



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
CIVIL – CONSTRUCCIÓN

EMPLEO DE BLOQUES CON BASURA EN LA CONSTRUCCIÓN COMO UNA
ALTERNATIVA DE RECICLAJE

TESIS QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
CARLOS ALARCÓN SANDOVAL

TUTOR PRINCIPAL
MARCO TULIO MENDOZA ROSAS, POSGRADO DE LA FACULTAD DE
INGENIERÍA, UNAM

MÉXICO, D. F. MAYO 2013



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

Presidente: M. I. Diaz Diaz Salvador
Secretario: Dr. Meza Puesto Jesús Hugo
Vocal: M. I. Mendoza Rosas Marco Tulio
1^{er}. Suplente: M.C. Jessurun Solomou Mauricio
2^{d o}. Suplente: M. I. Perez Gómez José Álvaro

Lugar donde se realizó la tesis: México, Distrito Federal

TUTOR DE TESIS:

M. I. Mendoza Rosas Marco Tulio

FIRMA

Dedicatoria:

para Yarezi: tú eres mi Luz
para Fabiola: tú eres mi Fuerza
para Carlota: por tí, soy

INDICE

A. Marco de referencia:	2
A.1. El proceso de la basura	2
A.1.1. Generación de basura en la Ciudad	2
A.1.2. Características de la basura generada	3
A.1.3. Tratamiento de la basura	4
A.1.4. Destinos de la basura	8
A.2. El reciclaje de basura	11
A.2.1. Métodos de separación de la basura en la Ciudad de México, D.F.	11
A.2.2. Procedimientos de reciclaje	14
A.3. Los bloques de basura reciclada	28
A.3.1. Descripción	29
A.3.2. Aplicación	30
A.3.3. Fabricación	30
B. Análisis:	51
B.1. Panorama general de una fábrica de bloques de basura reciclada	51
B.1.1. Requerimientos	52
B.1.2. Operación	55
B.2. Mercado para los bloques de basura reciclada	56
B.3. Especificaciones del bloque de basura reciclada	57
C. Diagnóstico:	58
C.1. Factibilidad de la fábrica de bloques	58
C.1.1. Posibilidad de creación de la fábrica	59
C.1.2. Competitividad del producto	59
C.1.3. Factibilidad técnica de la fábrica de bloques	60
D. Propuesta	60
D.1. La fábrica de bloques de basura reciclada	60
D.2. El proceso de fabricación	61
D.3. Posición en el mercado	61
E. Síntesis	62
E.1. Reciclaje de basura en México D.F.	62
E.2. Fabricación de los bloques	62
E.3. Comercialización	63
E.4. Utilidad económica y social	63
E.5. Conclusión	64
F. ANEXOS	67
Norma NMX-C-404-ONNCCE-2005	67
Otras normas aplicables	69
Matriz de precio unitario de una pieza de bloque	70
Características del bloque	71
G. BIBLIOGRAFÍA	74

“Empleo de bloques con basura en la construcción como una alternativa de reciclaje”

A. Marco de referencia:

En México, la basura es un problema porque su generación va en aumento y no tiene un manejo apropiado, ni un control de sus impactos. El manejo demanda montos considerables del presupuesto de los ayuntamientos y la disposición final en rellenos es la forma más usual de deshacerse de ella. Son escasos los programas efectivos de separación, por lo que la mayor parte de la basura termina enterrada en condiciones deplorables y ocasionando altos niveles de contaminación en el sitio y en la región, además de dar mal aspecto.

Uno de los servicios que contribuyen de manera relevante a la calidad de vida en una ciudad, es el eficiente manejo de los residuos sólidos, de modo que con el avance de la tecnología, se ha diversificado el tipo de desechos que se generan, así como las propuestas que aportan una solución a su destino.

Hasta ahora la difícil promoción de los materiales separados provenientes de los programas de manejo de los residuos sólidos municipales, ha desalentado los programas de separación porque no es fácil comercializar los subproductos separados. Los residuos separados no van al tiradero por lo que no producen contaminación. Este es el motivo que origina la idea de desarrollar el presente trabajo de investigación: estudiar la factibilidad que tiene el reciclaje de basura inorgánica en la fabricación de bloques.

A.1. El proceso de la basura

El proceso que se da a la basura en la Ciudad de México incluye la recolección diaria, la transportación a las estaciones de transferencia, posteriormente a las plantas de selección y por último al sitio de disposición final.

Con el propósito de mejorar la eficiencia en la prestación del servicio, el Gobierno del Distrito Federal además de la operación de la infraestructura y del equipamiento utilizado en el manejo y control de estos residuos, desarrolla programas intensivos para su mantenimiento y ampliación.

A.1.1. Generación de basura en la Ciudad

Históricamente, el primer problema que plantean los residuos ha sido su eliminación, no su reciclaje, recuperación y reutilización, como sería lógico pensar desde el punto de vista ecológico. Hasta hoy, la solución que la sociedad da al problema de la basura es bastante primitiva: apartarlos de su vista, arrojándolos o enterrarlos para ocultar el problema. La solución más usada es la de acumularlos a las afueras de la ciudad en tiraderos al aire libre, que con el crecimiento urbano van quedando dentro del perímetro de la ciudad. En el caso de la Ciudad de México, estos tiraderos eran recubiertos de tierra y lotificados; la colonia Del Valle, al sur del Distrito Federal, en otras épocas fue un basurero de la ciudad¹.

¹ Palacios.2004, “El problema de la basura en la Ciudad de México”, José Ángel Mora Reyes, Fundación de estudios Urbanos.



Figura 1. Tiradero en la Ciudad de México

A pesar de existir en México un gran potencial de reciclado, la mayor parte de los desechos sólidos siguen teniendo como destino final los tiraderos de basura a cielo abierto y, en el mejor de los casos, en los pocos rellenos sanitarios disponibles (figura 1). En consecuencia, se desaprovecha tanto la oportunidad de crear negocios y empleos -a partir de la valoración de los materiales que se están tirando a la basura-, como el valor calorífico de muchos residuos que permitiría producir energía a los municipios que tienen deudas considerables relacionadas con el consumo de energía. De 17,631 toneladas de basura generadas diariamente en el D.F. y área metropolitana en 2011, el 97% iba directamente a los rellenos sanitarios.

A.1.2. Características de la basura generada

En 2003 se consideró que la nueva Ley de Residuos Sólidos, que entraría en vigor en 2004, era insuficiente para atender los problemas de confinamiento, reuso y reciclaje de la basura en el Distrito Federal, y se calculó que 46 % de la basura es doméstica, 29 % comercial y 15 % de oficinas, empresas y servicios, y el restante de otros giros².

De las 12,600 toneladas diarias de basura generada en el D.F., el 46% provienen de los domicilios particulares y de estas, 60% son inorgánicos y el resto orgánicos. Del 3 de diciembre de 2010 a la fecha se ha incrementado de 80 a 350 toneladas diarias de los desechos orgánicos que después se utilizan para hacer composta y ocuparla en las áreas verdes de los espacios públicos y aprovechar su riqueza en nitratos y sulfatos.

² Reforma 11 de agosto de 2003

³ "El problema de la basura en la Ciudad de México"

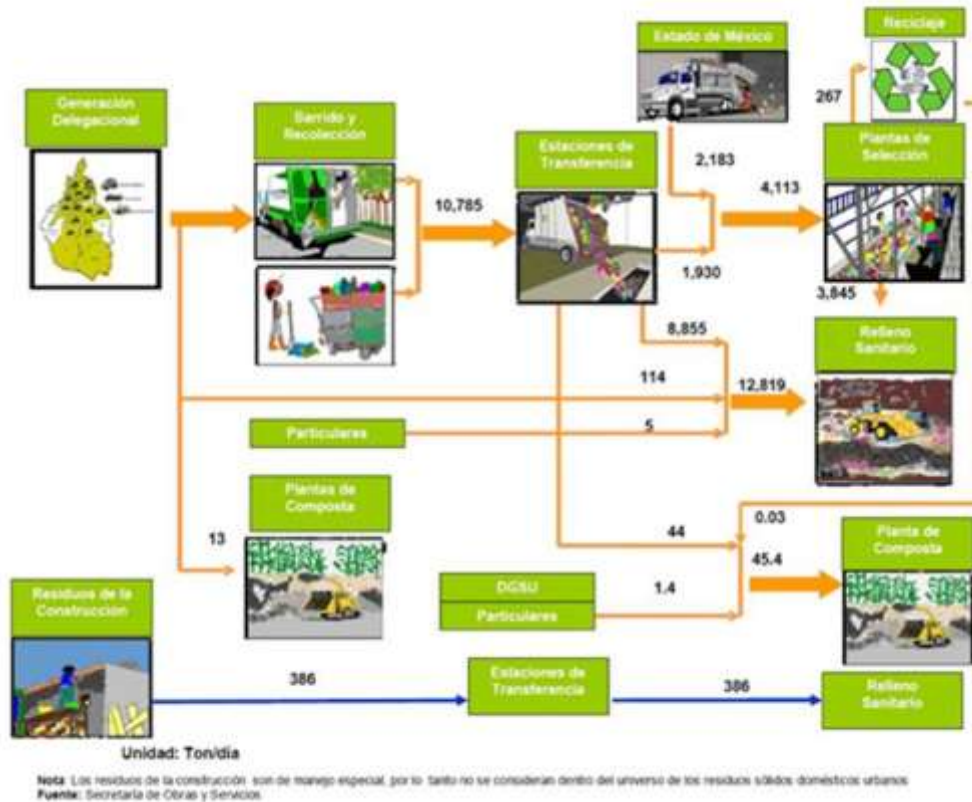


Figura 2. Diagrama de flujo de los residuos sólidos de la Ciudad de México y Área Metropolitana

A.1.3. Tratamiento de la basura

El proceso de disposición de los desechos no termina cuando el ciudadano elimina algo. Cuando esto sucede es el inicio de una gran cantidad de relaciones. Entre las formas en las que las personas eliminan lo que ya no les es útil está la de darle la basura al barrendero que limpia su zona y una vez que este haya llenado su carrito de basura, se dirige a donde se encuentra un camión recolector para vaciar en él, el contenido de su carrito. El camión recolectará la basura de los carritos para luego depositarla en una de las estaciones de transferencia, donde se llenará un tráiler con capacidad de 20 a 25 toneladas de basura, los cuales finalmente llevarán los desechos a los tiraderos que se dividen en tramos operados por un cabo.

Una vez que la basura llegó al tiradero y fue llevada al tramo correspondiente, el cabo del tramo tendrá el control de un número de familias de pepenadores, él decide a que familia le corresponde trabajar y que zona. La familia de pepenadores clasifica los desechos dentro de bultos, pacas y costales que después de ser amarrados son llevados al "pesadero". En él, los desechos clasificados son pagados. Los productos se venden a empresas o intermediarios. Así pues, la basura es un proceso que le da trabajo y alimento a grandes grupos de familias y proporciona una gran suma de dinero a quienes los explotan.

Estos grupos conforman sociedades cerradas con sus propios hábitos y costumbres, con sus creencias y sus valores y la gente de afuera no puede entrar. Además, los pepenadores han adquirido derechos sobre la basura en virtud de que nadie los ha controlado. Ésta es una de las múltiples dificultades para entrar libremente a los tiraderos y obtener datos fidedignos sobre el manejo de los residuos, de esta manera resulta casi imposible obtener datos, planes, estadísticas o cualquier información sobre basura en las dependencias encargadas del servicio de limpia en la Ciudad de México. Esto significa que tanto pepenadores como autoridades menores, temen decir la verdad cuando se abre la posibilidad de una intervención directa de autoridades superiores, de grupos ecologistas o de la sociedad civil que trata de regular su actividad. Quitar los derechos que por ignorancia, desidia o corrupción de las autoridades, tienen los pepenadores aliados con los choferes de limpia y recolección, puede causar un conflicto de muy alto costo social en todos los niveles de la población en la Ciudad de México.

La represalia inmediata consistiría en suspender el servicio de limpia y recolección, por lo que si llegara a realizarse, inundarían de basura el Distrito Federal en menos de tres días. Esta posibilidad constituye una amenaza de la que los pepenadores, el Sindicato de Limpia y las autoridades tienen plena conciencia; de tal forma que cuando se intenta entrar a un proceso de reciclaje de la basura, la resistencia y el rechazo son evidentes e inmediatos. El GDF tiene que soportar amenazas y presiones de un servicio caro e ineficiente porque no cuenta con un plan de contingencia para solucionar la suspensión del servicio de limpia y recolección.

El “Programa Sectorial de Medio Ambiente 2007-2012” plantea el desarrollo de un complejo de tratamiento, aprovechamiento y disposición final de residuos orgánicos e inorgánicos que utilice la tecnología más apropiada.

El proyecto contempla el manejo y disposición de lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales, aprovechamiento de biogás en sitios de disposición final y el desarrollo de un Centro integral de reciclaje y energía⁴.

Actualmente, y después de los contratiempos vividos en la Ciudad de México a finales del año 2011, los residuos son llevados a cuatro depósitos en Ixtapaluca, Cuautitlán Izcalli, Tecamac y Xonacatlán.

Recolección

En la Ciudad de México se generan diariamente alrededor de 12,600 toneladas de residuos sólidos, las que son recolectadas mediante un parque vehicular integrado por 2 mil 90 unidades recolectoras, con distintas capacidades que van de los 0.5 hasta los 18 m³ dependiendo del tipo de contenedor que transporten o del tipo de vehículo y una plantilla de personal de más de 17 mil trabajadores de las 16 Delegaciones del Distrito Federal.

Las Delegaciones tienen a su cargo la recolección de los residuos y su transporte fundamentalmente a las estaciones de transferencia y en menor medida a las plantas de selección o directamente a los sitios de disposición final (figura 2).

⁴ “Reforma” 29 de enero de 2008.

Los métodos de recolección son variados, pero destacan el de esquina, acera y contenedores; para la recolección domiciliar se utiliza el método de parada fija en esquinas y aceras. Los contenedores usualmente se utilizan para la recolección de centros de gran generación, como son hoteles, mercados, centros comerciales, hospitales y escuelas; se ubican en una zona determinada como almacenamiento central y de fácil acceso para el vehículo recolector, en donde los usuarios han depositado sus residuos.



Figura 3. Camión recolector y personal

Transferencia

La Ciudad de México cuenta con trece estaciones de transferencia, que son instalaciones intermedias entre las diversas fuentes generadoras de residuos sólidos y las plantas de selección o el sitio de disposición final; su objetivo principal es incrementar la eficiencia del servicio de recolección, en la medida que los vehículos recolectores reducen los tiempos para la descarga de sus residuos, ya que en lugar de trasladarse hasta las plantas de selección o los sitios de disposición final, recurren a la estación de transferencia ubicada en su demarcación o bien, a la más cercana a su ruta de trabajo, para descargar sus residuos en los tractocamiones que transportan un volumen equivalente a 4 ó 5 camiones recolectores, ya sea a las plantas de selección o al sitio de disposición final. Esta operación permite que los vehículos de recolección se incorporen nuevamente a sus rutas durante la jornada de trabajo.



Figura 4. Vista de un centro de transferencia

El Gobierno del Distrito Federal adoptó la tecnología de estaciones de transferencia cerradas, con la finalidad de controlar los efectos ambientales adversos, tales como ruido, polvo, fauna nociva, microorganismos y malos olores; así como reducir el impacto y deterioro del entorno urbano a la estación de transferencia.

Selección

El Distrito Federal cuenta con tres plantas de selección de residuos urbanos, con capacidad instalada conjunta de 6,500 toneladas por día. Estas plantas se ubican en San Juan de Aragón, Santa Catarina y en Bordo Poniente.

La planta del Bordo Poniente actualmente ya no funciona como relleno sanitario, solo opera en ella una planta de composta⁵. El relleno sanitario fue clausurado a finales de 2011, después de haber cumplido su vida útil, y que se prolongó lo más posible. El Bordo Poniente estuvo en operación por 26 años como relleno sanitario.

La organización y operación de las plantas se realiza de manera coordinada entre la Dirección General de Servicios Urbanos, de la Secretaría de Obras y Servicios del Gobierno del Distrito Federal y los gremios de selectores, antes conocidos como pepenadores; en estas instalaciones se recuperan más de 20 materiales reciclables que son comercializados en la Ciudad de México y sus alrededores por los gremios de selectores; el material no recuperado o rechazado, se transporta a los Sitios de Disposición Final Ixtapaluca, Cuautitlán Izcalli, Tecámac y Xonacatlán^{5,6}.

Los principales materiales recuperados son: aluminio en traste y macizo, chatarra, perfil, fierro, lámina metálica, cobre, alambre, vidrio ámbar, transparente y verde, cartón, todo tipo de papel, periódico, PVC, PET, plástico rígido o nylon y vinil, entre otros.

Planta de composta

La planta de composta está ubicada en el sitio Bordo Poniente IV Etapa y recibe actualmente residuos orgánicos de poda de los programas operados por la Dirección General de Servicios Urbanos, Comisión Federal de Electricidad y una fracción de residuos provenientes del área de flores y hortalizas de la Central de Abasto. Tiene una capacidad instalada de 200 ton/día y el producto obtenido es utilizado para mejora de suelos de camellones y áreas verdes de la red vial primaria.

Disposición final

En la construcción de los sitios de disposición final, previo al inicio del depósito de materiales, se coloca una geomembrana de polietileno de alta densidad, que tiene la función de impermeabilizante para evitar la filtración de lixiviados a los mantos freáticos. Los lixiviados son líquidos altamente contaminantes, producidos por la circulación de agua generalmente de lluvia, en la basura y también al disolverse algunos elementos contenidos en ésta.

En los sitios de disposición final, los residuos sólidos son confinados en espacios que al saturarse son reforestados y se convierten en áreas verdes destinadas a la recreación.

⁵ "El Economista" 1 de noviembre de 2012

⁶ "Notimex" 3 de marzo de 2012

La Dirección General de Servicios Urbanos es la responsable de la disposición final de los residuos sólidos generados en el Distrito Federal.

En el sitio de disposición final Bordo Poniente, se cuenta con una planta de tratamiento para lixiviados, con la intención de evitar la contaminación de los mantos freáticos.



Figura 5. Vista del Bordo Poniente



Figura 6. Esquema de un relleno sanitario

A.1.4. Destinos de la basura

Como se ha mencionado, la Ciudad de México cuenta con 3 plantas de selección de residuos con capacidad instalada de 6,500 toneladas diarias⁷. De las plantas de selección, se transportan los desechos para ser vertidos en los sitios de disposición final, de la siguiente manera: 2,000 toneladas se transportan y vierten en el predio El Milagro de Ixtapaluca, una antigua mina abandonada. Otras 2,000 van a un vertedero en Cuautitlán Izcalli. Otras 2,000 se llevan a un sitio en Xonacatlán en el valle de Toluca. Adicionalmente, 500 toneladas se compactan y empaican en el CIRE de San Juan de Aragón para entregarse en una planta de cemento en Huichapan, Hidalgo, como

⁷ “La silla rota” 8 de agosto de 2012

combustible alternativo, y poco más de 4,000 toneladas se transforman en composta en una planta en el Bordo Poniente⁸.

Los residuos sólidos separados en las plantas están constituidos por 43% de residuos orgánicos, 18% de cartón y papel, 8% de vidrio y 9% de plástico. El restante 22% está integrado por diversos materiales.

Hasta el año pasado el Bordo Poniente continuaba siendo el lugar donde se depositaban las 12.6 mil toneladas diarias de basura que se genera en la capital y de seis municipios metropolitanos. El Gobierno del Distrito Federal y el Gobierno Federal firmaron un convenio en el que el GDF se comprometía a cerrar el relleno de Bordo Poniente a finales de 2011, disminuyendo gradualmente la cantidad de basura enviada a dicho relleno, quedando la planeación de la siguiente manera: de enero a marzo de 2011, disminuiría a 1,050 toneladas. De abril a junio, la cantidad que se sumaría sería 2,450 toneladas. Para de julio a septiembre, se sumarían 3,090 toneladas más. Esta disminución se lograría gracias a los sitios donde se instalarán los Centros Integrales de Reciclaje y Energía (CIRE) así como el terreno que servirá como depósito de los residuos que se deriven o no sean procesados con las nuevas tecnologías⁹. Con esta medida se pretende dar fin a la generación de gases de efecto invernadero, y la emisión de partículas de 2.5 micras a la atmósfera, así mismo se reducirá la cantidad de basura que se genera por día en la ciudad mediante dos acciones específicas: aprovechar los desechos orgánicos y construir instalaciones de alta tecnología para el tratamiento de los residuos.

Para la clausura definitiva del Bordo Poniente, se contrató un consorcio llamado BMLMX Power Company, integrada por tres compañías mexicanas y tres españolas y que han sido seleccionadas para la concesión de explotar el biogás generado en el relleno sanitario. De esta explotación se espera obtener 58 megavatios/hora que se destinarán al alumbrado público de la Ciudad¹⁰.

Las dependencias manifestaban que parte de la recolección mediante barrido manual, 1,000 toneladas diarias, aproximadamente, corresponden a cada una de las 16 delegaciones políticas, De las 16,000, cerca de 10,000 toneladas llegan a las 3 estaciones de transferencia y otras 4,000 toneladas pasaban por la planta de selección y finalmente a la disposición final¹⁰.

En San Juan de Aragón opera un CIRE, y en él se compacta basura para su uso como combustible en cementeras. El problema de este destino de los desechos es que genera contaminación al ser incinerada. En la planta de CEMEX de Huichapan, en el estado de Hidalgo, donde se utiliza la basura procesada del CIRE, los habitantes de tres comunidades vecinas se manifestaron en contra del uso de la basura reciclada como combustible, ya que comenzó a generar problemas de salud en los habitantes¹¹.

⁸ "El Economista" 1 de noviembre de 2012

⁹ "El Universal" 7 de diciembre de 2010

¹⁰ "La Jornada" 2 de noviembre de 2012

¹¹ "Tláhuac noticias" 24 de septiembre de 2012



Figura 7. CIRE San Juan de Aragón



Figura 8. CIRE de San Juan de Aragón



Figura 9. Vista del Bordo Poniente

A.2. El reciclaje de basura

Reciclar es el proceso mediante el cual productos de desecho son nuevamente utilizados. La recolección es sólo el principio del proceso de reciclaje, y la más importante, ya que de esto depende el tratamiento que seguirá la basura, cualquiera que sea su destino.

Una definición bastante acertada nos indica que reciclar es cualquier proceso donde materiales de desperdicio son recolectados y transformados en nuevos materiales que pueden ser utilizados o vendidos como nuevos productos o materias primas, es decir, un proceso que tiene por objeto la recuperación, de forma directa o indirecta, de los componentes que contienen los residuos urbanos.

Los objetivos del reciclaje son:

- Conservación o ahorro de energía.
- Conservación o ahorro de recursos naturales.
- Disminución del volumen de residuos que hay que eliminar.
- Protección del medio ambiente.

El reciclaje permite:

- Ahorrar recursos.
- Disminuir la contaminación.
- Alargar la vida de los materiales aunque sea con diferentes usos.
- Ahorrar energía.
- Evitar la deforestación.
- Reducir el 80% del espacio que ocupan los desperdicios al convertirse en basura.
- Ayudar a que sea más fácil la recolección de basura.
- Tratar de no producir los 90 millones de toneladas de basura que cada uno de nosotros acumula en su vida y hereda a sus hijos.
- Disminuir el pago de impuestos por concepto de recolección de basura (incluido en el pago predial).
- Vivir en un ambiente limpio eleva la calidad de vida.

Actualmente en la Ciudad de México, existe una Ley de separación de residuos sólidos, en el que se establece que toda la basura generada debe ser separada según su origen: orgánica e inorgánica. Debido a que la infraestructura de recolección de basura es inadecuada e insuficiente, esta separación no se realiza de una forma eficaz.

A.2.1. Métodos de separación de la basura en la Ciudad de México, D.F.

En la Ciudad de México se reciclan 11% de los residuos sólidos y se espera que para 2016 sea del 25%, ya que la voluntad de los habitantes para trabajar en la materia, es grande, según la apreciación de la Secretaría de Medio Ambiente¹².

Lo que se busca es que el hábito de tirar y recolectar la basura que a diario se genera en el país se transforme: el estatus debe cambiar de “problema” a “negocio redondo”; y, de paso, abra un nuevo nicho para la construcción.

¹² “Más por Más” 17 de mayo de 2012

El Gobierno Federal planea construir Centros Integrales de Reciclaje (CIREs), sobre todo en ciudades medias y destinos turísticos al tiempo que sana o cierra sitios de disposición final inadecuados o que hayan concluido su vida útil¹³.

La vida útil de un relleno sanitario implica costos muy altos y esta limitada entre ocho y diez años, según su capacidad de almacenaje. Por ello es urgente transformar los rellenos sanitarios en CIREs ya que es muy caro administrar y construir un relleno y además implica una permanente e irreversible pérdida de suelo.

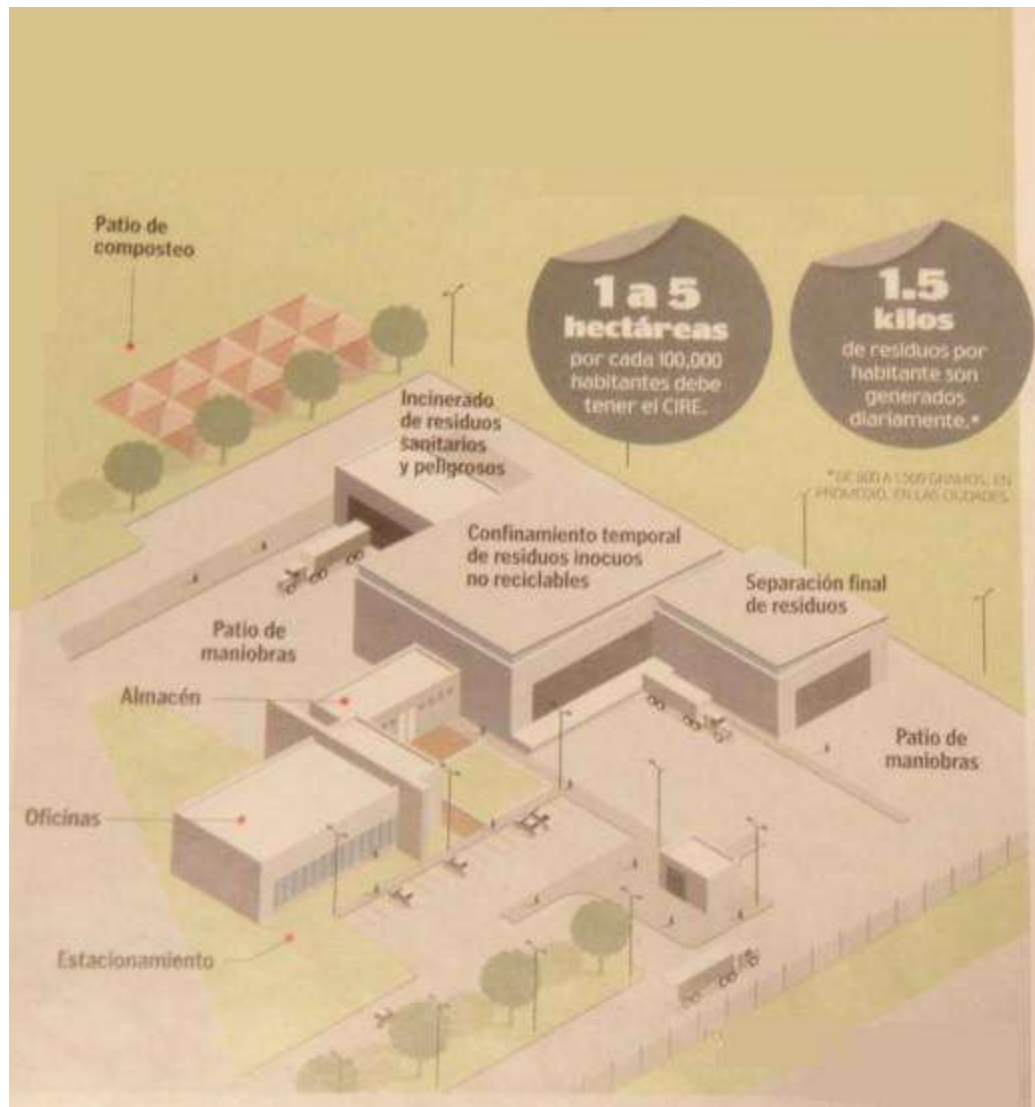


Figura 10. Detalle de un CIRE¹⁴

En México, pocos rellenos cumplen la norma oficial (NOM-083) que establece las especificaciones para la selección del sitio, las características constructivas y operativas del mismo, los requisitos que se deben cumplir en función del volumen recibido, la clausura del sitio y el procedimiento para su evaluación.

¹³ Subprocuraduría de Inspección, Procuraduría de Protección al Ambiente, enero de 2010

¹⁴ Revista "Obras" año XXXVIII No. 447 marzo 2010 pag 56.

Las ventajas de los CIRE son:

- 1.-Evitan basureros a cielo abierto.
- 2.-La basura se vuelve aprovechable.
- 3.-Reciclaje industrial diversificado.
- 4.-Se produce composta y biofertilizantes para restaurar suelos agrícolas degradados.
- 5.-Se generan empleos directos e indirectos y recursos económicos para los municipios.

Desechos metropolitanos

El Distrito Federal y el Estado de México en conjunto arrojan 27 mil toneladas diarias de basura, y es necesario buscar un terreno cercano para poder depositar los residuos minimizándolos al máximo para su confinamiento.

De los 110 rellenos sanitarios mexiquenses solo 10 operan adecuadamente, los demás, estuvieron en un proceso de saneamiento, con inversión privada, que concluyó en 2010.

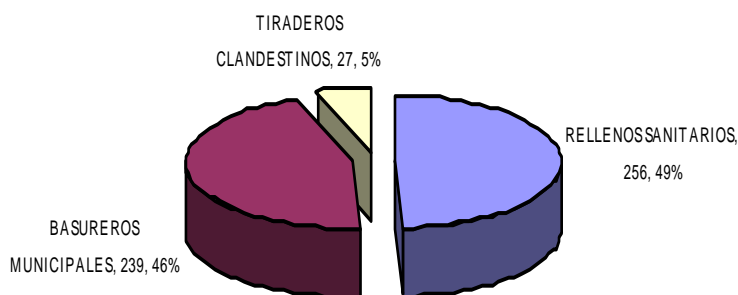


Figura 11. La recolección en México

El Fondo Nacional de Infraestructura, FONADIN, planea financiar la construcción del primero de 4 CIRE en el área metropolitana de la Ciudad de México, y así mitigar la contaminación.

Cada CIRE está valuado en 4,000 millones de pesos, cuyo presupuesto incluye la tecnología necesaria para la recuperación y el uso del biogás generado; el tamaño de un CIRE debe variar en función del volumen de residuos que procesa y de la población que atiende, por ejemplo, si cada habitante genera entre 800 y 1500 gramos de residuos, lo ideal es que para una población de 100,000 habitantes el CIRE sea de 1 a 5 hectáreas.

La vida útil de un CIRE depende de su mantenimiento y de que la extensión del terreno le permita crecer a la par que la población que demanda el servicio.

En la Ciudad de México se ha organizado un Mercado de Trueque en el que el primer domingo de cada mes se realiza un intercambio de 5 residuos reciclables: vidrio ya sea transparente, ámbar, verde o azul, papel y cartón combinado, botes y latas de aluminio de bebidas, botellas de PET y tetrapak, por productos agrícolas producidos en el Distrito Federal. Este programa inicio el 4 de marzo de 2012 y en su edición de mayo recopiló 21 toneladas de material reciclable.

La estrategia nacional

El FONADIN también destinará 110 millones de pesos para apoyar a 14 municipios para el confinamiento de basura que podrían transformarse en CIRES.

El financiamiento se otorgará a través de contratos público-privados, en los que el 50% del apalancamiento será a fondo perdido; varias firmas están interesadas en este mercado, la primera es Promotora Ambiental (PASA) que desde 1991 ofrece servicios completos en el manejo integral de residuos, y está interesada en adquirir empresas de recolección en todo el país.

En diciembre de 2009, PASA adquirió Servicios Urbanos de Puebla (SUPSA) y sus contratos para recolectar residuos domésticos y privados de 50% de los municipios de Puebla, hasta 2022 y la recolección de residuos comerciales e industriales en la Ciudad de México, a su vez, PASA también recolecta residuos industriales y comerciales de Chapala Jalisco y desechos domésticos de Acapulco, Guerrero.

Otro interesado es Grupo MARHNOS. Ésta constructora ha participado en licitaciones para rellenos sanitarios en Chiapas y en Chihuahua, sin embargo no ha tenido la suerte de ganar.

El Instituto Mexicano del Plástico Industrial analiza varios esquemas para generar energía a partir de basura, a partir de la segunda mitad de 2010 en Guadalajara, Monterrey y el Valle de México.

En el área metropolitana se considera que 5 plantas recicladoras en el Bordo de Xochiaca podrían producir energía para toda Ciudad Nezahualcoyotl, además considera la instalación de máquinas recicladoras, disectores, incineradores y turbinas de energía.

A.2.2. Procedimientos de reciclaje

Reciclar es un proceso simple que nos puede ayudar a resolver muchos de los problemas creados por la forma de vida moderna.

Se pueden salvar grandes cantidades de recursos naturales no renovables cuando en los procesos de producción se utilizan materiales reciclados. Los recursos renovables, como los árboles, también pueden ser salvados. La utilización de productos reciclados disminuye el consumo de energía. Cuando se consuman menos combustibles fósiles, se generará menos CO₂ y por lo tanto habrá menos lluvia ácida y se reducirá el efecto invernadero.

En el aspecto financiero, podemos decir que el reciclaje puede generar muchos empleos.

Se necesita una gran fuerza laboral para recolectar los materiales aptos para el reciclaje y para su clasificación. Un buen proceso de reciclaje es capaz de generar ingresos.

El reciclaje del papel, plástico, desechos orgánicos y metales son de los más comunes, aunque no los únicos posibles. Por esto es importante la investigación de posibles productos de reciclaje.

Reciclaje de papel

Actualmente el futuro de los bosques es poco prometedor, ya que si el ritmo y modo de consumo continúan como hasta ahora, las especies de árboles útiles para la fabricación de madera disminuirán en un 40%.

Los expertos indican que la deforestación continuará hasta el año 2020, y para entonces quedarán solamente 1800 millones de hectáreas. La mayor parte de las pérdidas tendrán lugar en las regiones más pobres de la Tierra, y afectará a las zonas tropicales. La desaparición de los bosques traerá como consecuencia el correspondiente incremento del efecto invernadero, el avance de los desiertos, el incremento del hambre en el mundo y el aumento de enfermedades.

Más del 60% de las necesidades de la Unión Europea de madera y productos derivados debe ser importada, lo que supuso un gasto de 18000 millones de dólares en 1984. Se estimó que para el año 2000 el aumento de necesidades fue de un 2%, fundamentalmente de papel, cartón y madera.

Si se desea un futuro sustentable, tendremos que recuperar, reciclar y reutilizar más papel usado para cubrir las necesidades y evitar la desaparición de los bosques y su fauna.

En la Unión Europea se obtienen anualmente entre 8 y 9 millones de toneladas de papel para reciclaje, lo que representa menos de 30% del papel que se consumió.

El 16% de los materiales sólidos urbanos recuperados en España corresponde a papel usado, en 1987 el 58% de la composición del papel producido en este país contenía papel y cartón usado. Estas cifras se consiguieron gracias a la existencia de una red flexible y completa de recolección, almacenamiento y envío a empresas papeleras y cartoneras de papel y cartón usado para convertirlo de nuevo en envases y papel listo para ser utilizado. Desde 1987 hasta hoy las necesidades de papel usado han aumentado en España un 270% y se prevé que esta cifra seguirá creciendo.

Las ventajas de usar papel reciclado son, entre otras: la disminución de tala de árboles y el ahorro de energía, ya que para fabricar algunas toneladas de papel a partir de celulosa virgen se necesitan 2400 kilos de madera, 200,000 litros de agua y del orden de 7000 kW/h de energía; para obtener la misma cantidad con papel de reciclaje se necesita 100 veces menos cantidad de agua (2,000 litros) y una tercera parte de energía (2,50 kW/h).

Llevando las cifras anteriores al extremo, si se reciclara la mitad del papel utilizado se salvarían 8 millones de hectáreas de bosque al año, se evitaría el 73% de la contaminación y se obtendría un ahorro energético del 60% en la producción de papel.

Reciclado de vidrio

El vidrio es un material que por sus características es fácilmente recuperable.

Concretamente el envase de vidrio es 100 % reciclable, es decir, que a partir de un envase utilizado, puede fabricarse uno nuevo que puede tener las mismas características del primero. Ésta facilidad de reutilización del vidrio abre un amplio abanico de posibilidades.



Figura 12. Vista de una planta de reciclaje de vidrio.

Conceptos básicos

El vidrio es un silicato que funde a 1200 grados. Está constituido esencialmente por sílice, procedente principalmente del cuarzo, acompañado de caliza y otros materiales que le dan las diferentes coloraciones.

Desde el punto de vista de su aplicación, el vidrio se clasifica en industrial y doméstico.

Se considera como vidrio industrial a aquel que no es utilizado como envase para productos alimenticios. Así, el vidrio industrial considera todo aquel utilizado para almacenamiento de productos químicos, biológicos, vidrio plano, ventanas, cristales blindados, fibra óptica, focos, etc.

Se entiende como vidrio doméstico el que se emplea para almacenar productos alimenticios como son conservas, vinos, etc.

Desde el punto de vista del color los más empleados son:

- El verde, utilizado masivamente en botellas de vino, licores y cerveza.
- El blanco, usado en bebidas gaseosas, jugos y productos alimenticios.
- El extraclaro, empleado esencialmente en aguas minerales, tarros y botellas de decoración.
- El opaco, aplicado en cervezas y algunas botellas de laboratorio.

Más del 42 %, del vidrio reciclado procede del doméstico, siendo el sector principal de producción de vidrio recuperable.

Recuperación y reciclado

La recuperación del vidrio se atribuye inicialmente a Alemania y Suiza, aunque fueron los daneses los pioneros en este campo comenzando en 1962. Resulta evidente el progresivo ascenso que ha tenido el reciclado del vidrio desde entonces hasta nuestros días fruto de varios aspectos:

- La sensibilización ciudadana hacia los problemas ambientales.
- Las políticas sectoriales más concretas.
- El apoyo de las administraciones hacia el reciclado.

Las ventajas del reciclado del vidrio son numerosas:

Por un lado, el empleo del vidrio usado reduce considerablemente la energía necesaria para su fabricación, el promedio de ahorro en los hornos de fusión es de 130 kg de combustible por tonelada de vidrio reciclado.

Por otro lado, se disminuye el volumen de los residuos sólidos. Por cada tonelada de envases reciclados se reduce la misma cantidad de basura.

Se reduce la erosión producida en la búsqueda y extracción de materias primas, así como hace disminuir la dependencia del petróleo. Por cada tonelada de vidrio reciclado, se genera un ahorro de 1200 kg de materias primas TEP: Toneladas Equivalentes de Petróleo.

Otra ventaja difícil de cuantificar pero no por ello menos importante es la mejora ambiental que supone el poder reciclar envases que muchas veces son tirados sin consideración.

En cuanto al proceso de reciclado de vidrio cabe comentar que no existe diversidad tecnológica para su tratamiento. Esencialmente dicho proceso consiste en separar los elementos que suelen acompañar al vidrio como papel, plástico, corcho,

piedras, metal, porcelana, etc. La separación se realiza manualmente y/o con equipos especiales.

Además de la extracción de elementos extraños, el vidrio es triturado, lavado y posteriormente cribado. El objetivo de todos estos tratamientos es mejorar la calidad del vidrio con el fin de conseguir un alto rendimiento en los hornos de cocción.

Reciclado de plásticos

El reciclaje del plástico cada vez es más importante. En un principio el Gobierno Federal trató de convencer a diferentes industrias para que hicieran fábricas de reciclaje de este material y ahora el reciclado aumenta cada día debido a que su costo equivale a 2/3 del elaborado con materias primas vírgenes.

En el mercado mundial existen cincuenta diferentes formas de plástico. El polietileno, plástico empleado para envases de refresco es uno de los tipos de plástico reciclado en mayor cantidad. De polietileno reciclado son fabricados actualmente alfombras, partes de automóvil y pelotas de tenis.

La separación de los diferentes tipos de plásticos es costosa, ya que muchos productos, entre ellos las botellas que contienen salsas, tienen de cinco a seis capas de plásticos distintos y para obtener un nuevo producto, de alta calidad, es necesario utilizar cada tipo por separado. Cada día son descubiertas nuevas aplicaciones para el plástico reciclado: envases para refrescos, ganchos para colgar ropa, juguetes etc.

Los plásticos que encontramos en el mercado suelen diferenciarse mediante un número del "1" al "7", ubicado generalmente en su parte inferior. Esta es la clasificación de la Sociedad de Industrias del Plástico (SPI en inglés), que ha sido adoptada en todo el mundo. Dado que la calidad de un plástico se deteriora rápidamente al combinarlo con otro diferente, la utilidad de este código es ayudar en la separación de los diferentes tipos de plástico y maximizar así el número de veces que pueden ser reciclados. El significado de este código se muestra a continuación:

Número Abreviatura Nombre completo

1 PET, PETE Polietileno tereftalato

2 HDPE Polietileno de alta densidad

3 V, PVC Cloruro de polivinilo

4 LDPE Polietileno de baja densidad

5 PP Polipropileno

6 PS Poliestireno

7 Otro. Plásticos como el poliuretano (PU), acrilonitrilo-butadienestireno (ABS), policarbonato (PC) y los biopolímeros.

PVC

El abandono del plástico PVC, señalado por Greenpeace como un producto tóxico, ambientalmente nocivo y no sustentable, representa gran parte del trabajo que realiza la organización. El PVC es único en su contenido de cloro y aditivos, lo que lo convierte en un veneno ambiental a través de su ciclo de vida, incluyendo la disposición final. Su reciclaje es muy difícil de realizar, y su quema genera sustancias cancerígenas como son las dioxinas. En México, el 55% del PVC se emplea en la fabricación de tubería rígida y perfiles, mientras que el resto se destina a la producción de juguetes, pisos y loseta, tapicería, envases, calzado, cables y película entre otros.

El PVC no es el único plástico que presenta riesgos, pues existen otros que también generan emisiones tóxicas y presentan dificultades para su reciclaje.

PU

El poliuretano se emplea principalmente como aislante. Su producción consume cerca del 11% de la producción mundial de cloro, emplea muchos productos intermedios peligrosos y genera numerosos subproductos tóxicos como fosgeno, isocianatos, tolueno, diaminas y CFC¹⁵ entre otros. La quema de PU libera numerosos compuestos tóxicos, incluyendo cianuro de hidrógeno y dioxinas, si se encuentran presentes retardantes de flama halogenados o CFC. Se ha observado que al enterrarlas, las espumas de PU se degradan generando lixiviados tóxicos. El PU es el segundo plástico más tóxico en el mercado. De acuerdo con la industria, la espuma de PU flexible es reciclable en otros productos de alta calidad. A pesar de ser menos problemático que el PVC, no se recomienda emplear PU como alternativa al PVC.

PS, ABS, PC

Mientras la producción de poliestireno (PS) involucra el uso de sustancias cancerígenas como el benceno, y otras que se sospechan cancerígenas como el estireno y 1,3-butadieno, este plástico requiere de muchos menos aditivos que el PVC. Durante su quema se libera una vez más estireno y algunos hidrocarburos tóxicos, generándose cloruro de hidrógeno y dioxinas si están presentes retardantes de flama halogenados. El PS técnicamente puede ser reciclado, aunque sus tasas de recuperación son bajas. Tampoco es recomendable como sustituto del PVC.

El ABS (Acrilonitrilo-butadienestireno) es un plástico duro empleado en tuberías, defensas de automóviles y juguetes. Su producción emplea butadieno y estireno además de acrilonitrilo, un producto altamente tóxico. Dada su compleja composición química, el ABS es extremadamente difícil de reciclar.

Por otra parte, los discos compactos y garrafones de agua de 19 litros, normalmente están hechos de policarbonato (PC). El PC no requiere aditivos, pero en su producción se emplea fosgeno y solventes como cloroetano y clorobenceno además de bisfenol-A, un disruptor endócrino frecuentemente utilizado. Actualmente se exploran procesos para producir PC sin dichos compuestos. Se han diseñado algunos procesos de recuperación de PC para la producción de productos de menor calidad.

¹⁵ Clorofluorocarburos (CFC o CFC) son derivados de los hidrocarburos saturados obtenidos mediante la sustitución de átomos de hidrógeno por átomos de flúor y/o cloro principalmente.

PET

El PET es el plástico más reciclado en Estados Unidos y Europa. Se emplea generalmente en envases y botellas y frecuentemente contiene estabilizantes y retardantes de flama. La cantidad total de pigmentos y aditivos que contiene puede alcanzar el 30% de su peso. Su producción emplea sustancias irritantes y durante su producción pueden emplearse metales pesados como catalizadores, mismos que terminarán siendo liberados al ambiente. Sin embargo, se considera que el PET no ocasiona impactos severos a la salud, y representa un riesgo menor para el ambiente que el PVC. Greenpeace considera que el reciclaje de PET, así como el de los plásticos que a continuación se mencionan, debe ser incentivado.

HDPE, LDPE, PP

Las poliolefinas como el PE y PP contienen estructuras más simples que no requieren la adición de aditivos plastificantes, aunque sí emplean aditivos como estabilizantes UV y antioxidantes. La producción de PP frecuentemente emplea cloro, aunque existe un proceso libre de cloro que debe ser promovido. Las poliolefinas presentan pocos riesgos y tienen el más elevado potencial de reciclaje mecánico. Tanto el PE como el PP son versátiles y baratos, y pueden emplearse para reemplazar prácticamente todos los usos del PVC. Las materias primas que emplean, etileno y propileno, son altamente flamables y explosivas, pero poco dañinas para el ambiente.

Biopolímeros

La gran mayoría de los plásticos están hechos a base de petróleo y combustibles fósiles y son por definición productos no sustentables. Los plásticos biodegradables son una alternativa prometedora para el futuro, en especial para utensilios que tienen una vida útil reducida o no son prácticos de reciclar, como son las envolturas de alimentos. Los productos de su degradación, el metano y el metanol, pueden ser reaprovechados y el material restante transformado en carbono orgánico para el suelo, lo que cierra el ciclo de la producción limpia.

No deben confundirse los plásticos biodegradables, que pueden ser producidos a partir del petróleo, y ser degradados posteriormente por microorganismos, con los biopolímeros, producidos a base de almidón, celulosa o bacterias. Es esencial, sin embargo, que la producción de biopolímeros no involucre el uso de organismos genéticamente modificados o patentes sobre estos seres vivos.

Lo que necesitamos es adoptar un enfoque de producción limpia en el proceso y la selección de las materias primas a utilizar. Los sistemas de producción limpia son circulares, es decir, cierran el ciclo de extracción de materias primas naturales devolviéndolas en forma limpia y sustentable al ambiente. El reciclaje de residuos es un paso fundamental para conservar un adecuado flujo de materiales, para lo cual debe también involucrar el uso de sustancias no tóxicas durante su producción.

Reciclaje de desechos orgánicos

La elaboración de composta es un ejemplo de cómo podemos reutilizar los residuos orgánicos.

La composta es un tipo de abono orgánico que se prepara con diferentes materiales orgánicos que se encuentran en nuestra comunidad, aportando nutrientes y mejorando la estructura del suelo.

La composta convierte los desperdicios del hogar en fertilizante y materia orgánica valiosa para los suelos.

A la composta también se le llama abonera. Composta viene del inglés "compost" que significa compuesto de, y se refiere al efecto de estercolar, abonar la tierra o engrasar la tierra; abonera, viene del español y se refiere al cajón donde están los materiales orgánicos o al producto final. Algunos técnicos dicen que son dos cosas diferentes, pero un mismo tipo de trabajo que se puede hacer de diversas maneras.

Ventajas

- Mejora la estructura del suelo.
- Reduce la erosión.
- Retiene la humedad.
- Favorece y alimenta la vida del suelo.
- Contribuye a estabilizar el pH del suelo.
- Neutraliza las toxinas del suelo.
- Sus ácidos disuelven los minerales del suelo, para que las plantas puedan aprovecharlos.

Tipos de composta

Existen dos tipos de composta:

- La composta tradicional en la que se utiliza paja que fue usada como cama en las caballerizas y que es conocida también como "composta de caballo"

- La segunda forma es conocida como "composta sintética", cuyo objetivo es asemejar las condiciones que el compostaje tradicional proporciona con diversa materia prima, principalmente paja de trigo y suplementos agrícolas o de origen animal.

La desventaja del compostaje tradicional es que su obtención está limitada. El sintético se puede obtener en cualquier lugar al conseguir la materia prima que esté al alcance.

Cada tipo de composta puede usar los mismos materiales orgánicos, y manejarse de la misma manera; pero, la diferencia entre uno y otro está en los materiales de construcción, en la manera de preparar los materiales orgánicos y en la forma del montículo.

Elaboración de composta

Para elaborar composta se necesitan los siguientes materiales, en cantidades que dependen de la cantidad de residuos orgánicos que se produzcan y del espacio disponible para esta tarea:

- Residuos orgánicos

Tierra orgánica (tierra común)

Área para elaborar la composta: puede utilizarse una cepa o excavación directa en el piso, contenedores o incluso cajas de madera.

- Dos contenedores o composteros.
- Aserrín que impide la liberación de malos olores, absorbe el exceso de humedad e impide la procreación de insectos.
- Cernidor con malla de alambre adecuada, que servirá para separar el producto ya biodegradado, que será la composta de la materia orgánica todavía en proceso.
- Varilla para revolver la materia orgánica.

Existen diversos métodos para obtener composta, a continuación se presenta el más sencillo:

- 1) Se coloca en el fondo del compostero una capa de aserrín.
- 2) Se coloca una segunda capa con los desechos alimenticios, si éstos están muy secos, se agrega un poco de agua para mantener la humedad. Las siguientes capas se intercalan siempre con una de aserrín. Antes de depositar la siguiente capa de desechos alimenticios, es recomendable revolver y humedecer las anteriores y siempre se rematará con una capa de aserrín seco.
- 3) Aunque no haya desechos alimenticios que agregar, debe airearse cada tercer día, para permitir la liberación de los gases, producto de la descomposición y para proporcionar oxígeno al sistema. Se airea, vaciando el contenido al otro contenedor, revolviendo con la varilla y se rocía con poco agua, sólo para mantener la humedad. Si se presenta mal olor, se debe agregar más aserrín. Las personas encargadas de esta actividad deben utilizar cubrebocas y guantes.
- 4) Los desechos alimenticios se convertirán en composta entre los 60 y 90 días, dependiendo de la naturaleza de los desperdicios. Esto será, cuando el producto se observe homogéneo, café oscuro y desmenuzado. Se recomienda cernir a los dos meses esta composta. El producto del cernido, se puede utilizar, y lo que queda en el cernidor se puede incorporar como materia orgánica a otro compostero.

La composta resultante se utiliza como abono, ya que contiene todos los nutrientes que se necesita para ayudar a crecer a las plantas. Se puede usar en macetas o jardines, mezclándola con la tierra.

Reciclado de metales

Metales como aluminio, plomo, hierro, acero, zinc, cobre, oro y plata son reciclados fácilmente cuando no están mezclados con otras sustancias, porque pueden ser fundidos y cambiar de forma o adoptar la anterior.

Una gran ventaja del reciclaje del metal es que es ilimitado el número de veces que se puede realizar. Sin embargo una desventaja es que su reciclaje requiere de herramientas especiales para cortar el material en trozos y someterlo a altas temperaturas para darle la nueva forma deseada.

De los metales, el hierro es el que tiene mayor demanda comercial. El reciclaje del aluminio está incrementándose bastante debido a que una lata, producto del reciclaje, requiere sólo una fracción de la energía necesaria para elaborar una lata similar, con materia prima virgen.

En el caso de estufas, refrigeradores y otros aparatos domésticos, el reciclaje es costoso porque es necesario separar del metal sustancias como plásticos, hule y vidrio¹⁶.

Reciclaje de concreto

Cada año se producen en el mundo alrededor de 25,000 millones de toneladas de concreto, que se suman a los más de 85,000 millones de metros cuadrados de edificios ya construidos en el planeta, según establece la Iniciativa para el Cemento Sustentable.

Al respecto, la Iniciativa para el Cemento Sustentable, que depende del Consejo Mundial de Negocios para el Desarrollo Sustentable, precisa en su documento "Reciclando Concreto", que tan solo Estados Unidos, Japón y los países europeos generan al año unos 900 millones de toneladas de desperdicio de construcción y demolición.

¹⁶ <http://www.tododecarton.com>
<http://www.internatura.uji.es>
<http://www.enbuenasmanos.com>
<http://www.amiclor.org/opciones>
<http://www.geocities.com>
<http://recicla.netfirms.com>
<http://www.serviplus.com>
<http://www.coedehgo.gob.mx>
<http://www.segam.gob.mx>
<http://leonidosaurio.8m.com>
<http://www.pvem.org.mx>
<http://www.fundacioncarvajal.org.co>
<http://www.ideam.gov.co>
<http://ladb.unm.edu>
<http://library.thinkquest.org>

Reino Unido es el país que utiliza más agregado reciclado, principalmente en infraestructura, por ejemplo en la construcción de los recintos de los juegos olímpicos de Londres 2012.

Mientras tanto en Japón, tienen una red carretera prácticamente concluida que utiliza concreto demolido como agregado para fabricar nuevo concreto.

Otros países que aplican técnicas avanzadas para la recuperación de desperdicios de construcción son Alemania, Australia, Bélgica, los Emiratos Árabes Unidos, Estados Unidos y Holanda.¹⁷

La utilización de agregados reciclados enfrenta algunos problemas: ya que requiere una gran cantidad de energía para producir agregados de alta calidad y además se genera una gran cantidad de polvo durante el proceso.

Actualmente se utilizan en el mundo tres técnicas para reciclar concreto: el de calentamiento, el de eje de excentricidad y de molino mecánico. Ver figura 13. Aunque no se han desarrollado nuevos métodos, el de calentamiento ha sido mejorado para reducir las temperaturas utilizadas en el proceso, con el fin de que se consuma menos energía, y con ello disminuir las emisiones contaminantes.

La mayor parte de los agregados de concretos reciclados se usan para la construcción de la sub-base de carreteras. Sin embargo, las técnicas actuales de reciclaje de concreto permiten también obtener polvo fino de concreto que puede ser utilizado como base para nuevos materiales destinados a la construcción de edificios.

Un ejemplo de esto son los edificios EPA Potomac Yards, en Arlington, Virginia, Estados Unidos, con 27% de su estructura compuesta con materiales reciclados como agregados de concreto, ceniza volante, acero, madera y asfalto, elementos recuperados de desperdicios de construcción y demolición.

Otros proyectos internacionales que contienen concreto reciclado en su estructura son las carreteras australianas Ipswich en el tramo de Wacol-Darra y el Western link Road en Melbourne, que surgen de la iniciativa gubernamental a favor de la ecología.

¹⁷ Koji Sakai, investigador japonés y promotor del uso ecológico del concreto publicado en Revista "Obras" año XXXVII No. 446 febrero 2010 pag 48

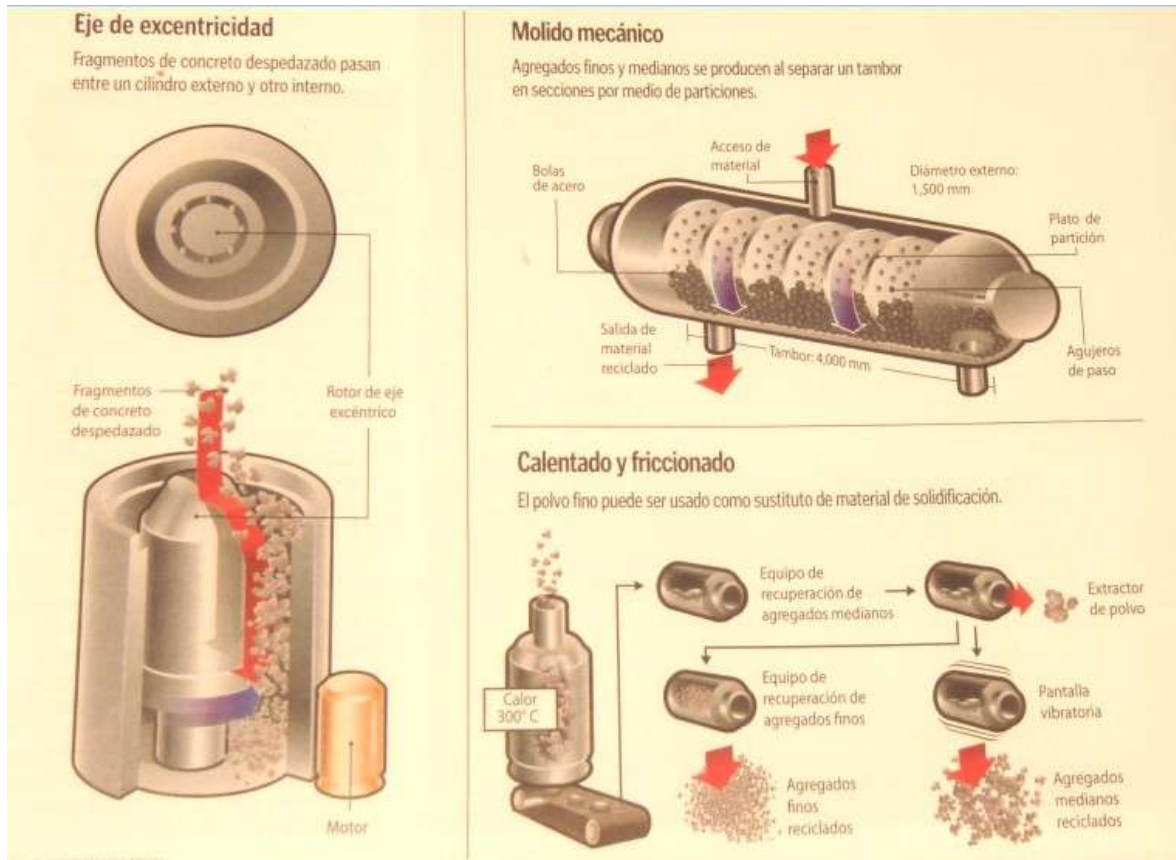


Figura 13. Métodos de reciclaje del concreto¹⁸

También en Australia se encuentra el Holdfast Shores Development, y en Reino Unido destaca el proyecto Port Glasgow.

En México existen algunas empresas especializadas en el reciclaje de concreto, como es el caso de la compañía originaria del Distrito Federal, Concretos Reciclados.

Obstáculos para el reciclaje

El reciclaje tiene grandes beneficios, sin embargo también existen algunos obstáculos por superar.

Tal vez, el principal problema al que se enfrentan las personas cuando quieren generar un proceso de reciclaje, es la falta de educación de la sociedad sobre este aspecto.

La sociedad tiende a resistirse a los cambios. El ciclo tradicional de consumir y desechar es muy difícil de romper. Reciclar en la oficina o en el hogar requiere de un esfuerzo extra para separar los materiales. Siempre será más fácil deshacerse de los desperdicios.

¹⁸ Revista "Obras" año XXXVII No. 446 febrero 2010 pag 50.

La investigación ha hecho que sea posible la reducción de residuos, conduciendo al desarrollo de nuevas tecnologías, que buscan que el índice de recuperación y de reciclado de compuestos se incremente en el futuro.

La instalación de plantas de reciclado de materiales da lugar a la creación de puestos de trabajo y un mejor manejo de los recursos en comparación con los ya establecidos.

Conclusión

Se puede observar que existen muchos y diversos métodos de reciclaje de la basura, sin embargo la aplicación de estos es complicada, debido al manejo de los desechos y a los hábitos que se tienen en la Ciudad de México.

Para obtener un reciclaje de basura eficiente, es necesaria una disposición separada. La organización de los desechos desde su generación, simplificaría y haría muy eficiente el proceso de reciclaje, ya que al mezclar diferentes tipos de basura, se genera contaminación de sus elementos, dificultando su uso posterior. La separación de los desechos es una tarea desagradable y minuciosa.

Por otro lado, los materiales para elaborar concreto deben tener un cuidado especial, ya que su contaminación puede impactar de forma considerable en el desempeño del producto, y por lo tanto, en la calidad del mismo. Por esto, para utilizar desechos en la fabricación de concreto para bloques, se debe contar con las medidas adecuadas para asegurar la buena calidad de los agregados, y en especial, de la basura, que representa un agregado especial del que no se tiene una experiencia estudiada en cuanto a su comportamiento.

En la práctica de fabricación de concreto se recomienda el mezclado de agregados libres de impurezas que puedan restar adherencia entre sus integrantes, además de una forma y tamaño adecuados que permitan una integración con características adecuadas.

De esto se concluye que la separación de la basura, es la clave para el reciclaje eficiente del material obtenido, tanto para los bloques analizados en el presente trabajo como para cualquier otro destino del material recolectado. La separación de la basura desde su origen, puede representar un ahorro considerable en su tratamiento y una gran oportunidad para el desarrollo de los procesos de reciclaje.

A.3. Los bloques de basura reciclada

En distintos países se han realizado investigaciones para obtener materiales de construcción, con el objetivo de bajar su costo, proporcionando el mismo servicio que otorgan los materiales producidos de forma tradicional. Un ejemplo de esto es el cemento alternativo generado en Cuba, hecho de 40% de cemento Portland y 60% de residuos sólidos de la industria azucarera.

Otro ejemplo son los bloques generados en la Universidad de Buenos Aires (UBA), Argentina, fabricados con plástico PET. Nacido de un programa de la Facultad de Arquitectura de la UBA, el material permite construir con productos de desecho, a bajo costo.

La botella plástica de refresco y agua mineral descartadas en la bolsa de residuos, puede convertirse en un material de construcción y cumplir, en forma simultánea, varias misiones como son: originar materiales más baratos, hechos con materia prima gratuita; eliminar desechos que contaminan el medio ambiente; abrir una posibilidad laboral para quien ha aprendido a elaborarlos y facilitar el acceso a la construcción de vivienda de muchas familias. Todo esto es posible si se articulan distintos factores, tal como lo propone un programa de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la UBA, que impulsa la producción de materiales de construcción con basura reciclada, gestionada por empresas sociales integradas a la Red Global del Trueque.

El PET molido reemplaza a la piedra y a un 60% ciento de la arena que se utiliza en la confección de tejas, losas y paneles, lo que las hace aislantes térmicas y más ligeras. A esas ventajas se agrega el menor costo, dado que se elaboran con un material de desperdicio. Las placas para losas de techos cuestan 7 pesos el metro cuadrado, mientras que las tradicionales tienen un costo aproximado de 23 pesos¹⁹.

Actualmente en México, existe una compañía que comercializa bloques de PET para construcción. Esta empresa se llama Tabiques y Estructuras Reciclables S.A. de C.V. y tiene 10 años de reciclar botellas plásticas.

En Yucatán, se ha establecido una fábrica de bloques de concreto que utiliza basura como uno de sus agregados. Se utiliza basura mixta triturada en la mezcla. A pesar de obtener con este proceso un elemento con buena apariencia, es necesario revisar las propiedades del producto final a largo plazo, ya que debido al proceso natural de descomposición de los materiales que integran los desechos, es posible tener impactos negativos posteriores a la fabricación del producto.

En las Universidades de Leeds y de Nottingham en Inglaterra, se ha desarrollado un bloque integrado por vidrio molido reciclado, escoria metalúrgica y lodos de alcantarillado, que mezclados con un cementante, adquiere mucha resistencia siendo procesado a alta temperatura. A este producto le han llamado "Bitublock".

¹⁹ "La Fogata digital" octubre 2009



Figura 14. Pieza de Bitublock

A.3.1. Descripción

Los bloques de concreto se han utilizado en la construcción desde hace mucho tiempo. Su éxito se debe a que sus características permiten facilitar la construcción, ser económicos y dar buena apariencia. Además, los bloques permiten tener obras seguras y duraderas, cubriendo adecuadamente las necesidades para los que fueron creados.

Se ha comprobado que el bloque de concreto como sistema constructivo es excelente, ya que sus innumerables ventajas lo hacen un elemento muy versátil; por ejemplo, su comportamiento térmico lo hace adecuado en climas tropicales y cálidos. También al formar las paredes de block, éstas permiten canalizar en su interior las instalaciones hidrosanitarias y eléctricas de un edificio.

Un bloque de concreto es un elemento prefabricado, elaborado con concreto o mortero de cemento, y es utilizado comúnmente en la construcción de muros y paredes.

Los bloques tienen forma prismática, con dimensiones normalizadas, y suelen ser esencialmente huecos²⁰.

Las dimensiones mínimas que marca la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005 para tabicones es de 6 cm de alto, 10 cm de ancho y 24 cm de largo. Las tolerancias en las dimensiones de las piezas son de ± 3 mm en la altura y ± 2 mm en el largo y ancho. Los bloques pueden tener perforaciones o alveolos de dimensiones regulares y de distribución uniforme, con paredes exteriores con un espesor mínimo de 15 mm. Sus paredes interiores deben tener como mínimo 10 mm de espesor. Actualmente existen compañías formales que ofrecen bloques, tabiques y tabicones entre otros productos como son bloques de remate de esquina, bloques cimbra para cerramientos, y diversos acabados en los elementos, que nos permite tener un control adecuado de las piezas. Estas empresas proponen dimensiones diversas en los elementos, cumpliendo con las mínimas que se requieren en la norma, y aseguran tener la resistencia especificada en la norma NMX-C-036-ONNCCE-2004. Con estas garantías, el empleo de los bloques en la construcción es más segura, haciendo su empleo más económico.

²⁰ <http://www.construtips.com>

Los bloques de desechos pueden ser generados de diversas formas y materiales recuperados, teniendo de esta manera diferentes propiedades que varían con el material usado en su proceso de fabricación.

Para fabricar los bloques con material reciclado se requiere siempre un cementante que debe contar con las características adecuadas para actuar en los materiales en cuestión. Este elemento es muy importante, ya que debe garantizar la adherencia de los agregados y de esta manera brindar la resistencia requerida.

Una vez colocados los materiales en su lugar permanente en la obra, estarán sometidos a condiciones de servicio para las cuales fueron diseñados, como son las cargas por peso propio y de elementos permanentes y temporales, condiciones atmosféricas de humedad, viento, radiación solar, bajas temperaturas, etc. que los pueden afectar. Todos estos aspectos deben ser considerados al elegir el material y de esta manera prevenir su tratamiento para colocarlos de manera adecuada, con obras preliminares o protegerlos contra elementos que puedan disminuir su desempeño. Es por ello que desde su fabricación los materiales de construcción deben cumplir con las características recomendadas en las normas de calidad establecidas.

A.3.2. Aplicación

Los bloques para construcción fabricados con material reciclado, pueden usarse en estructuras de carga, como es el caso del Bitublock, o para dividir espacios, como es el caso de los bloques de PET, ya que por sus características, su función está definida; mientras el Bitublock por su alta resistencia es ideal para soportar cargas, el bloque de PET, por su ligereza y sus características aislantes, tiene buen comportamiento en muros divisorios. Para determinar el uso que se le puede dar a un elemento constructivo, es necesario realizar un estudio conforme a la normatividad aplicable para cada elemento, ya que la seguridad estructural depende, entre otros aspectos, de la calidad de los materiales utilizados, así como de su tratamiento. Es obligación del fabricante especificar el uso de su producto, indicando las recomendaciones oportunas para su aplicación y los parámetros utilizados para determinarlas.

A.3.3. Fabricación

Bloques de concreto

Los bloques de concreto se fabrican vertiendo una mezcla de cemento, arena y agregados pétreos, normalmente calizos, en moldes metálicos, donde tienen un proceso de vibrado para compactar el material. Es habitual el uso de aditivos en la mezcla para modificar sus propiedades de resistencia, textura o color.

Los muros de bloque se construyen de forma similar a los de ladrillo, uniéndose las hiladas con mortero. Sin embargo, debido al mayor grosor de estas piezas, es frecuente que los muros compuestos por bloques de concreto actúen como muros de carga en pequeñas edificaciones de una o dos plantas. En estos casos, los muros se refuerzan con

varillas de acero²¹ según las recomendaciones de las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Estructuras de Mamposterías del Distrito Federal.

Bloques de PET

Los bloques de PET que se fabrican en Argentina mediante programas sociales se hacen de la siguiente manera: se seleccionan las botellas de plástico adecuadas. Después de clasificarlas por color, las botellas vacías son prensadas y compactadas para llevarlas a un molino, que las transforma en un material similar a la fécula de maíz. Ese elemento se mezcla con cemento, arena y un producto químico que favorece la combinación, y al fraguar queda convertido en viguetas o bloques aptos para levantar paredes, techos o pavimentos. El material resultante es 50% más ligero que los materiales tradicionales. En la empresa que realiza el proceso también se fabrican viguetas para techos que en el centro tienen un núcleo de unicel reciclado. Este núcleo las hace más livianas y térmicas sin comprometer su resistencia²², lo que permite obtener con ellas estructuras de vigueta y bovedilla, que además de tener un procedimiento constructivo ágil, tiene propiedades térmicas y acústicas positivas.

Bloques de adobecemento

Otra alternativa la constituyen los bloques de adobecemento, integrados por tierra arenosa, no arcillosa, mezclada en proporción de una parte de cemento y 10 partes de tierra. Para su fabricación se recomienda usar moldes de 10x40x40 cm como mínimo, ya que por las características del material empleado, dimensiones menores provocarían inestabilidad en los elementos. Se deja fraguar en la sombra humedeciéndolo durante 15 días.

Las ventajas que proporcionan los bloques de adobecemento son: impermeabilidad, aislante de frío, calor y ruido, resistente a insectos y al fuego, fácil de moldear, trabajar, perforar o reparar y es muy económico²³. La única desventaja radica en la velocidad de su producción y el cuidado en la selección del material a usar en la mezcla.

Unicel recuperado o poliestireno expandido

Tras su molido a diferentes granulometrías y mezclado con otros materiales de construcción puede ser útil para fabricar ladrillos ligeros y porosos, morteros aislantes, concretos ligeros, etc. Así mismo se transforma fácilmente mediante procesos de fusión en el material de partida: el poliestireno compacto. Éste puede utilizarse para fabricar piezas sencillas mediante moldeo por inyección, como perchas, bolígrafos, carcasas, material de oficina, etc. o extrusión en placas u otras formas para utilizarse como sustituto de la madera (bancos, postes, celosías, etc.)²⁴.

²¹ <http://www.construtips.com>

²² "La Fogata digital" Octubre 2009

²³ "Manual del Arquitecto Descalzo"

²⁴ <http://www.anape.es>

Bitublock

La fabricación del Bitublock se realiza de la siguiente manera: se trituran los diferentes materiales de desecho para después ser vertidos en un contenedor de concreto para ser mezclado. A la mezcla se le añade un cementante a base de emulsiones asfálticas a fin de que los elementos se entrelacen y creen un material homogéneo.

Posteriormente, la mezcla se coloca en un molde con la forma y tamaño del elemento requerido, y se somete a altas temperaturas.

Ante el calor, el cementante se oxida y esto permite que el material se endurezca tanto como el concreto²⁵, obteniendo así, una pieza resistente que puede ser empleada en la construcción.

Bloque con basura reciclada

En varios municipios de Yucatán, México, se han sustituido los tiraderos a cielo abierto por plantas procesadoras de bloques de basura para la construcción. El proceso es el siguiente: se selecciona la basura y se limpia del material orgánico. Posteriormente pasa por una trituradora hasta obtener un material fino que es mezclarlo con mortero para ser vaciado en un molde. Los fabricantes aseguran que este material tiene buenas propiedades acústicas, de resistencia, no flamables, entre otras. En las figuras 15 a la 26 se muestran imágenes del procedimiento para la fabricación de los bloques.



Figura 15. Separación

²⁵ <http://www.laaldeaglobal.com>



Figura 16. Vista de la planta de fabricación



Figura 17. Equipo de proceso de la basura



Figura 18. Preparación de la mezcla.



Figura 19. Vista de la planta



Figura 20. Bloques terminados en la bloquera



Figura 21. Elementos terminados



Figura 22. Panel fabricado del mismo material



Figura 23. Almacenaje de bloques



Figura 24 .Aplicación en construcción



Figura 25. Aplicación en edificación



Figura 26. Aplicación en pavimentación

Ensayo de fabricación de bloques con basura reciclada

Para analizar la fabricación de bloques con basura reciclada, se realizó un ensayo consistente en fabricar elementos cúbicos macizos de 10 cm por lado con mezcla para bloques. Se observó el comportamiento del elemento fabricado mediante una prueba a compresión y se comparó su resistencia con el resultado de la prueba a elementos piloto de las mismas dimensiones, fabricados con el mismo procedimiento y con la misma mezcla pero sin adiciones de material de recicle. Cabe mencionar que la cantidad de elementos fabricados no es representativa debido a que los recursos disponibles al momento de generarla, no fueron los suficientes. Es por esto que se emite la conclusión de una prueba aislada y que es necesario realizar pruebas a mayor escala para obtener una mejor opinión. Los ensayos realizados son por lo tanto, solamente ilustrativos con la finalidad de generar una muestra que permita apreciar de forma cercana el procedimiento de fabricación de los bloques.

Método de fabricación de los bloques de concreto con basura reciclada.

El procedimiento de fabricación de los bloques consistió en:

- Registro de las propiedades de los materiales empleados
- Dosificación y mezclado
- Colocación en molde
- Vibración y compactación de la mezcla en el molde
- Desmolde
- Transporte
- Fraguado del elemento

Características de los agregados

Según las recomendaciones de los manuales para fabricar bloques de concreto vibrocomprimido, la grava debe tener un tamaño máximo de 1/2", por lo que se trituró grava comercial de 3/4" mediante martillo y se separó con tamiz 1/2" para obtener el tamaño deseado.



Figura 27. Triturado de la grava



Figura 28. Selección de material de 1/2"

Obtención del peso volumétrico seco de agregados

Datos

cubeta p= 4.53 kg
p_{real}= 4.30 kg
vol= 10.30 lt
tara báscula 200.00 gr

grava

peso con material
p_{tgrava}= 17.88 kg

$p_{\text{grava}} = 13.58$ kg
peso volumétrico
 $p_{\text{vol grava}} = 1,317.96$ kg/m³
arena
peso con material
 $p_{\text{arena}} = 18.95$ kg
 $p_{\text{arena}} = 14.65$ kg
peso volumétrico
 $p_{\text{vol arena}} = 1,422.33$ kg/m³



Figura 28. Obtención del peso de la grava



Figura 29. Obtención del peso de la arena

Porcentaje de humedad. Se tomaron los pesos de las muestras

charola arena
 $p = 1.20$ kg
charola grava
 $p = 1.56$ kg
peso neto arena limpia
 $p = 2.50$ kg
peso neto grava limpia

$p = 2.50 \text{ kg}$



Figura 30. Preparación para obtener el porcentaje de humedad en la arena



Figura 31. Preparación para obtener el porcentaje de humedad en la grava

Se sumergieron las muestras en agua con un tirante de 2.5 cm y se dejaron reposar durante 24 horas para lograr su saturación. Al cabo de ese tiempo se quitó el agua a la muestra y se obtuvo su peso:

peso grava saturada

$p_{\text{grava sat}} = 3.00 \text{ kg}$

peso jerga para quitar exceso de humedad

$p_{\text{jerga}} = 0.41 \text{ kg}$

peso neto de grava saturada (sss)

$p_{\text{grava}} = 2.59 \text{ kg}$

peso perdido durante la prueba (accidental)

$p_p = 0.01 \text{ kg}$

peso neto de grava saturada (sss)

$p_{\text{grava}} = 2.60 \text{ kg}$

agua absorbida

$a_{\text{abs}} = 9.60 \%$

agua desplazada (mediante prueba con pignómetro figura 34)

$a_{\text{desp}} = 412.00 \text{ ml}$

densidad relativa (se tomo 1 kg de grava para la prueba)

$\gamma = 2.43$

peso de la grava con la charola

$p_{t_{grava}} = 3.14$ kg
 $p_{charola} = 1.56$ kg
 $p_{grava} = 1.58$ kg



Figura 32. Reposo de las muestras en agua



Figura 33. Secado y pesado de la muestra de grava.



Figura 34. Determinación del volumen de la grava con el pignómetro

Se dejó secando 2,5 kg de grava en el horno a 110° durante 24 horas

Arena
se toma una muestra de 0,5 kg y se seca con calor en comal



Figura 35. Secado de la arena en el horno.

Se realiza llenado y compactación de la arena dentro de un cono truncado con 25 golpes de pison a 1 cm por encima de la cresta del tronco cono . La arena está en estado sss (saturado superficialmente seco) cuando al retirar el troncocono a una pequeña vibración se desmorona totalmente

peso de la muestra saturada

$$p_{\text{arena}} = 0.50 \text{ kg}$$

peso de la muestra sss

$$p_{t_{\text{arena}}} = 1.65 \text{ kg}$$

$$p_{\text{charola}} = 1.21 \text{ kg}$$

$$p_{\text{arena}} = 0.44 \text{ kg}$$



Figura 36. Colocación de arena dentro del cono



Figura 37. Retiro de cono. La muestra se mantiene íntegra

Prueba con voluminómetro tipo Chapman

densidad arena
agua inicial
 $V_{\text{agua}} = 200.00 \text{ ml}$

volumen total medido en el voluminómetro

$v_{\text{total}} = 387.00 \text{ ml}$
peso arena
 $p_{\text{arena}} = 0.44 \text{ kg}$
densidad relativa
 $\gamma = 2.36$



Figura 38. Prueba con el voluminómetro tipo Chapman

Las muestras en el horno fueron pesadas después de 24 horas, de lo que se obtuvo el peso total de la muestra con charola

$p_{\text{arena}} = 3.66 \text{ kg}$
peso de charola
 $p = 1.20 \text{ kg}$
peso de la arena
 $p_{\text{arena}} = 2.46 \text{ kg}$
peso original de la arena antes de saturar
 $p_{\text{arena}} = 2.50 \text{ kg}$
absorción

abs= 3.80 %
datos de las muestras secas
peso arena con charola= 3.21 kg
peso grava con charola= 3.05 kg
se separa la grava con la malla 4
peso grava y charola= 4.22 kg
peso de charola= 1.22 kg
peso de material retenido= 3.94 kg
peso de material que pasa= 0.27 kg
% de grava= 91%
% de arena= 9%



Figura 39. Muestras de grava y arena después de 24 horas en el horno

Para obtener el módulo de finura, se utilizaron las mallas 4, 8, 16, 30, 50, 100 y 200. Del paso de una muestra de 2 kg de arena a través de estas mallas, se obtuvieron los pesos de las partes retenidas por cada malla. De esta manera, se pudo determinar el módulo de finura como la suma de los porcentajes retenidos.



Figura 40. Vista de la malla y del material retenido y que pasa a través.

Tabla 1. Cálculo del módulo de finura de la arena

MALLA	MALLA (mm)	PESO MATERIAL PASA CON CHAROLA (kg)	PESO MATERIAL PASA (kg)	PESO MAT RETENIDO (kg)	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO ACUMULADO
No 4	4.763	3.066	1.865	0.135	7%	7%
No 8	2.381	2.82	1.619	0.246	12%	19%
No 16	1.191	2.524	1.323	0.296	15%	34%
No 30	0.595	2.15	0.949	0.374	19%	53%
No 50	0.296	1.891	0.69	0.259	13%	66%
No 100	0.149	1.558	0.357	0.333	17%	82%
No 200	0.074			0.357	18%	100%
SUMAS				2.00		
MÓDULO DE FINURA						3.60

Resumen de propiedades de agregados

Grava:

T.M.A.: 1/2"

Peso volumétrico seco compactado: 1,317.96 kg/m³

% absorción: 9.6%

Densidad: 2.43

Arena:

Peso volumétrico seco: 1,422.33 kg/m³

% absorción: 3.8 %

Módulo de finura: 3.6

Densidad: 2.36

Para obtener las muestras necesarias se fabricaron cubos de 10 centímetros con un molde metálico.

Se utilizó una mesa vibratoria para generar las muestras. Sus características son las siguientes:

Marca: FMC Technologies

Modelo: VP-51

Tamaño de la mesa: 20 x 20 pulgadas

Capacidad: 300 libras

Potencia: 100 watts

Amperaje: 4.5 amp a 115 volt 60 hertz

Peso del equipo: 190 lbs



Figura 41. Mesa vibratoria utilizada en la fabricación de las muestras

La fabricación de las muestras se realizó generando la mezcla con una dosificación 1:5:2 (cemento:arena:confitillo) dividiéndola en dos partes; una para generar la muestra de control y otra para la muestra con basura reciclada en su cuerpo. Al agregar el desecho reciclado se mezcló hasta que la integración fue completa. Se esta manera se procuró contrarrestar la desintegración de la mezcla debida a la incorporación del objeto extraño en su cuerpo. A pesar de esta precaución, al agregar los desechos, la adherencia se vio comprometida, no siendo esta tan adecuada como la de la mezcla de control. Esto se comprobó en la segregación de la muestra al desmoldar. Además de este problema, no se determinó la cantidad de materia orgánica en los desechos. Este es un factor que puede afectar el desempeño del bloque, generando una desintegración desde dentro del elemento, provocando pérdida de resistencia.

Se realizaron muestras con papel triturado, con lata en tiras delgadas y con PET también en tiras delgadas, observándose el comportamiento descrito anteriormente en las tres muestras.

El molde metálico fue preparado con aceite automotriz como desmoldante aplicado con una brocha.



Figura 42. Preparación del molde



Figura 43. Preparación de la mezcla



Figura 44. Colocación de la mezcla en el molde sobre la mesa vibratoria.



Figura 45. Muestra recién desmoldada.

La vibración es un aspecto importante, ya que además de compactar y acomodar la mezcla dentro del molde, nos ayuda en el desmoldaje, que sin ella se dificulta. Sin embargo, si no se tiene un control adecuado de la vibración, ésta puede tener efectos negativos como provocar deformaciones en el elemento. Los equipos modernos para fabricar bloques, además de realizar la vibración sobre el elemento, lo compacta, acción que otorga mayor calidad al elemento fabricado.

Una vez obtenidas las muestras, éstas se dejaron fraguar protegidas con plástico durante 120 días a temperatura y humedad ambiente en la sombra dentro del laboratorio.

En la fabricación de los bloques se recomienda el curado de los elementos durante por lo menos 7 días, con la finalidad de aumentar su resistencia final. El curado de las muestras no se realizó, y los resultados de las pruebas a compresión serán cualitativas, con la finalidad de obtener los medios para hacer una comparación de la resistencia entre las muestras con material reciclado y sin él.



Figura 46. Disposición de algunas de las muestras obtenidas.

Se procuró seguir el procedimiento para la realización de la prueba de resistencia a la compresión como lo indica la norma mexicana NMX-C-036-ONNCCE-2004.

Características de la máquina de prueba

Las recomendaciones de la Norma nos indica que la máquina debe estar equipada con dos bloques de acero cuya dureza Rockwell C no sea menor de 60 y de dureza Brinnell N 620; uno de los cuales tiene asiento esférico que transmite la carga a la superficie superior de la probeta y el otro en un block plano rígido en el cual descansa la probeta. De ser necesarias placas de ajuste para transmitir la carga a la probeta, dichas placas no tendrán menos de 13 mm de espesor, no deben diferir entre sí en más de 0.025 mm en el plano ni más de 15.24 cm en cualquiera de sus dimensiones. La carga será vertical sobre el centroide de la probeta. El diámetro de la cara que ejerce la carga debe tener como mínimo 16 cm de diámetro.

Las pruebas de compresión fueron efectuadas en una máquina Amsler existente en el laboratorio de materiales del edificio principal de la Facultad de Ingeniería. Este equipo no tiene control automático de carga, por lo que ésta fue regulada manualmente por la laboratorista. Ésta circunstancia ocasionó que la carga fuera aplicada sobre la muestra de forma rápida, no cumpliendo con la recomendación de la norma. Por esta situación, los resultados de las pruebas serán considerados solamente para comparar el desempeño que tienen las muestras con material de reciclaje contra las muestras piloto elaboradas solamente con agregados tradicionales.

Muestreo

Cada muestra consiste en un cubo macizo de concreto de 10 cm por lado. La muestra se elaboró de esta manera porque el molde disponible nos facilitó elaborarla con esas características. El objetivo de las pruebas es determinar la diferencia entre una mezcla elaborada con agregados tradicionales y una mezcla adicionada con materiales reciclados.

Preparación de la probeta

Se debe asegurar que las caras de contacto de la probeta con la máquina, sean planas para lograr la mayor área de contacto, y de esta manera, que la carga recibida por la probeta sea aplicada de forma uniforme para obtener una lectura más aproximada a la realidad. Lo recomendado en la norma es cabecear las probetas con mortero de azufre. Esto no se hizo porque para cabecear las probetas se requiere de un material y herramienta del que no se dispuso en su momento. El no realizar estos preparativos nos lleva a reafirmar los fines comparativos de la prueba realizada.

Condiciones ambientales

La prueba se realizó a la temperatura ambiente del laboratorio.

Colocación de la probeta

Se realizó la prueba colocando la probeta con el centroide de sus superficies alineado verticalmente con el centro del bloque de carga de acero de la máquina de prueba. Se usó una tapa de cartón de 3 mm de espesor en cada cara de contacto entre la probeta y la máquina, a fin de proteger esta última.

Velocidad de la prueba

La norma recomienda la aplicación de una carga de 50 kgf/cm² (5 MPa) sobre la probeta a la velocidad que considere conveniente el laboratorista, después de la cual se debe aplicar la carga a razón de 1 kgf/cm² (100 kPa) cada 2 segundos hasta su ruptura. Si la carga sobrepasa los 110 kgf/cm² (11 MPa), se puede incrementar la velocidad de la carga a fin de terminar la prueba. Este procedimiento de carga no se realizó como es indicado por la norma, ya que, como se mencionó anteriormente, por las características del equipo utilizado, no fue posible regular la carga aplicada de esta manera.

Cálculos y resultados

La resistencia de la probeta se calculó como la carga máxima sobre la misma entre el área.

De los resultados obtenidos de las pruebas, se puede observar que mientras las muestras fabricadas con agregados tradicionales tienen un 30% de resistencia por arriba del promedio, las muestras elaboradas con lata triturada tienen un 14% menos que el promedio, y las elaboradas con PET un 68% menos que el promedio. Con estos resultados se concluye que los agregados de material reciclado afectan negativamente en la integración de las muestras obtenidas, ocasionando la baja resistencia en la prueba.

Tabla 2. Resumen de resultados obtenidos en laboratorio

Agregado especial	Carga última promedio (kg/cm ²)	% respecto a la media
Lata	24.7	86%
Ninguno	37.2	130%
PET	9.2	32%



Figura 47. Prueba de resistencia a la compresión en una muestra

B. Análisis:

B.1. Panorama general de una fábrica de bloques de basura reciclada

Los bloques de concreto son elementos modulares premoldeados diseñados para la albañilería confinada y armada interiormente. En su fabricación se requieren como materiales usuales grava, arena, cemento y agua. En el estudio realizado se utilizó PET y lata reciclados.

En las fábricas de bloques se utilizan máquinas vibratorias, que pueden ser sustituidas por mesas vibratorias que resultan una alternativa constructiva que hace viable la albañilería con bloques de concreto por su adaptación al sitio de ejecución de la obra, siempre que se requiera fabricar los elementos en el sitio.

La calidad de los bloques depende de cada etapa del proceso de fabricación, fundamentalmente de la selección y tratamiento de los agregados, la dosificación, mezclado, moldeo, compactación, y curado de acuerdo a la norma.

Se debe realizar un estudio con diferentes dosificaciones con los agregados usuales y cementos Portland para obtener una mezcla de diseño óptima. Es necesario hacer continuamente pruebas a los agregados para asegurar que cumplan con las características adecuadas para un buen producto.

En forma similar a los bloques, se pueden fabricar otros productos en el mismo taller, variando los moldes para obtener, por ejemplo, adoquines de concreto.

B.1.1. Requerimientos

Actualmente se fabrican bloques de alta resistencia a la compresión hasta de 120 kg/cm², con diferentes mezclas cemento agregado, utilizando máquinas vibratorias con rendimientos mayores a las 1000 unidades diarias.

Se fabrican también ladrillos y bloques de concreto utilizando moldes que permiten una compactación manual de la mezcla con ayuda de tacos metálicos o de madera; las unidades resultantes son de resistencia media, de 50 kg/cm², con bajo rendimiento en la fabricación.

La producción se define como la creación de bienes aptos para su uso. Para lograrlo de forma adecuada, es necesaria la planeación del proceso, detallando mediante un manual de procedimientos, los pasos a seguir en cada etapa de fabricación. Este manual permitirá hacer la planeación oportuna y por lo tanto, prever las necesidades y planear adecuadamente las actividades a realizar, analizando cada etapa del proceso para optimizarlo y mejorarlo.

En el proceso de la producción se deben tener claro los recursos utilizados, el esquema de flujo de la fabricación y los patrones de calidad que garantice el mejor producto.

Para asegurar la calidad de los bloques de concreto se deberá controlar, durante la fabricación, la dosificación de los materiales de la mezcla definida.

Una condición imprescindible que deben satisfacer los bloques es su uniformidad; la constancia de sus dimensiones, especialmente en su altura, la densidad, calidad, textura superficial y acabado. Esto demanda la observación constante de las características de los agregados.

En todo proceso productivo de elementos para la construcción, se realizan una serie de actividades las cuales guardan estrecha relación entre sí; la calidad del producto final dependerá de que los diferentes procesos se realicen cumpliendo con los requisitos técnicos.

Para la elaboración de los bloques con basura reciclada, se deben seguir los siguientes pasos:

- 1.- Selección y preparación de los materiales
- 2.- Disponibilidad de equipos
- 3.- Dosificación y mezclado
- 4.- Moldeado

5.- Curado

6.- Almacenado

1. SELECCIÓN Y PREPARACIÓN DE LOS MATERIALES

Trituración de basura seleccionada
Cemento Portland
Agua libre de impurezas

2. DISPONIBILIDAD DE EQUIPOS

Mesa vibratoria
Molde metálico

3. DOSIFICACION Y MEZCLADO

a) Se dosifica cemento:agregado
b) Se mezcla con equipo primero en seco.
c) Se agrega agua poco a poco durante 5 minutos

4. MOLDEADO Y FRAGUADO

a) Con el molde previamente preparado con desmoldante, se llena por capas conforme se vibra.
b) El vibrado se mantiene hasta observar una película de agua en la superficie.
c) El desmolde se debe realizar con cuidado sobre una superficie plana, evitando golpear la unidad
d) Evitar manipular los bloques.

5. CURADO

a) Se debe cubrir los bloques con plástico transparente y curarlos por un plazo mínimo de 7 días

6. ALMACENADO

a) Los Bloques deben mantenerse secos y protegidos de la humedad

MUESTREO Y CONTROL DE CALIDAD AL PRODUCTO FINAL
Ensayo de Resistencia

B.1.1.1. Insumos

Para determinar las características de los agregados necesarios para la fabricación de los bloques, se realizan pruebas a los agregados para obtener la dosificación correcta.

Del mismo modo que en una mezcla de concreto convencional, las pruebas más comunes son granulometría, módulo de finura, absorción, peso volumétrico, densidad y materia orgánica, así como un análisis químico del agua y cemento.

Los bloques deben tener una resistencia de 60 kg/cm^2 según la norma NMX-C-404-ONNCCE-2005 "Industria de la construcción-Bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural- Especificaciones y métodos de prueba".

Los agregados especiales, en este caso la basura reciclada, debe ser estudiada detenidamente, ya que sus propiedades pueden perjudicar la mezcla. Por ejemplo, la gran cantidad de materia orgánica presenta descomposición que a largo plazo genera burbujas de aire que al liberarse generan fisuras que deterioran el elemento. Es por esto que la calidad de los agregados debe ser supervisada con frecuencia, ya que las impurezas en ellos ocasionan la disminución de la calidad del producto.

B.1.1.2. Ubicación

La ubicación de la planta debe ser adecuada para optimizar los recursos de traslado. Cuanto más alejado se encuentre el proveedor, será más difícil obtener sus servicios y se encarecerá el producto por los gastos de transporte. Lo ideal es estar cerca de la planta de separación de basura, ya que este sería el principal elemento de nuestro producto. Un CIRE de fabricación de bloques o tabicones de concreto adicionado con basura reciclada sería lo ideal.

La distribución del producto final es un aspecto que debe cuidarse ya que el costo del transporte puede impactar de forma considerable en el precio. Es por eso que considerar previamente el área de influencia es importante: fuera de esa área, el producto se encarece y ya no es factible su producción.

El mercado a que se dirigirá el producto, debe ser bien definido y con base en ello, ubicar la planta de producción, para determinar si es factible o no su establecimiento.

B.1.1.3. Dimensiones

Una producción a mediana escala móvil o estacionaria requiere contar con zonas apropiadas para las diferentes etapas de fabricación. Estas áreas deben contar con una superficie nivelada y con accesos suficientes para la maniobra de camiones.

Es muy importante el suministro de agua de buena calidad para la fabricación de la mezcla. Así mismo el suministro de energía eléctrica debe ser adecuada en calidad y oportunidad, considerando la inversión inicial requerida para obtenerla.

Es recomendable una zona de 50 m^2 distribuida en:

- Zona de materiales y agregados mínima
- Zona de mezclado, fabricación y desmolde
- Zona de curado
- Área de almacenamiento.

B.1.2. Operación

B.1.2.1. Personal operativo

El personal debe estar capacitado para el manejo y mantenimiento de los equipos, para obtener de ellos el mayor rendimiento posible.

De la buena operación de los equipos y herramientas se deriva el tratamiento a los materiales que integran el producto, y es por eso que de ello depende su calidad final.

Además del personal que se encargará de la producción, es importante considerar la supervisión que estará presente en cada etapa del proceso. Esta supervisión debe ser constante, observando todas las etapas de la fabricación, desde la llegada de los materiales a la fábrica, hasta la salida del producto final, e incluso se debe dar un seguimiento a la venta.

B.1.2.2. Equipo

Basándonos en el diagrama del procedimiento de fabricación de los bloques, se debe considerar el equipo necesario para cumplir las actividades. De esta manera se requiere de los equipos y herramientas necesarias para:

- Preparar los agregados
 - Estudio de características
 - Trituración
 - Separación
 - Limpieza
- Hacer la mezcla
 - Transportar los agregados
 - Dosificar
 - Mezclar
- Fabricar el bloque
 - Verter la mezcla en los moldes
 - Vibrar y compactar
- Curar el producto
 - Transportar
 - Curar los bloques

Existen en el mercado equipos que pueden realizar varias de las funciones requeridas a la vez, obteniendo con ellos diversas prestaciones que se reflejarán en el resultado de calidad, cantidad, características y rapidez de obtención del producto.

Los equipos seleccionados dependerán del capital disponible y de las características de la planta, tanto de sus dimensiones como de los servicios disponibles como electricidad y drenaje. Estos serán limitantes del volumen de producción esperado.

B.1.2.3. Capital requerido

La inversión se dirige a 4 rubros:

- Material
- Mano de obra
- Herramienta y equipo
- Administración

Los materiales necesarios para fabricar los bloques son los agregados que los integran así como los auxiliares en su producción, como desmoldantes, productos de limpieza, etc.

La mano de obra estará integrada por el personal operativo encargado de cada etapa de la fabricación de los bloques, dar mantenimiento a los equipos, mantener la planta limpia, asegurar las instalaciones y vigilar los procedimientos de fabricación.

La herramienta y equipo será el requerido dependiendo de las características de la producción y de las instalaciones disponibles, como se indicó en el punto B.1.2.2.

La administración de la fábrica estará integrada por el personal encargado de vigilar que los recursos humanos, económicos y materiales, estén siendo utilizados de forma adecuada. Así mismo, su función será dar seguimiento a la salida del producto buscando clientes y darle seguimiento a la venta. El personal dado a esta tarea estará en función de las dimensiones de la producción.

B.2. Mercado para los bloques de basura reciclada

El mercado de la construcción se puede dividir en dos grupos:

- Público
- Privado

Dentro del sector público a su vez, se pueden hacer categorías, al igual que en el sector privado, siendo cada una de ellas una especialidad.

Es importante considerar, dentro de nuestro nicho de mercado, cumplir con sus requerimientos, es decir, el producto se debe ajustar a la demanda. Si la necesidad del consumidor son bloques de una dimensión determinada, el producto se debe ajustar a esa necesidad. Igualmente debe ocurrir con otras características del producto, como son el color, la textura, acabado, prestaciones especiales u otras características que pueden hacer atractivo el producto.

De la observación del mercado y la mejora continua, se pueden obtener parámetros para fabricar un mejor producto, que llevará a la creación de un artículo útil más allá de la satisfacción de la necesidad básica del consumidor, proporcionando de esta manera un valor agregado particular del producto que lo hará único.

B.2.1. Posicionamiento

La entrada al mercado de un producto, debe considerar la satisfacción de una necesidad: la creación de una necesidad para vender un artículo es la tendencia del consumismo.

La fábrica de bloques considera cubrir dos necesidades:

- La existencia de un producto económico para la construcción.
- Darle uso a un material de desecho que tiene como origen, una fuente ilimitada.

Brindar de valor agregado a un producto es algo que debe perseguirse continuamente, ya que de eso depende su éxito y su exclusividad. Esta diferencia puede marcar a un producto y hacerlo resaltar sobre los demás.

B.2.2. Competencia

Para comercializar los bloques se deben considerar diversos problemas. Uno de ellos, y tal vez el más importante es la competencia frente a toda clase de productos existentes en el mercado que tienen la misma función, aunque con diferente presentación. Ejemplo de ello son la tablaroca, el panel W, elementos de yeso reforzado con fibra de vidrio, ladrillos refractarios, aislantes, de plástico reciclado y diversos tipos de bloques y tabiques de diferentes dimensiones, materiales y acabados.

Al entrar en competencia con productos ya establecidos, se debe procurar entrar con un precio competitivo, abatiendo eventualmente la utilidad, pero siempre con un plan de crecimiento. Posteriormente, se debe procurar mejorar el proceso y con esto aumentar la productividad, pudiendo de esta manera mantener el precio conservando la calidad y rescatando la utilidad.

Una característica de los bloques fabricados con productos reciclados es que al utilizarlos, estaríamos contribuyendo a disminuir, en la medida de su consumo, el material de desperdicio que se destina a los depósitos sanitarios.

B.3. Especificaciones del bloque de basura reciclada

La norma NMX-C-404-ONNCE-2005 indica que los bloques se consideran piezas macizas, ya que no tienen celdas que representen más del 25% de su área total y deben tener dimensiones modulares incluyendo la junta de albañilería. Por lo tanto, las dimensiones deben ser, para un tipo de block de 20x20x40, de 19x19x39 con una tolerancia de ± 3 mm en la altura y ± 2 mm en el largo y ancho.

Así mismo establece que su resistencia mínima debe ser de 60 kg/cm² y su absorción máxima de agua de 12 % durante 24 horas, con una absorción inicial de 5 g/min.

El porcentaje máximo de contracción lineal total por secado debe ser máximo de 0.065%. Esto indica que nuestros bloques no se deben contraer más de una décima de milímetro al secarse.

Estas especificaciones parten de la consideración de semejar los bloques de material reciclado, con los bloques de concreto vibrocomprimido. Esta semejanza es muy importante, ya que el producto debe cumplir con los requerimientos solicitados por la normatividad aplicable.

Apegarse a la norma es muy importante, ya que ésta nos da parámetros que permiten asegurar al consumidor que el uso del producto está garantizado en condiciones normales de uso, y que se considera lo necesario en la producción para que no se presenten problemas como agrietamiento, deformación o ruptura por contracción, o por falta de resistencia de los bloques. Estas grietas, deformaciones o rupturas en una obra pueden ocasionar problemas graves como desplome de elementos. Estos signos son motivo de inseguridad estructural e impacta de una manera económica importante al ser necesarias reparaciones que representan un costo que en ocasiones pueden ser más altos que la misma obra.

Se deben hacer pruebas a los productos fabricados para visualizar la calidad obtenida. Certificarse ante el organismo que genera la norma, que en este caso es la ONNCCE, Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S.C., es una acción muy deseable que asegurará la calidad.

C. Diagnóstico:

C.1. Factibilidad de la fábrica de bloques

El proyecto de los CIRES es ambicioso y atractivo, sin embargo el principal problema observado es el de obtener las condiciones necesarias para su implementación: se ha visto que el sector que se encarga del manejo de la basura es de difícil acceso, por lo que sería necesaria una negociación discreta con los líderes que se encargan del manejo de los desechos. Se podría incluso considerar que la utilización de los desechos es un privilegio que se debe ganar. Una vez solventando este problema, los demás son dificultades de origen económico que pueden ser superados con capital cuyo origen puede ser un financiamiento.

Por otro lado, como iniciativa privada, la dificultad es mayor ya que se debe considerar la utilidad en primer plano, siendo necesario un plan para recuperar la inversión. En diversos puntos de la Ciudad de México se pueden encontrar locales que se dedican a la compra y venta de productos de desecho para su canalización al reciclaje. Estos locales representan un negocio que puede generar una buena utilidad, considerando que se obtienen productos a bajo costo para ser vendidos a un costo mayor a la industria que puede darle un uso productivo a estos recursos.

Para entrar en un plan de financiamiento es posible postularse en alguno de los grupos financieros que existen en nuestro país, como candidato emprendedor; se debe describir el proyecto de la fábrica con un plan bien elaborado, para atraer la atención de inversionistas que otorgaran el préstamo. Este proceso lleva a un análisis de riesgo evaluado por la sociedad financiera y con base en este riesgo, será fijado el interés cobrado por el préstamo. El plan de desarrollo de la planta es, aún, el punto más

importante del proyecto, tanto como la obtención del apoyo de la comunidad que se encarga del manejo de los desechos.

C.1.1. Posibilidad de creación de la fábrica

Un análisis de costo contra beneficio nos daría el parámetro para definir si es factible establecer una fábrica de tabiques de material reciclado. Es por esto que por un lado se debe considerar la inversión para establecer la fábrica, y por otro lado definir el tipo de beneficio a obtener, es decir, un beneficio económico o social.

A partir del análisis integral del proyecto de creación de la fábrica, es posible determinar los puntos que son más representativos y sensibles, como pueden ser la inversión inicial, las ventas requeridas para un periodo de recuperación óptimo, la posibilidad de obtener insumos en tiempo, etc.

La posibilidad de encontrar un terreno o un taller adecuado en cuanto a ubicación, dimensiones, y disposición, para establecer la fábrica, así como obtener el suministro de la materia prima de los desechos, y el capital necesario para iniciar el proyecto son los factores que nos dará la posibilidad de llevar a cabo el proyecto. Lo más factible hasta ahora es establecerse como CIRE bajo la protección del Gobierno, ya que de esta manera se estaría obteniendo el permiso para hacer uso de los residuos sólidos y la empresa tendría un enfoque social inicial. Esta protección sería invaluable, ya que el primer periodo correspondería a una etapa experimental que nos permitiría mejorar el proceso para obtener un producto adecuado.

La ubicación de la planta no se limita a un espacio cercano al relleno o al tiradero principal, que es en donde se pudiera observar mayor movimiento de materia prima, debiendo considerarse los sobrecostos que un establecimiento lejano representaría. Los puntos de recolección o los puntos de transferencia también ofrecen una oportunidad de localización de la fábrica. Se tendría que hacer un reconocimiento a los trece puntos de transferencia existentes en la ciudad, para analizar el más viable y realizar un sondeo de la dificultad que presentaría el instalarse en su cercanía, básicamente en cuanto a transporte de la materia prima y del personal obrero.

C.1.2. Competitividad del producto

La industria de la construcción en México ha crecido 5.6%²⁶ en el último año. Esto nos indica una oportunidad considerable, sobre todo en el sector de uso habitacional y de servicios, en donde se presentó el 44.8% de este crecimiento²⁷. Este crecimiento es perceptible en la Ciudad de México y representa una oportunidad, ya que debido a la creciente demanda, el producto puede obtener un lugar en el mercado.

Una fábrica de bloques tiene la flexibilidad de producir otros productos como adoquines, paneles, u otros productos generados con mezcla de concreto de diferentes dosificaciones. Esta versatilidad presenta una gran ventaja al cambiar de producto con relativa facilidad, creando una mayor oportunidad de negocio para los productos generados.

²⁶ "El Economista" 28 de febrero de 2011

²⁷ "CNN Expansión", 31 de marzo de 2011

C.1.3. Factibilidad técnica de la fábrica de bloques

Las características que debe cumplir un bloque para que sea útil son las siguientes:

- 1) Resistencia
- 2) Manejabilidad
- 3) Economía
- 4) Estética

Si el producto no satisface estos requerimientos, debe ser reconsiderado, o los parámetros para su calificación deben ser modificados, alterando de esta manera, todo el procedimiento para su fabricación. Este proceso que define el método de fabricación del producto, es el que determina su precio final, ya que toda actividad realizada para su elaboración tiene un costo, que debe verse reflejado finalmente en el precio final.

Una referencia para determinar los parámetros para calificar nuestro producto están definidas en las normas mexicanas, que definen para fines de este trabajo, la directriz para calificar el bloque.

D. Propuesta

La fabricación de un bloque con cemento, arena, confitillo de desechos reciclados y agua, hasta ahora, no es factible para una competencia comercial en el Distrito Federal, sin embargo, las plantas de separación y canalización de los productos obtenidos podrían ser importantes para industrias determinadas que pudieran utilizar ciertos productos de recicle. En este caso, se tendría que realizar un estudio de factibilidad de la ubicación y del costo de la transportación de los productos para dichas industrias.

Se observa que el plan del Gobierno de implementar los CIRE no tiene buen rumbo, ya que el primer centro de San Juan de Aragón, tiene como finalidad generar un producto no bien visto. La generación de material de desecho para uso como combustible es algo cuestionable. El generar un buen proyecto de utilización de esos desechos separados, presenta una oportunidad que podría tener un impacto social considerable.

El establecimiento de un CIRE con la finalidad de generar bloques con materiales reciclados, pudiera tener un valor social grande al ser planeado de forma inteligente. El primer CIRE en operación genera bloques para uso como combustible en la industria cementera, lo que indica la falta de propuestas al gobierno sobre el tema del reciclaje.

D.1. La fábrica de bloques de basura reciclada

Para obtener una fabrica de bloques competitiva, se debe tener el área adecuada para su operación, teniendo el espacio y disposición entre sí, de tal manera que la cascada de actividades pueda fluir sin obstrucciones, siguiendo el diagrama descrito en el estudio.

La ubicación geográfica es un factor importante por el área de influencia que permite una comercialización efectiva, para brindar factibilidad al producto y a sus insumos.

Lo ideal sería tener un sistema de separación de basura desde la fuente de generación: de esta manera se tendría la materia prima preparada y no se requeriría la separación ni la limpieza fina de los materiales; este proceso sería más sencillo y rápido. Mientras la separación de basura desde su origen no sea posible, lo conveniente es implementar un CIRE cuya producción sean materiales de construcción como bloques, paneles, adoquines, etc. Que opere de manera experimental que nos permita estudiar las características de los desechos separados para generar diferentes productos.

D.2. El proceso de fabricación

El proceso de fabricación de los bloques puede mejorarse de manera tal que nos permita obtener bloques de buena calidad a bajo costo.

El procedimiento utilizado en el presente trabajo fue generar una mezcla de concreto con agregado grueso no mayor a 1/2" en una proporción rica en arena siguiendo las recomendaciones de algunos manuales para fabricación de bloques de concreto y las características de los agregados. Se obtuvieron resultados bajos en las muestras de control ejecutadas, pero en las muestras de interés con agregados de basura, los resultados no son satisfactorios. Tal vez se tendría que proponer una manera diferente de agregar la basura reciclada para obtener mejores resultados, o un tratamiento diferente a la basura. Las posibilidades son ilimitadas, más no la capacidad técnica y económica. Es por esto que para definir las posibilidades plausibles, es necesario determinar la capacidad técnica y económica disponible.

Los desechos separados y preparados para su uso es algo deseable y tiene mucho futuro como se puede ver en las estadísticas generadas por programas como el mercado del trueque. La aplicación del reciclaje es muy variada y puede ser muy rentable, ya que sus fuentes jamás se agotarán. El problema más grande es el manejo que se le da ya que prácticamente es propiedad de ciertos grupos sociales porque conocen el potencial que tiene y restringen el acceso a la basura y la llevan a un estado de poca viabilidad por la complejidad que esto genera. Tal vez una legislación y una buena estrategia, podría abrir las puertas para realizar con la basura los proyectos que se pueden generar con su uso.

D.3. Posición en el mercado

El mercado de productos para la construcción es muy amplio, y la competencia es considerable, ya que no solo se tienen productos nacionales como competencia, sino también productos extranjeros que mejoran la aplicación de métodos constructivos nuevos y tradicionales.

La entrada de un producto al mercado debe estar bien estudiada y debe tener una estrategia bien elaborada, considerando que tal vez su posicionamiento requiera un tiempo considerablemente mayor al que cualquier estudio pudiera indicar.

Este factor de posicionamiento de los bloques de basura reciclada es un punto importante que refuerza la conclusión de no factibilidad de su producción, ya que al ser el costo de elaboración más alto, no será competitivo en el mercado y esta situación nos lleva a tener un producto que no podrá ser posicionado por su elevado costo. Una imagen atractiva ayuda a la colocación de un producto en el mercado, pero finalmente su establecimiento en el mercado será la economía, la calidad y la apariencia.

E. Síntesis

E.1. Reciclaje de basura en México D.F.

El reciclaje de basura en México D.F. lleva un buen camino. La propuesta de creación de los CIRES, la aparición del mercado del trueque, y los esfuerzos del Gobierno por estimular la separación de la basura, es muy bueno. A pesar de que el camino por recorrer es todavía muy largo y que la obtención de resultados notorios en la Ciudad sea todavía muy lejano, la dirección está indicada y es solo cuestión de tiempo que el objetivo se logre, siempre que esté bien dirigida.

Son necesarias propuestas para el desarrollo de planes que nos ayuden a mejorar la utilización de la basura, aunque el uso tradicional pudiera ser suficiente para su tratamiento adecuado, la mejora siempre es buena y pueden hacer más atractiva la actividad de reciclar para un uso más creativo.

El presente estudio no dio como resultado un producto positivo en cuanto al uso de los residuos reciclados, y representa solo una inquietud respecto al reciclaje de basura, cuya área de aplicación es tan variada como se pueda imaginar.

E.2. Fabricación de los bloques

Los bloques para la construcción han sido perfeccionados en los últimos años, apareciendo en el mercado productos que facilitan su aplicación, que es parte del proceso constructivo más utilizado por su versatilidad.

Actualmente existen en el mercado bloques de concreto macizos y huecos, con acabado aparente y para ser protegidos con un aplanado, al igual que tabiques de barro recocido tradicional y bloques de barro extruido huecos, perforados y macizos que le han dado a los procedimientos constructivos, mayor aplicación, eficacia y diversidad en cuanto a acabados, costo y aplicación.

Los equipos para fabricar bloques también son accesibles y representan una oportunidad para la industria de la construcción.

La fabricación de los bloques de basura reciclada presentó en este estudio, una complejidad que los hace no redituables a la inversión destinada a su aplicación, llevando la idea a requerir de otras propuestas que nos podrían llevar a considerar diferentes formas de utilizar los desechos reciclados.

Los aspectos que conducen a esta conclusión son:

- El tratamiento que se debe dar a los desechos que se integrarán en los bloques, es complicado e inestable, al no presentar una condición totalmente controlable que lo pudiera hacer útil. Se requiere mucho control en cuanto a limpieza y trituración de los materiales. Al ser agregado, no presenta una ventaja sobre una muestra de control generada, y por el contrario, genera problemas como desintegración, inestabilidad y mala apariencia, que le dan al producto un resultado negativo.

- El resultado obtenido es casi impredecible, al tener materiales agregados con características heterogéneas que llevan al control de calidad a ser un proceso requerido

en una parte importante de la producción, lo que nos lleva a considerar el producto poco viable por el costo que esto representa.

- La comparación con las muestra de control nos indica que los beneficios son nulos en todos los sentidos, e incluso, afectados en cuando a fabricación y calidad, ya que la fabricación de los elementos es más compleja por la inestabilidad que le da a la mezcla como por la contaminación que podrían representar estos agregados al elemento fabricado de esta manera. Cabe hacer notar que es posible obtener mejores resultados si se da un tratamiento diferente a los desechos reciclados empleados.

Existen bloques de diferentes materiales. Algunos casi no se utilizan actualmente, como son los de adobe, y otros nuevos cuyo posicionamiento en el mercado ha sido lento y que presentan un futuro incierto, como son los de PET. La fabricación de bloques es una actividad duradera por ser la construcción con mampostería un método constructivo, difícil de sustituir, por la eficiencia que representa, porque además de ser económica, sencilla, atractiva y muy solicitada. Esto nos lleva a concluir que la construcción con mampostería, cualquiera que sea el material que componga las piezas, es insustituible.

E.3. Comercialización

La entrada al mercado requiere de una campaña de promoción del producto: los bloques tendrían que ser promocionados en casas de materiales y directamente en obras locales. Tal vez el precio de venta inicial podría implicar una pérdida de utilidades al principio, pero sería necesario para dar a conocer el producto. Posteriormente se debe procurar la permanencia brindando un valor agregado con la calidad y el servicio del producto.

El bloque de desechos reciclados presenta el problema de no tener la ventaja económica que representa un ahorro en cuanto a materiales y tampoco en cuanto a desempeño, ya que la dificultad de su fabricación demerita las bondades que podría tener al requerir más cuidados para su fabricación, que desemboca en mayor tiempo de elaboración y como consecuencia, mayor costo de manufactura. Además de este problema, la incertidumbre en la calidad de las piezas elaboradas, nos llevan a tener un producto que no puede competir con los existentes en el mercado.

Para entrar en competencia se requiere de un producto que cumpla con los requerimientos de economía y oportunidad, factores que deben ser cumplidos, en mayor o menor grado, y existir invariablemente, y como se ha visto, la deficiencia en uno de estos elementos, más allá de lo que se puede permitir, nos puede llevar a un producto que no puede competir.

E.4. Utilidad económica y social

El impacto social de un producto como el expuesto en el presente trabajo, puede ser grande y positivo, sin embargo, aunque su nivel de beneficio social sea satisfactorio, el aspecto económico no se debe despreciar, siendo este tal vez el que tiene más importancia para posicionar el producto en el mercado.

El manejo de la basura en la Ciudad, a pesar de no ser tan eficiente, se procura realizar; se pueden ver en las calles los camiones recolectores estacionados en algunos lugares, con el personal realizando la separación que debería tener desde los puntos de recolección primaria. La legislación para organizar la manera de separar los desechos

tiene algunos años de haber entrado en vigor y sin embargo, hasta ahora las personas encargadas de recolectar la basura son quienes realizan esta separación, creando cierto grado de confort para los usuarios que aún no realizan la separación que consiste en una operación tan sencilla como la de distinguir los desechos orgánicos de los inorgánicos. Esta actitud general nos aleja de un manejo eficiente de los desechos, a pesar de que la conciencia existe al tener en cuenta que la basura tiene un valor y que muchas personas se dedican a recolectar latas, envases de PET y chatarra para vender en lugares especiales que requieren los desechos para venderlos a consumidores como materia prima.

La creación de programas de reciclaje tienen un impacto social importante, y a algunos no se les da seguimiento ni la importancia que debería. La propuesta de los bloques de basura inicia como una interesante idea que debido a la experimentación realizada se debe mejorar en cuanto al procedimiento de fabricación como al aspecto social que lleva a obtener la materia prima para darle seguimiento. Este es un punto crucial, ya que la obtención de la basura necesaria nos llevaría a tener negociaciones con los acreedores del manejo de la misma. De la investigación realizada, se observa la complejidad de obtener la información de su manejo. Un ejemplo de ello es la explotación de las llantas usadas en la industria cementera; anteriormente se descubrió que las llantas agregadas a los hornos de producción del cemento da muy buenas propiedades al producto, y aunque la contaminación en este proceso tiene efectos negativos, el precio de las llantas usadas aumentó por la demanda terminando en el acaparamiento por parte de personas detrás del manejo de la basura.

El impacto social de una industria como la propuesta en el presente trabajo, puede ser positiva al manejarse de manera adecuada.

E.5. Conclusión

Para construir y operar una planta de bloques con basura reciclada, es necesaria una inversión inicial cuya recuperación puede llevar más tiempo del factible debido a que la construcción en el Distrito Federal se está llevando a cabo con productos y diseños en mejora continua que cumplen con la normatividad. Se observa que la tecnología permite incrementar la eficiencia en el empleo de la mampostería en la construcción.

Esta situación podría ser superada por una bloquera cuyo costo de operación permitiera que el precio y el transporte de su producto fuera tan eficiente como para presentar una competencia a las empresas establecidas. Sin embargo después del estudio realizado, se concluye que con el método utilizado para la fabricación de los bloques no existe la viabilidad buscada, ya que la fabricación de los bloques con basura reciclada requiere de una atención especial en la calidad de los agregados lo que eleva su costo. El agregado especial genera problemas en el elemento obtenido, disminuyendo principalmente la resistencia al ocasionar una integración deficiente de los agregados.

La hipótesis inicial consideraba la viabilidad de una mezcla que permitiera la reducción en cuanto al volumen de agregados, llevando a una disminución de sus costos, además del aumento en la resistencia de los bloques por tener en la mezcla fibras de plástico y lámina que permitieran un mejor desempeño como integrante del bloque, sin embargo debido a la necesidad de un tratamiento adicional a los desechos reciclados como es la separación, limpieza y trituración, el proceso de fabricación y supervisión, podría incrementarse el costo del producto hasta hacerlo poco viable, ya que además de los cuidados que se deben tener en su producción, se debe considerar el constante

monitoreo en la calidad del producto final, lo que posiblemente incrementaría su costo. En la fabricación de las muestras se observó que el volumen de la mezcla requerida para bloques especiales es igual a la de un bloque normal, y además se tiene el problema de adherencia lo cual demanda un tratamiento más cuidadoso al que requiere una mezcla sin agregado especial. Por otro lado, el plástico y lámina utilizados pueden contener partículas orgánicas, pintura u otro objeto ajeno a su composición natural que pueden alterar el comportamiento de forma imprevista a largo plazo o incluso demeritar la calidad de algunos elementos que pasen el control por no ser este practicado en todos los elementos obtenidos en el proceso.

Con base en las pruebas hechas en el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería, se concluye que una mezcla de concreto con cemento, arena, confitillo y agua para fabricar bloques con basura reciclada, puede resultar más costosa de lo que pudiera ser rentable para fines de lucro. La idea de generar bloques con basura reciclada con un tratamiento especial puede ser explotada teniendo como respaldo un análisis y los estudios que nos lleven a perfeccionar el método de fabricación, de tal manera que se garantice la calidad requerida. Actualmente existen algunos productos que están siendo utilizados en las mezclas de concreto como las fibras metálicas y otros materiales de desperdicio que se han agregado a las mezclas de forma satisfactoria, pero que aún se encuentran en observación por presentar su uso una responsabilidad considerable. A pesar de esto el reciclaje de basura no deja de ser un tema con mucho potencial, ya que representa una gran fuente de material y su ejercicio puede representar gran beneficio social y ambiental.

Toda investigación de nuevos métodos de reciclaje es interesante. De la experimentación realizada se obtienen resultados que indican que el procedimiento realizado brinda un producto con deficiencias que no hacen factible su producción.

Una nueva propuesta al respecto podría mejorar los resultados pudiendo ser una mejora al proceso de fabricación de los bloques considerando otro tipo de cementante u otra manera de preparar los desechos de manera que no se tengan los problemas de resistencia baja del producto y alto consumo de material.

La basura puede someterse a diversos tratamientos, y se puede transformar para obtener cosas útiles. La clave del éxito radica en obtenerla de forma adecuada y canalizarla de manera que se pueda utilizar y destinar de forma sencilla y económica. El problema de la basura, solo será disminuido cuando exista una cultura de separación que nos permita obtener desperdicios de buena calidad para ser reutilizados con un bajo costo.

El mamposteo es hoy en día uno de los procedimientos constructivos más utilizados en la edificación y a pesar de esto, su aplicación no se realiza de manera adecuada al no ser consideradas para su realización, las normas aplicables; es por ello que algunos fabricantes no garantizan el cumplimiento de sus productos y pocos aplican el control de calidad establecido por órganos oficiales que emiten parámetros respecto a las características que deben cumplir las piezas.

La generación de un producto satisfactorio generado a partir del reciclaje debe considerar las características del mercado, cumplir con la normatividad aplicable y superar la controversia con los grupos que manejan la basura.

El manejo de los residuos sólidos de la Ciudad de México es un campo de oportunidad muy grande que debe ser aprovechado mediante propuestas creativas que

solo serán establecidas mediante un proceso de experimentación y mejora continua que permita obtener un producto adecuado y seguro.

F. ANEXOS

Norma NMX-C-404-ONNCCE-2005

Nombre: Industria de la construcción- bloques, tabiques o ladrillos y tabicones para uso estructural – Especificaciones y métodos de prueba”

Definición:

Bloque: es un componente para uso estructural de forma prismática, que se obtiene por moldeo del concreto o de otros materiales, puede ser macizo o hueco.

Tabique (ladrillo): es un componente para uso estructural, de forma prismática fabricado con arcillas comprimidas o extraídas, mediante un proceso de cocción o de otros materiales con procesos diferentes.

Tabicón: es un componente macizo para uso estructural de forma prismática fabricado de concreto u otros materiales.

Sinopsis

Productos seleccionados

Los productos objeto de esta norma se clasifican en tres tipos y de acuerdo a los materiales con que se realizan.

Clasificación de piezas de acuerdo a los materiales empleados en su fabricación de estructuras.

TIPO DE PIEZA	MATERIALES	FORMA
Bloque	Grava-Cemento Arena-Cemento Barro extruído Barro recocido Silito calcáreo Otros	Rectangular Otras
Tabique (ladrillo) Macizo Hueco Multiperforado	Barro recocido Barro extruído Otros (concreto)	Rectangular Otras
Tabicón	Grava-Cemento Arena-Cemento Tepojal-Cemento Otros	Rectangular Otras

TIPO DE PIEZAS	ESPECIFICACIONES Y TOLERANCIA		
Dimensiones para bloques multiperforados de concreto lisos	Son piezas de 8 o más perforaciones o alvéolos y cuyas perforaciones sean de las mismas dimensiones, y además su distribución sea uniforme. Los espesores de paredes exteriores deben ser de 15 mm como mínimo. El espesor mínimo de las paredes interiores debe ser de 10 mm. Las tolerancias en las dimensiones de las piezas son de ± 3 mm en la altura y ± 2 mm en el largo y ancho		
Dimensiones para bloques de concreto con acabado rústico	Son piezas de concreto que tienen las mismas dimensiones que los bloques lisos, pero en este tipo de piezas se debe cuidar que la cara rústica no presente en alguna parte un espesor menor a lo que se especifica para bloques lisos. Las tolerancias en las dimensiones de las piezas son de ± 3 mm en la altura y ± 2 mm en el largo		
Dimensiones para tabiques de barro (ladrillos)	Las dimensiones nominales mínimas de las piezas deben cumplir con las siguientes medidas: 5 cm de alto, 10 cm de ancho y 19 cm de largo con una tolerancia de ± 3 mm en cualquier dimensión, sin incluir la junta de albañilería		
	El área neta de piezas huecas debe ser de por lo menos del 50% del área total. Para piezas huecas con 2 hasta 4 celdas el espesor mínimo de las paredes exteriores debe ser de 20 mm y el espesor mínimo de las paredes interiores es de 13 mm. Para piezas multiperforadas y cuyas celdas sean de las mismas dimensiones y cuya distribución sea uniforme, el espesor mínimo de las paredes exteriores deben ser de 15 mm y el espesor mínimo debe ser de 7 mm		
Dimensiones para tabicones	Las dimensiones nominales mínimas de las piezas deben cumplir con las siguientes medidas: alto 6 cm, ancho 10 cm y largo 24 cm. Las tolerancias en las dimensiones de las piezas deben ser de ± 3 mm en la altura y ± 2 mm en el largo y ancho		
Resistencia mínima a compresión sobre área bruta	Tipo de pieza	Resistencia de diseño (f^*p) N/mm² (kgf/cm²)	
	Bloques de concreto vibrocomprimido	6 (60)	
	Tabicones	10 (100)	
	Tabique (ladrillo) recocido	6 (60)	
	Tabique (ladrillo) extraído o prensado (huevo vertical)	10 (100)	
Absorción de agua en 24 h y absorción inicial	Tipo de pieza	Absorción máxima de agua en % durante 24 h	Absorción inicial g/min
	Bloques de concreto	12	5
	Tabicones	15	5
	Tabique (ladrillo) recocido	21	5
	Tabique (ladrillo) extruído	15	5
Contracción por secado	El porcentaje máximo de contracción lineal total por secado para los bloques, tabiques y tabicones de concreto y de barro debe ser de 0.065%		

Otras normas aplicables

- NMX-C-024 Determinación de la contracción por secado, de los bloques, ladrillos, tabiques y tabicones de concreto
- NMX-C-036-ONNCCE Industria de la construcción- bloques, ladrillos o tabiques y tabicones – determinación de la absorción de agua y absorción máxima inicial de agua
- NMX-C-037-ONNCCE Industria de la construcción – bloques, ladrillos o tabiques y tabicones – determinación de la absorción de agua y absorción máxima inicial de agua
- NMX-C-038-ONNCCE Determinación de las dimensiones de ladrillos y bloques para la construcción
- NMX-C-307 Industria de la construcción – edificaciones – componentes – resistencia al fuego – determinación

Matriz de precio unitario de una pieza de bloque

CONCEPTO

1 BLOQUE TRIPLE HUECO PARA
 CONSTRUCCIÓN DE MEDIDAS NOMINALES
 10x20x40 CM CON PROPORCIÓN 1:5:2
 CEMENTO:ARENA:CONFITILLO, AGREGADO
 GRUESO CON MATERIAL RECICLADO PET
 O LATA UNIDAD: PIEZA

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<i>MATERIAL</i>				
AGUA	M ³	0.0005	60.00	0.03
CEMENTO PORTLAND GRIS	BULTO	0.02178	126.00	2.74
ARENA	M ³	0.00389	140.63	0.55
CONFITILLO	M ³	0.00078	175.00	0.14
MATERIAL DE RECICLAJE	M ³	0.00078	0.00	0.00
SUBTOTAL				3.46
<i>MANO DE OBRA</i>				
OPERADOR DE MAQUINARIA LIGERA	JOR	0.000417	503.33	0.21
AYUDANTE DE OPERADOR	JOR	0.000417	302.95	0.13
SUBTOTAL				0.34
<i>MAQUINARIA Y EQUIPO</i>				
BLOQUERA VIBRAMATIC V/56 2H.P.	HR	0.00267	55.77	0.15
MEZCLADORA TURBOMATIC TR-110 5 H.P. CON ACCESORIOS	HR	0.00160	49.74	0.08
SUBTOTAL				0.23
COSTO DIRECTO				4.02
SOBRECOSTO (20%)				0.80
SUBTOTAL				4.83
I.V.A.(16%)				0.77
TOTAL				5.60

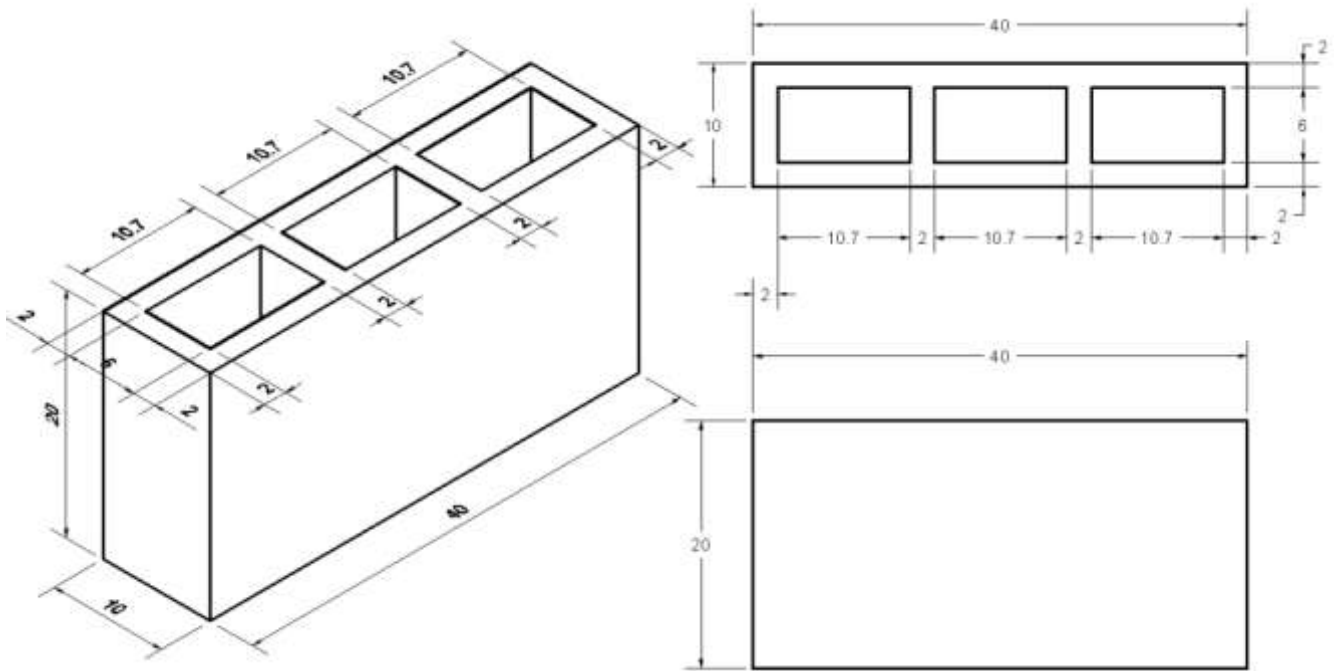
Características del bloque

Espesor de pares internas y externas= 2 cm

Área total= $(10)(40)= 400 \text{ cm}^2$

Área neta= $400 - (10.7)(6)(3)= 207.4 \text{ cm}^2$

Porcentaje de área neta respecto a área total= $207.4/400= 51.85\%$



ANÁLISIS DE COSTO HORARIO MÁQUINA

Máquina: BLOQUERA VIBRAMATIC 2 H.P.

Modelo: V/56

Datos Adic.:

Hoja No.:

Cálculo:

Revisó:

Fecha:

Descripción

Datos Generales

Precio de adquisición	\$	88,520.00	Vida Economica (Ve)	18750 h
Costo de llantas (Pn)	\$			
Valor Inicial (Vm)	\$	88,520.00		
Valor de Rescate (Vr)	25%	\$	22,130.00	

Salario Real del Operador	\$		Tasa Anual de Interes(i)	5%
Salario Real Ayudantes	\$		Horas Efectivas por Año (Hea)	1040 h
			Prima de Seguros (s)	5%
			Factor de Mantenimiento (Ko)	5

I. CARGOS FIJOS

Depreciacion	D=	$(Vm-Vr)i/Ve =$	0.18 =	0.18
Inversion	Im=	$(Vm+Vr)i/2Hea =$	2.66 =	2.66
Seguro	Sm=	$(Vm+Vr)s/2Hea =$	2.66 =	2.66
Mantenimiento	Mn=	$Ko*D =$	0.89 =	0.89
			Suma de cargos Fijos	\$ 6.38

II CARGOS POR CONSUMO

Consumo		7.5 kW		
Tiempo día		6 horas		
		45 kWh		
		21 dias por mes		
		962 kWh		
		4.39 \$/kWh		
		4,224.53 \$/mes		
		197.55 \$/dia		
		49.39 \$/hora		
Consumo eléctrico	\$	49.39		49.39
			Suma de cargos por consumo	\$ 49.39

III. CARGOS POR OPERACIÓN

Operación	Po=	$Sr/Ht =$	0	-
fr = factor de rendimientc 0.75				
Ht = 8 horas x factor de Rendimientc	6			
			Suma de cargos por operación	\$ -
			Costos Directo por Hora Maquina	\$ 55.77

ANÁLISIS DE COSTO HORARIO MÁQUINA

Máquina: MEZCLADORA TURBOMATIC CON ACCESORIOS Y SISTEMA DE MEDICION DE HUMEDAD

Modelo: TR-110 5 H.P.

Datos Adic.:

Hoja No.:

Cálculo:

Revisó:

Fecha:

Descripción

Datos Generales

Precio de adquisición	\$	181,880.00	Vida Economica (Ve)	18250 h
Costo de llantas (Pn)	\$			
Valor Inicial (Vm)	\$	181,880.00		
Valor de Rescate (Vr)	25%	\$ 45,470.00		

		Tasa Anual de Interes(i)	5%
Salario Real del Operador	\$	Horas Efectivas por Año (Hea)	780 h
Salario Real Ayudantes	\$	Prima de Seguros (s)	5%
		Factor de Mantenimiento (Ko)	5

I. CARGOS FIJOS

Depreciacion	$D = (Vm - Vr) / Ve =$	0.37 =	0.37
Inversion	$Im = (Vm + Vr) / 2Hea =$	7.29 =	7.29
Seguro	$Sm = (Vm + Vr) / s / 2Hea =$	7.29 =	7.29
Mantenimiento	$Mn = Ko * D =$	1.87 =	1.87
		Suma de cargos Fijos	\$ 16.82

II CARGOS POR CONSUMO

Consumo	10 kW		
Tiempo día	3 horas		
	30 kWh		
	21 días por mes		
	642 kWh		
	4.39 \$/kWh		
	2,816.35 \$/mes		
	131.70 \$/día		
	32.93 \$/hora		
Consumo eléctrico	\$	32.93	32.93
		Suma de cargos por consumo	\$ 32.93

III. CARGOS POR OPERACIÓN

Operación	$Po = Sr / Ht =$	0	-
	fr = factor de rendimiento	0.80	
	Ht = 8 horas x factor de Rendimiento	6.4	
		Suma de cargos por operación	\$ -
		Costos Directo por Hora Maquina	\$ 49.74

G. BIBLIOGRAFÍA

Programa Sectorial de Medio Ambiente 2007 -2012, Ciudad de México

“Manual del Arquitecto Descalzo”, Johan Van Lengen, Primera reimpresión, Agosto de 2020, Editorial Pax, Bogotá, Colombia

“El problema de la basura en la Ciudad de México”, José Ángel Mora Reyes, Fundación de estudios Urbanos.

“Fabricación de Bloques de Concreto con una Mesa Vibradora”, Dr. Ing. Javier Arrieta Freyre Bach, Ing. Enrique Peñaherrera Dez, Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres

“Estaciones de transferencia de residuos sólidos en áreas urbanas”, Ing. Cristina Ramos Cortéz, D.I. Rubén Carmona Morales, Ing. Paz Cano Leal, Ing. Inés Semadeni Mora Primera edición, julio de 1996, Instituto Nacional de Ecología.

DIARIOS

“Reforma” 29 de enero de 2008, 11 de agosto de 2003

“Notimex” 3 de marzo de 2012

“La silla rota” 8 de Agosto de 2012

“El Economista” 28 de febrero de 2011, 1 de noviembre de 2012

“El Universal” 7 de diciembre de 2010

“La Jornada” 2 de noviembre de 2012

“Tláhuac noticias” 24 de septiembre de 2012

“Más por Más”, 17 de mayo de 2012

“La Fogata digital” Octubre 2009

“CNN Expansión”, 31 de marzo de 2011

REVISTAS

“Obras”, No 446 febrero 2010 año XXXVII pag. 47-50

“Obras” No 447 marzo 2010 año XXXVIII pag. 55-56

PAGINAS WEB

<http://www.tododecarton.com>

<http://www.internatura.uji.es>

<http://www.enbuenasmanos.com>

<http://www.amiclor.org>

<http://www.geocities.com>

<http://recicla.netfirms.com>

<http://www.serviplus.com>

<http://www.coedehgo.gob.mx>

<http://www.segam.gob.mx>

<http://leonidosaurio.8m.com>

<http://www.pvem.org.mx>

<http://www.fundacioncarvajal.org.co>

<http://www.ideam.gov.co>

<http://ladb.unm.edu>

<http://library.thinkquest.org>

<http://www.construtips.com>
<http://www.anape.es>
<http://www.laaldeaglobal.com>