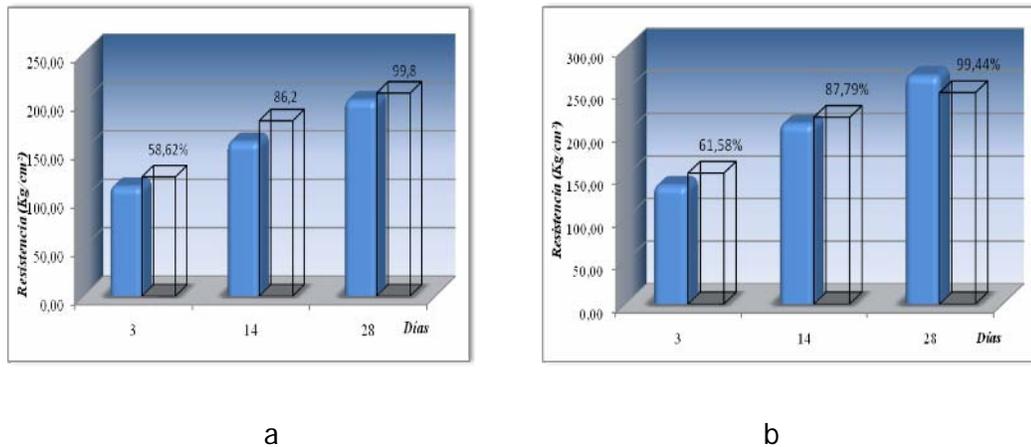


Figura 12. Resistencia a la compresión a) 210 kg/cm² b) 250 kg/cm²

Basándonos en los resultados, los porcentajes de desarrollo de resistencia (promedios para el ensayo a los 28 días) para la mezcla F^c 210 Kg/cm², 100% sustitución del AF y 25% sustitución de cemento a los 3 días fue de 53.83%, a los 14 días 75.86% y a los 28 días 96.27% de la resistencia total de diseño; notando que, a los 28 días, la resistencia de diseño de las mezcla con 25% sustitución de cemento no cumple, sin embargo el valor esta muy cercano al de diseño, esto posiblemente a las reacciones mas lentas de los desechos molidos, lo que es indicativo que el valor de diseño se alcanzara en un tiempo mayor a los 28 días.

Para el caso de las mezclas de 250 kg/cm², estas logran superar el 100% a los 28 días, este comportamiento se debe a que los cementos puzolánicos tienen una adquisición inicial de resistencia que suele ser un tanto lenta.

Resumen de costos/m³ de concreto. Análisis de precio unitarios (APU)

El estudio de costos realizado a cada una de las mezclas propuestas fue comparado con el costo de las mezclas patrón, es decir, mezclas convencionales.

A continuación se presenta una tabla resumen, donde se muestran los costos arrojados por el estudio:

Resumen de Costos. Análisis de Precios Unitarios

Mezclas	Costo (BsF/m3)
F`c 210 Kg/cm2, 100% Chamota, 25% Puzolana	422,00
F`c 250 Kg/cm2, 100% Chamota, 25% Puzolana	433,00
F`c 210 Kg/cm2 (Patrón)	562,00
F`c 250 Kg/cm2 (Patrón)	592,00

El análisis se realizó tomando las variables de adquisición y equipos para el proceso de trituración y molienda de los desechos, así como los costos originados por la recolección y traslado de los desechos. Estos valores arrojados por los APU permitieron establecer un ahorro entre el 20% y el 25% en comparación con las mezclas patrón o convencionales.

Si a estos beneficios económicos se le suma los beneficios adicionales de esta tecnología (ambientales, ecológicos etc) traería como consecuencia un alta relación costo /beneficio

Análisis de los Aspectos Ambientales

El marco legal sobre saneamiento ambiental y manejo de desechos sólidos del país está definido por un conjunto de leyes, normas y ordenanzas.

Es de gran importancia resaltar el hecho, de que en Venezuela existen disposiciones de Organismos del Estado, tales como el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales (MARNR), sobre protección ambiental, que obliga a muchas plantas productoras de agregados naturales a terminar con la explotación de material pétreo ya que éstos constituyen reservas naturales no renovables.

La ley Penal del Ambiente, tipifica aquellos delitos que violen las disposiciones relativas a la conservación, defensa y mejoramiento del ambiente, y establece las sanciones penales correspondientes.

Evaluación de la sustentabilidad del proyecto.

Atendiendo los requerimientos para el desarrollo de la metodología planteada se hace necesario realizar una serie de análisis de viabilidades que permitan sustentar la factibilidad de esta tecnología.

Evaluación cualitativa del modelo

Después de exponer los resultados de los factores sociales-culturales-políticos, técnicos-económicos- financiero y la evaluación de sustentabilidad del proyecto a través de los factores mencionados y de la viabilidad social, institucional, técnica, económica, financiera, ambiental y legal, se resume en forma cualitativa.

Es importante destacar que los aspectos técnicos-económicos-financieros arrojaron resultados cuantitativos de los cuales, los menos favorables en el aspecto técnico fueron la pérdida de resistencia del concreto (máximo 5%), la absorción del agregado (15,66%).

Matriz de evaluación cualitativa de viabilidad.

	Muy Alta	Alta	Media	Baja	Muy Baja
Viabilidad social		X			
Viabilidad Institucional		X			
Viabilidad Técnica			X		
Viabilidad Económica			X		
Viabilidad Ambiental		X			
Viabilidad Legal		X			
TOTAL	0	4	2	0	0

Conclusiones

Al realizar el estudio del aprovechamiento de los desechos de alfarería se llegó a las siguientes conclusiones:

- La propuesta es altamente factible en cuanto los aspectos sociales- culturales y medianamente factible en cuanto a los aspectos económicos. En cuanto a los aspectos ambientales se deben estudiar a profundidad para poder determinar su factibilidad.
- Los aspectos sociales evaluados son de gran importancia, facilitan la apropiación tecnológica por parte de la comunidad. De estos aspectos los más importantes en este trabajo fueron: la participación, la organización y el compromiso entre los

actores comprometidos (Comunidades, UCLA, Alcaldía y entes Gubernamentales) para llevar a cabo el proyecto.

Con respecto a los aspectos técnicos se tiene:

- Los agregados finos reciclados obtenidos en este caso se pueden considerar de buena calidad para elaborar mezclas de concreto para losa de piso, presentando pequeñas variantes en comparación con el agregado natural. Las propiedades de absorción y de ultrafinos 15,6% y 11 % respectivamente.
- En estado fresco, las propiedades de trabajabilidad se adecuó al diseño.
- En cuanto a las propiedades en estado endurecido, la resistencia a compresión del concreto reciclado fue de aproximadamente igual a la de diseño, sin presentar variación o diferencia importante con las mezclas patrón.
- Los costos de producción de agregado reciclado y del aglomerante sustituto del cemento, reducen hasta en un 25% los costos de producir un concreto de características similares al realizado con mezclas convencionales.

Referencias Bibliográficas

- Alcalde, J. 2000 "¿Demolición o Deconstrucción? Primera entrega. Escuela Politécnica de Alicante España
- Apotheker, S. 1992. "Managing Construction and Demolition Materials."
- Buck, H. (1977), Recycled Concrete as Source of Aggregate, " Journal of the American Concrete Institute, vol 74, num 5, pp 212-219
- COVENIN 255. 1977 "Método De ensayo para determinar la composición granulométrica del agregado grueso y fino" Caracas.
- COVENIN 256. 1977 "Método de ensayos para determinación cualitativa de impurezas orgánicas en arenas para concreto" Caracas.

- COVENIN 258. 1977 " Método de ensayos para determinación por lavado del contenido del material mas fino que μ 74 en agregados minerales " Caracas
- COVENIN 263. 1978 " Métodos de ensayo para determinación del peso unitario de los agregados" Caracas
- COVENIN 266. 1977 " Métodos de ensayos para determinación la resistencia al desgaste en agregados gruesos menores a 38.1mm por medio de maquina de los ángeles " Caracas
- COVENIN 268. 1978 " Método de ensayo para determinación del peso especifico y la absorción del agregado fino" Caracas
- COVENIN 269. 1978 " Método de ensayo para determinación del peso especifico y la absorción del agregado grueso" Caracas
- COVENIN 338. 1979 " Método para la elaboración, curado y ensayo a compresión de cilindros de concreto" Caracas
- COVENIN 339. 1979 " Método para la medición del asentamiento por el Cono de Abrams" Caracas
- COVENIN 354. 1979 " Método para el mezclado del concreto en el laboratorio" Caracas
- Dickson, D. 1978. Tecnología Alternativa. Editorial H. Blume. Barcelona – España
- López, G. 1994 "La Organización Social en Unidades Comunitarias de Construcción Con Tecnología Apropiada Como Instrumento Para el Desarrollo Local. Caso barrio la Lucha. Barquisimeto- Venezuela". Tesis de grado. Facultad Latinoamericana de Ciencias Ambientales. FLACAM
- Malhorta , V. 1976. "Use of Recycled Concrete as a New Agrégate", Canada Centro of Mineral and Energy Technology, Ottawa, Canada

- Malave, R. 1993 Determinación de las Resistencias Mecánicas y la Durabilidad de Concretos Ecológicos Diseñados con Chamotas de Arcilla Como Agregado Fino” Trabajo de Investigación Presentado Para optar al Ascenso a Profesor Asociado de la Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”. Barquisimeto-Venezuela
- Pesci, R. (s/f). Revista Ambiente. Numero Especial “ La Arquitectura del Ambiente”. Fundación CEPA. La Plata- Argentina
- Pesci, R. 1994 Registros de clases magistrales y talleres de los Seminarios del Curso de Postgrado en Formación Ambiental. FLACAM. La Plata- Argentina
- Porrero, J., Jiménez, R., Ramos, C., Graces, J. y Velazco, G. 1996. “ Manual del Concreto” Sidetur- Venezuela
- Suárez, C. 2001 “Avances en tecnología de reciclaje de residuos en la industria de la construcción: Factibilidad de su aplicación para Barquisimeto”. Universidad Centroccidental “ Lisandro Alvarado”
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador, (UPEL), 1998. Manual de trabajo de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales.
- Vanegas, J.A. 2003, “Ensuring the Future: paradigm Shifts and Enablers for Built Environment Sustainability. School of Civil and Environmental Engineering”, Georgia Tech. USA
- Vivas, F. 1983. “Reflexiones para un Mundo Mejor”. Grafica Armitano. Caracas.