

Diseño de nuevos materiales con bajo impacto ambiental

Arturo Santamaría Ortega ⁽¹⁾ y
Sandra Alicia Utrilla Cobos ⁽²⁾

Resumen: Los materiales para la industria de la construcción y el diseño han sido utilizados de diversas formas. Analizar materiales implica conocer su naturaleza, el proceso (tanto de transformación como de extracción), uso e implementación, así quizá como el impacto que provoca en el medio ambiente. Por lo anterior el propósito de este estudio es analizar la composición natural. Es decir, cómo las plantas y los animales, con los cuales se obtiene materia prima pueden determinar el tipo de material. De esa forma, se contempla analizar su proceso de extracción, transformación y diversas utilidades o derivados tal como la madera, combustibles y fibras. Particularmente se analizará *la tierra* como *materia prima* y *amplio*. El conocimiento de sus elementos y que, prácticamente se encuentran 118 elementos que se muestran en la *tabla periódica* divididos en gases, metales alcalinos, cerámicos y que con ellos se pueden crear diferentes materiales.

Este trabajo pretende de forma simple la *constitución de un material determinando*, sus características, requerimientos para su cumplimiento. Su uso, función, evaluando el posible impacto en el medio ambiente. Se tratará de demostrar la problemática que resuelve; de esta forma, evaluar el impacto *negativo o positivo* de la creación. Por último, se *plantea un prototipo* para el desarrollo de nuevos materiales de bajo impacto ambiental.

Palabras claves: Diseño - Materiales - Bajo impacto

[Resúmenes en inglés y portugués en la página 157]

⁽¹⁾ **Arturo Santamaría Ortega** es Diseñador industrial (Universidad Autónoma del Estado de México), Arquitecto de interiores (Instituto de Estudios Universitarios de Puebla). Maestro en ingeniería en sistemas de manufactura y diseño mecánico. (Universidad Autónoma del Estado de México), Especialista en diseño de productos industrializados. (Universidad Autónoma del Estado de México). Precursor del diseño concientizado y su aplicación a productos para la obtención de sus registros a patentes. Investigación y estudio de nuevos materiales, así como diseño de nuevos productos encaminados a la concientización de los actores sociales que implican su explotación. Docente y profesor investigador de licenciatura, maestría y doctorado desde 1998 a la fecha. De la Universidad Autónoma del Estado de México. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel I.

⁽²⁾ **Sandra Alicia Utrilla Cobos** es Diseñadora Industrial (Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco-México). Doctora en Diseño (Universidad Autónoma del Estado

de México UAEMéx, con mención honorífica). Perteneció al Cuerpo Académico Sostenibilidad y Desarrollo Estratégico del Diseño. Desde 2005 es investigadora con línea de investigación Diseño Sustentable de Productos desde el Enfoque Sociocultural y, Diseño como Cultura Material. Titular de Registro de Modelo de Utilidad No. 3279 (2013) y certificado de derechos de autor (2013). Docente y profesora investigadora en la UAEMéx, en la Licenciatura en Diseño Industrial y de Grado de la Facultad de Arquitectura y Diseño desde 1989 a la fecha. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores I.

1. Introducción

Para comenzar la explicación de este estudio, es necesario entender que no todos los elementos de la tierra o el suelo, se pueden tratar fácilmente para su utilización; sin embargo, todos de alguna manera sirven para algo por el simple hecho existir. A continuación se expondrán argumentos para sustentar que los materiales para su uso podrían ser tratados adecuadamente, esto implica el uso de todos los recursos naturales en el planeta para construir todo aquello con lo que interactúa el hombre.

2. Desarrollo

Recursos Naturales (RN)

Son aquellos RN que provienen directamente de la tierra y de sus características de un lugar o zona determinada. Para su estudio se dividen en recursos no renovables, renovables, no agotables y climáticos, donde: 1) *Los recursos no renovables* son RN agotables, en este caso minerales que debido a su uso van disminuyendo su existencia como se conocen; 2) *Los recursos renovables* son RN que no son agotables, pueden ser suelos y vegetación útil para el hombre. Son RN que se renuevan por ley natural; 3) *Recursos no agotables* como el agua y los climáticos, donde el mal uso del agua lleva a su desaparición en la zona, más no de la tierra y, 4) *los climáticos* que son la radiación solar y el viento (Bassols, 1982).

La extracción y proceso de los materiales requiere de diversos conocimientos para ser generados. Por lo que para su estudio el hombre ha dividido a los materiales por sus características, tanto físicas como químicas, y sus determinados usos, que permiten un entendimiento a profundidad de lo que implica su uso en determinado contexto, su conocimiento ayuda para experimentar, conocer y entender sus características. Por esta razón el estudio de materiales y su experimentación permite nuevas funciones, donde *la experimentación basada en la prueba y error* es parte fundamental de este estudio; claro sin dejar a un lado las características conocidas de cada material (Galvele, 2011).

La tierra es un benefactor *vasto* de materiales que implica el conocimiento de sus elementos. Básicamente se encuentran 118 elementos conocidos y localizados en la *Tabla Periódica* (Ver Figura 1), dicha tabla divide a elementos *gases*, *metales alcalinos*, *cerámicos* y que con ellos se pueden combinar diferentes materiales.



Figura 1. Tabla periódica de los elementos (Fuente: <https://concepto.de/tabla-periodica/>).

Definición de material

Un material está formado de recursos naturales con base en elementos que pueden ser utilizados para un uso determinado. El estudio de los materiales contempla analizar los recursos naturales, su extracción, la forma de producción y reproducción, el proceso de transformación y sus diversas utilizaciones. Los materiales se dividen en dos grandes grupos. A continuación, de acuerdo con los autores y su funcionamiento, se muestran en este estudio; de tal manera, se verá cómo los materiales pueden ser formados o utilizados naturalmente (Díaz del Castillo, 2008).

Materiales y su transformación

Únicos (utilizados naturalmente). Elementos que sin ninguna combinación se pueden encontrar de forma natural y pueden ser utilizados sin ninguna añadidura o transformación que cambie sus propiedades generales.

En conjunto (formados). Elementos que al ser mezclados unos con otros forman diversos materiales, se pueden encontrar de forma natural o artificial y sus características generales son variadas. Estos elementos en la naturaleza ya están combinados y forman materiales utilizados por el hombre; no obstante, también pueden ser combinados por el hombre y formar materiales con características determinadas y listos para ser usados.

Los materiales existentes en la tierra forman conjuntos que sirven para diversas necesidades, y que conforman elementos con características y utilidades muy diversas entre ellos. Es importante entender que, sin el agua estos materiales difícilmente podrían existir. Cabe señalar que al utilizar el agua, ningún material podría ser utilizado sin ser combinado, es por esta razón que el agua es un elemento que estará presente en cada material.

El Agua

El agua constituye 70% del planeta, de este porcentaje el 97% es agua salada y solo 3% es agua dulce útil para la vida; sólo el 1% es llamada agua potable funcional para el ser humano; es decir, sólo 1% es consumido por el hombre para beber, aunque hay posibilidades de tener menor porcentaje para beber debido a la calidad de agua (Gobierno de México, 2024). El uso desmedido de este recurso y su mal cuidado al igual que la sobre explotación demográfica ha hecho que se agote. El agua es vital para la vida de los seres humanos, de esta forma, se consumen por persona diariamente un aproximado de 7 litros de agua para tomar, 80 litros de agua sólo para descarga de los WC, 70 litros de agua para tomar un baño, 15 litros de agua para lavar platos, un aproximado de 50 litros para lavar ropa, 50 litros de agua para regar el pasto, y otro tanto para actividades agrícolas e industriales. La Organización Mundial de la Salud (OMS), establece que el consumo por persona es de 100 litros de agua (Gobierno de México, 2024). Laszlo (2005) menciona que, se consumen alrededor de 380 litros de agua diarios por persona en Estados Unidos de Norteamérica. En México el consumo de agua por persona se estima que es de 360 litros diarios (La Jornada, 2024); con los datos anteriores, el consumo promedio está en un 370% por encima de lo que la OMS sugiere. Otro ejemplo en el ámbito de alimentos, la producción de un filete cuesta alrededor de 13,000 litros de agua; un kilo de legumbre, 800 litros de agua.

De esta forma también Laszlo (2005) describe, que hay otros consumos industriales que se utilizan para fabricar productos. La cerveza consume 2,000 litros de agua por tonelada para su producción; Para la fabricación de una tonelada de papel se consumen 1800,00 litros de agua; y un ejemplo más claro es el aluminio que consume 1,500 litros de agua para producir un kilo de material. Por lo anterior, el agua y los diversos materiales constituyen todo aquello que existe en la tierra y que ha sido aprovechado por el hombre y que parte de la creación o combinación de elementos con el agua para formar materiales. En la *Tabla I*, se muestra la organización de los materiales en general, a partir de su transformación.

Tabla 1. Organización de materiales (Fuente: Elaboración propia. Materiales y su división para su transformación de la forma).

Concepto	Característica	Uso	Utiliza agua
<i>Recursos naturales</i>	No renovables	Una vez	Siempre
	Renovables	Varias veces	Siempre
	No agotables	Siempre	Siempre
<i>Materiales</i>	Únicos	Una vez	Siempre
	En conjunto	Varias veces	Siempre
<i>Interna</i>	Principal	Una vez	Siempre
	Agregado	Una vez	Siempre
<i>Externa</i>	Tratamiento	Varias veces	Siempre
	Acabado	Varias veces	Siempre

Estructura química de los materiales

Los materiales son sustancias que contienen una estructura molecular formada por el enlace de átomos o iones que forman una molécula o agregado atómico. Se puede visualizar o entender en su geometría, la configuración electrónica y su estructura cristalina. En la composición de un material pueden intervenir átomos, iones o moléculas finitas. Los átomos pueden ser metálicos, no metálicos o una combinación de ellos; los iones, aniones y cationes pueden estar constituidos por sólo un elemento o por una combinación de metales y no metales. Todo tipo de material está constituido de moléculas que es la parte más pequeña en la que se divide una sustancia sin perder su naturaleza y propiedades. La molécula está compuesta de átomos. Estos en conjunto darán las características que lo harán diferente entre otros; por lo que, la composición de un material tiene que ver directamente con su estructura química, ya que esta aportará los datos y características necesarios para entender sus usos y funciones (SciELO, 2024).

Para Wane, 2012. Si bien se entiende que una estructura química es una composición de moléculas y átomos como en la sustancia orgánica, no todos los materiales están compuestos por moléculas, hay sustancias sólidas muy familiares que contienen muchos enlaces químicos, pero no están formados por moléculas. De esta manera, se analizará la estructura de una molécula, en donde se responderá a las preguntas comunes *¿+mentos: nta que el consumo este 125 a 380 litros diarios. Cómo se podría visualizarla y entenderla para un estudio más sencillo?* En el ejemplo siguiente se puede identificar una molécula y su estructura, compuesta por dos átomos y un enlace molecular, entendiendo que la molécula es el diminutivo latín de la palabra *moles*, masa (Wane, 2012). Cuando se unen varias moléculas, se obtiene una sustancia o masa mismas que constituyen la tierra en sus diferentes conformaciones (Ver Figura 2).

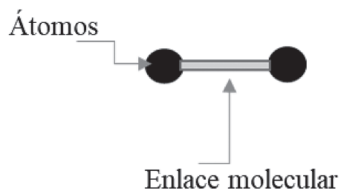


Figura 2. Representación visual (Nota: Representación visual de una molécula. Los materiales forman enlaces que muchas veces no coinciden unos con otros y por ende se rechazan, aunque muchos de alguna forma se atraen y forman estructuras con características muy particulares que les ayudan a mejorar o muchas veces disminuir sus cualidades).

La madera

Es común saber que de los árboles se obtiene la madera, esta puede presentarse de diversas especificaciones y se les conoce como maderas duras y maderas blandas. La madera es un material natural porque se puede extraer sin necesidad de combinarlo con otro material, y utilizarlo de manera tal y cual se encuentra en la naturaleza; sin embargo, para su determinado uso, es necesario darle acabados y tratados superficiales que eleve sus características benéficas. Es un material que se compone de fibras de celulosa unidas con lignina (Miranda, 2021).

Se analizará entonces, *¿a qué se refieren las fibras de celulosa o para que sirven o que son?* Este es el componente fundamental de la pared de las células vegetales de las plantas, madera y fibras naturales, y que en la madera se encuentra combinada con sustancias como la lignina, hemicelulosas, pectinas y ácidos grasos. La celulosa es el material que constituye la estructura de los árboles y forma redes que dan soporte a tipo de especie que se trate. Con este material y la combinación de lignina que es una resina. Se refiere al tipo beta que tiene la madera, es decir, al tipo de árbol y su origen se debe a la estructura organoléptica que presenta (Pcc Group, 2024).

Los metales

Son materiales duros, opacos, brillantes, maleables, reciclables, presentan una buena conductividad eléctrica y térmica; 91 de los 118 elementos de la tabla periódica son metales, pueden ser elementos, compuestos o aleaciones (AMG, 2024).

Los metales se clasifican en ferrosos y no ferrosos, es decir; que tienen más contenido de carbono y hierro o menos contenido de carbono, aceros y aceros especiales. Para su uso pueden tener tratamientos tanto interno como *externo*. Los tratamientos internos tienen que ver con su estructura molecular que puede ser tratada para dar determinada característica a sus propiedades. Se refiere a la *externa* que tiene que ver con sus acabados que muchas veces trata de cubrirlo de las inclemencias del medio ambiente (Brenneman, 2011).

Polímeros

Los polímeros son sustancias químicas con un alto peso molecular y una estructura compuesta por unidades repetidas, llamadas monómeros. Es decir, un polímero está compuesto de monómeros que lo forman. Los Polímeros también, se caracterizan por dos grandes tipos: los termoplásticos y los termofijos. Los termoplásticos son aquellos que al calentarse se derriten y al enfriarse se endurecen y pueden formar formas diversas si se soportan por un molde. Los termofijos, son plásticos que una vez calentados por primera vez y moldeados, no pueden volver a calentarse e impiden un nuevo proceso de transformación parecido a la inicial (INFINITIA Industrial Consulting, 2022).

El concreto

El concreto es un material que se utiliza en la industria de la construcción como principal elemento en México y en gran parte del mundo, es por esto por lo que es el material más utilizado para la construcción a nivel mundial. Su consumo en la construcción va desde 40% a 90% contando todos los elementos que se necesitan para dicha construcción. Su principal uso es en edificaciones para viviendas, edificios, escuelas, centros comerciales, estadios y demás edificaciones. De esta forma también hormigón, es una mezcla de dos componentes: pasta (compuestos finos) y agregados (compuestos gruesos). La pasta de concreto se compone de cemento, agua, aditivos y aire que se retiene al mezclar los componentes, o es incluido intencionalmente (Scielo.cl, 2024).

El cemento que es el compuesto fino del concreto es un conglomerante formado a partir de una mezcla de caliza y arcilla calcinadas y posteriormente molidas, que tiene la propiedad de endurecerse después de ponerse en contacto con el agua. Los agregados o pastas gruesas son todos aquellos que le dan estructura al concreto como la arena, grava o cualquier agregado que le permita dar un acabado o especificación (SCRIBD, 20245).

En la industria de la construcción existe un colorante que se le pone de agregado al cemento para formar un concreto de color determinado, este material al contacto con el exterior poco a poco va perdiendo su color hasta quedar solo el color gris del concreto (HOLCIN México, 2024).

Planteamiento de la situación

Se requiere de un material para exteriores (concreto) que retenga el pigmento sin ser afectado por los rayos solares, agua, o cambios bruscos de temperatura. Evitando pierda su color y su apariencia. Se requiere de un material compuesto, elaborado con base en el cemento comercial y elementos naturales, así como pigmento negro, que le permita retener el color y apariencia por más de cinco años.

Definición del problema en contexto

No existe un material que al ser combinado con cemento comercial y pigmento negro retenga el color y apariencia por más de un año en exteriores y por más de cinco años en interiores.

Impacto de los materiales en la actividad humana

3. Método para el diseño de nuevos materiales a partir de la concientización del Diseño

Diseñar nuevos materiales implica conocer ampliamente el contexto donde será utilizado el producto, de esta forma, es necesaria la investigación tanto documental como de campo, que se requiere para identificar la problemática real, tomando en cuenta el impacto ambiental de los materiales que se utilizan actualmente. Así este documento aplica el pensamiento del *diseño concientizado* para la creación de nuevos materiales con bajo impacto ambiental.

Diseño concientizado

En este escrito el autor principal Santamaría Ortega apoyado por sus colegas Utrilla Cobos, se refieren a cómo el diseñador se concientiza para realizar el proceso de creación de un artefacto, un nuevo material, bajo el pensamiento del diseño concientizado y enfatizando la importancia de que este proceso ayude a crear materiales de bajo impacto ambiental. La presente implantación de este método no es otra cosa que el resultado de una ardua investigación del diseño sustentable, y cómo el autor explica la forma *utópica* de hacer diseño basado en una aproximación, pero nunca se llega a una sustentabilidad absoluta; de tal manera que, a esta aproximación se le otorga el nombre de *Diseño Concientizado*.

Método del diseño concientizado aplicado al diseño de nuevos materiales de bajo impacto en nueve pasos:

1. **Contexto.** Desarrollo de la investigación que debe recolectarse tanto documental como de campo en las áreas de interés en donde se requiere configurar un material. (parte de la información que precede este documento).
2. **Planteamiento del Problema.** El problema es una petición o *requerimiento* que debe estar basado en necesidades reales. Plantear de manera directa la falta, escases, deficiencia o todo aquello que resulta una necesidad y que se quiere resolver. Lo primero se debe plantear *¿Qué se requiere?, ¿Para qué?*

3. Requisitos Obligatorios

Material a base de cemento comercial.

Uso de pigmento negro para dar una apariencia negra al material final.

El material tendrá el color oscuro (negro) por lo menos cinco años. Preferentemente diez años sin que pierda el color o su apariencia.

Material final amigable con el medio ambiente bajo el método del diseño concientizado.

4. Propuestas de Requisitos en Función de los Parámetros de Concientización

Impacto ambiental

Impacto social

Impacto económico (Ver Tabla 2).

Tabla 2. Requisitos y parámetros en función del diseño concientizado (Nota: Elaboración propia).

Requerimiento o requisito	Impacto ambiental	Impacto social	Impacto económico
Material a base principalmente de aglutinantes.	506 kg de CO2 por tonelada de cemento producido	Se puede obtener fácilmente. Calidad baja a alta	Costo flotante en la matriz.
Uso de pigmento negro para dar una apariencia negra al material final.	Uso de pigmentos naturales con fuerte resistencia al medio ambiente.	Calidad baja a alta	Costo flotante en la matriz.
El material tendrá el color oscuro (negro) por lo menos siete años al interior y tres años al exterior sin que se pierda el color o su apariencia.	Uso de agregados naturales que permitan hacer más resistente la mezcla a las inclemencias del tiempo a interiores y exteriores.	Evitar el desgaste y pérdida de color acabado en un rango de cinco a siete años en interiores, y tres a cinco años en exteriores.	Costo flotante en la matriz.
Material final amigable con el medio ambiente bajo el método del diseño concientizado.	Uso de más del 80% de materiales naturales que se reincorporan a la naturaleza fácilmente.	Calidad de vida a los seres humanos.	Costo flotante en la matriz.

5. Matriz de Requerimientos y Parámetros. La matriz de parámetros es la parte en donde se interrelacionan los términos de *impacto ambiental*, *impacto social* y *el impacto económico*. Este último será el menos importante debido a que no evalúa el costo si le conviene a la sociedad y favorece al medio ambiente.

De esta forma, la matriz de parámetros se analizará con base en los requisitos o requerimientos que se plantearon anteriormente y que tendrán sus respectivos limitantes y delimitantes como a continuación se realiza (Ver *Requerimientos 1, 2 3 y 4*).

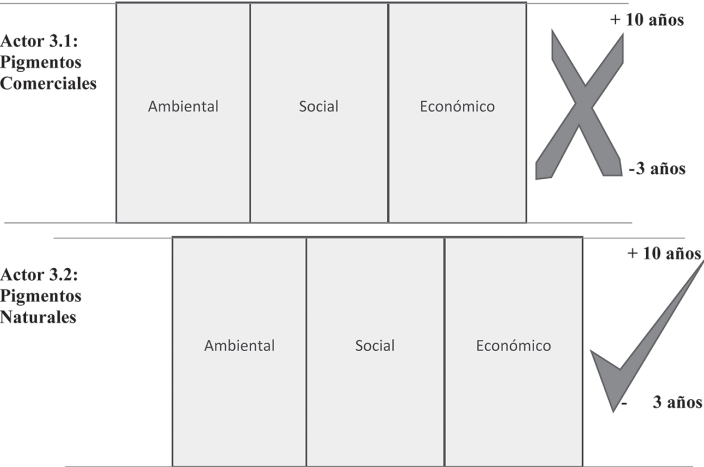
Requerimiento 1: Material a base principalmente de aglutinante (cemento) comercial.
 Rango: Huella de carbono 200 a 506 kg de CO2 por tonelada de cemento producido.
 Delimitante: Más de 550 kg. por Tonelada de cemento producido.
 Limitante: Menos de 200 kg. Por tonelada de cemento producido.

Actor 1.1: CEMEX 506 kg de Huella de Carbono X tonelada Fuente: (CEMEX, 2024)	Ambiental	Social	Económico	- 200 KG xTon.  + 500 KG xTon.
Actor 1.2: Cemento Portland 900 kg de Huella de Carbono Fuente: (Ennomotive, 2024)	Ambiental	Social	Económico	- 200 KG xTon.  + 500 KG xTon.
Actor 1.3: Limo nula con colorante negro	Ambiental	Social	Económico	- 200 KG xTon. 

Requerimiento 2. Uso de pigmento negro para dar una apariencia negra al material final.

Actor 2.1: Pigmento negro Polvo colorante Colorantes Acuario \$99 kilo 80% químicos	Ambiental	Social	Económico	- 30% de químicos.  + 70% de químicos.
Actor 2.2: Pigmento negro Polvo colorante Colorantes Acuario \$257 kilo 85% químicos	Ambiental	Social	Económico	- 30% de químicos.  + 70% de químicos.
Actor 2.3: Pigmento hecho con base en la extracción de extractos del aguacate y extracto de carbón.	Ambiental	Social	Económico	- 30% de químicos.  + 70% de químicos.

Requerimiento 3. El material tendrá el color oscuro (negro) por lo menos 5 años al interior y 3 años al exterior sin que se pierda el color o su apariencia.



Requerimiento 4 Material final amigable con el medio ambiente bajo el método del diseño concientizado.



6. Propuesta de solución

Crear un material con base en materiales naturales que sirva de acabado superficial (estilo piedra) en muros interiores y muros exteriores pigmentado con color negro, y que este material dure en color y apariencia de tres a cinco años para exteriores, y de cinco a siete años en interiores. Se realiza una experimentación con diferentes materiales tanto comerciales como naturales, con base a las matrices de requerimientos y parámetros donde se definen los límites y delimitantes que se requieren y que serán de bajo impacto según lo calificado anteriormente.

Se lee que en el *requerimiento 1* de este estudio, el material idóneo es el Limo de extracto de tierra para poder utilizarlo como material principal. Como segundo término está el *requerimiento 2* que en este estudio arroja como material idóneo utilizar extracto de agua-