

Facultad: Ciencias Naturales e Ingenierías			
Programa Académico: Tecnología en Recursos Ambientales			
Nombre del Semillero: DIMAIN Diseño y selección de Materiales para Ingeniería			
Grupo de Investigación: DIMAT Grupo de Investigación en Diseño y Materiales			
Temática o Línea de Investigación: Materiales estructurales y de aplicaciones tecnológicas			
Nombre del Director del Proyecto: Luis Alberto Laguado Villamizar			
Identificación: cc 91480210 de Bucaramanga			
Nivel formación Académica: Diseñador Industrial, Especialista en Docencia Universitaria, Magister en Ingeniería de Materiales			
Teléfono: 3022428127			Email: llaguado@correo.uts.edu.co
Nombre del Proyecto de Investigación: Diseño y caracterización de materiales compuestos a partir de residuos sólidos			CAMPO DEL SABER: Ingeniería de Materiales
Autores del Proyecto: Danny Yamile Acevedo Oyola María Camila Hernández	Dirección: Cra 3 No 1-73	Teléfono: 3158308067 3165365325	Email: acevedooyola@gmail.com mchg9520@gmail.com
Planteamiento y Formulación del problema de Investigación: En Colombia, con la Constitución política de 1991, en el artículo 79, se legitima el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano y se garantiza la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. En el desarrollo de las actividades de docencia, investigación, administrativas y de extensión, en las UTS se genera una alta cantidad de residuos sólidos, los cuales no cuentan con un plan institucional para su tratamiento. Antes de enviar estos residuos al servicio municipal de aseo, se pueden ordenar, clasificar y cuantificar, con el fin de estudiar las diferentes alternativas que se tienen para generar un tratamiento adecuado. El servicio municipal de aseo cuenta con cadenas de distribución para hacer llegar estos residuos a las empresas de reciclaje, los cuales los clasifican y los comercializan para su procesamiento. El diseño de un plan de gestión y tratamiento de los residuos sólidos dentro de la institución puede generar el desarrollo de nuevos materiales compuestos que se pueden utilizar en el diseño de productos de mobiliario institucional tales como: bancas para lectura y descanso en los pasillos de los edificios, soportes para el parqueo de bicicletas, estaciones para lectura, estudio y navegación web y puntos de acopio y clasificación de residuos.			
Objetivo General: Desarrollar un nuevo material estructural, por medio de análisis de propiedades mecánicas de materiales compuestos elaborados a partir de los residuos sólidos generados en el campus, con el fin de utilizarlos en el Diseño de mobiliario para lectura y reposo en los pasillos de los edificios de la UTS.			

Objetivos Específicos:

1. Clasificar y caracterizar los residuos sólidos generados en el campus principal de las UTS, por medio de procesos de reciclaje y pruebas mecánicas de laboratorio, con el fin de identificar los insumos a utilizar como refuerzo de materiales compuestos.
2. Diseñar y caracterizar materiales compuestos reforzados con residuos sólidos, utilizando procesos de moldeo y pruebas mecánicas de laboratorio, con el fin de obtener nuevos materiales estructurales para mobiliario institucional.
3. Diseñar y construir máquinas y dispositivos mecánicos para el procesamiento de los residuos sólidos y la elaboración de materiales compuestos reforzados con partículas, fibras y láminas.
4. Diseñar y construir mobiliario institucional, por medio de procesos de moldeo de materiales compuestos reforzados con residuos sólidos, con el fin de generar espacios de lectura, descanso y esparcimiento para el campus principal de la UTS.

Antecedentes:

El diseño y desarrollo de nuevos materiales compuestos implica un riguroso análisis sobre el comportamiento mecánico de diferentes combinaciones de materiales que se pueden utilizar como matriz y como refuerzo. Para el efecto del presente proyecto de investigación, es necesario, además, realizar una revisión de los trabajos realizados en otras instituciones, donde se incluyen materiales reciclados, en el desarrollo de nuevos materiales compuestos.

Material compuesto a base de empaques reciclados y reforzado con fibras de fique

En el estudio publicado por Miguel Hidalgo y sus colaboradores de la Universidad Autónoma de Occidente, se presenta el estudio de las propiedades mecánicas de un material compuesto a base de láminas de Polietileno y Aluminio, recicladas de empaques de tetrapack para alimentos, estas láminas han sido reforzadas con fibras de fique. Este material se desarrolló por medio del proceso de moldeo y prensado de láminas reforzadas. La variable estudiada fue el porcentaje de fibra incorporado en las diferentes probetas diseñadas. En este estudio se encuentra que la resistencia del material a la tracción se puede incrementar hasta en un 216%, y su correspondiente módulo de elasticidad se incrementa en 515%, al incorporar en el material compuesto hasta un 50% de fibra en la masa total. En el material obtenido con el 30% de fibra se obtiene el mejor comportamiento a la flexión. Además del análisis mecánico, se encuentra que la absorción de agua en el material se incrementa al incrementar la cantidad de fibra. Este ensayo se realizó por medio de inmersión en aceite mineral, siguiendo la norma ASTM D570, a una temperatura de 23°C, durante 24 horas. Según este resultado, se ven limitadas las aplicaciones del material bajo condiciones de humedad en el ambiente, debido a la alta absorción que presentan las fibras de fique. Finalmente, en este trabajo se muestra un análisis realizado por medio de Microscopia Electrónica de Barrido, donde se obtienen micrografías, que muestran una inadecuada interface entre la matriz y la fibra, generándose oquedades y vacíos que afectan la densidad y la absorción de agua del material. Los autores recomiendan mejorar la interface de los materiales compuestos, realizando tratamientos a las fibras, con el fin de generar una mayor adherencia a la matriz (Muñoz, Quintana , & Hidalgo, 2012).

Material reforzado con fibras de fique con tratamiento para mejorar la adherencia

Para lograr una mayor adherencia entre la fibra y la matriz de un material compuesto, se realizan tratamientos de la fibra, por medio de sustancias que aumentan la adherencia al polímero. En el Centro de investigación científica de Yucatán, en México, el Dr Valadez Gonzalez y sus colaboradores estudiaron el (IFSS) esfuerzo cortante interfacial entre la matriz y la fibra. La superficie de la fibra es modificada con agentes químicos activos. Se utilizaron tres diferentes soluciones: solución acuosa de NaOH, posterior a la solución acuosa se utilizó un agente de acople de Silano SiH_4 , y otras probetas fueron sometidas a una solución de HDPE mezclado con Xileno $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$. A estas fibras se le realizan pruebas micromecánicas como el "Pull out test", el cual consiste en embeber el final de una de las fibras en matriz de polímero, posteriormente aplicar una fuerza a tensión, con el fin de desprender la fibra de la matriz. Otra prueba realizada es el "Single fiber fragmentation test", en la cual una fibra es embebida en una matriz para configurar una probeta de tensión. Dependiendo del nivel de adhesión fibra – matriz, las cargas de tensión son transferidas de la matriz a la fibra. Para calcular los esfuerzos generados en la fibra es necesario calcular el área de la sección transversal de la fibra. Teniendo en cuenta que las fibras no tienen una sección uniforme, se realizan mediciones aleatorias en diferentes puntos de la fibra y por medio de análisis estadístico con distribución Weibull, se definen los parámetros para determinar el perímetro, el diámetro y el área de la fibra. Después del análisis de los resultados en las pruebas mecánicas, y de observar los cambios en la morfología de la superficie de las fibras con tratamiento, por medio de Microscopia electrónica de barrido SEM, se obtiene que los niveles de adhesión son más altos en la presencia del agente de acople de Silano. Este tratamiento aumenta la rugosidad en la superficie, lo cual determina un mayor enclavamiento mecánico. Además, el agente químico genera una mayor cantidad de celulosa expuesta a la superficie de la fibra, lo cual incrementa el número de posibles reacciones químicas. La preimpregnación de la fibra genera una mejor humectación de la fibra, lo cual no es posible sin el tratamiento debido a la viscosidad del polímero (Valadez, Cervantes , Olayo , & Herrera , 1999).

PET Reciclado para empaques para alimento

Desde 2008, Aproplast, una empresa familiar, comenzó a producir en Colombia PET reciclado grado botella. Es decir, que puede ser empleado nuevamente para fabricar botellas o empaques para alimentos. Justamente, el reciclaje botella a botella se refiere al proceso de convertir materiales recuperados, ya sea de fuentes postindustriales o posconsumo, en gránulos o pellets cuyas características sean equiparables a las de los materiales vírgenes e inclusive puedan ser utilizados para fabricar envases de productos alimenticios. Dado el creciente interés de compañías dueñas de marca y de los propios consumidores por encontrar productos con un perfil ambiental favorable, esta aplicación está ganando terreno a escala comercial, sin contar con los múltiples beneficios sociales y ambientales que conlleva. Actualmente, Aproplast procesa cerca de 1.800 toneladas de PET recuperado por año y lo transforma en RPET grado botella. En otras palabras, rescata este material de ir a un relleno sanitario y lo reintegra al ciclo productivo para aplicaciones de alto valor. Desde su fundación

hace 27 años, Aproplast se dedica al reciclaje de plásticos, en sus inicios con varias resinas, hasta que en 1995 comenzó a enfocarse principalmente en PET y en menor medida en poliestireno expandido. Posteriormente, en 2008, se especializó aún más con la adquisición de una línea de reciclaje botella a botella, y comenzó a comercializar RPET (PET reciclado) que compañías como Ajovert o Vinipack utilizan para fabricar láminas, empaques termoformados y botellas que estarán en contacto con alimentos. (Equipo editorial de Tecnología del Plástico, 2012).

Botella de plástico reutilizable en tejas de bajo costo

Para Donald Thomson el reciclaje de botellas de PET pueden tener aplicaciones mucho más creativas e innovadoras dentro del campo de la construcción, como la confección de tejas plásticas low cost. La idea de este empresario costarricense surgió tras contemplar la imagen de cientos de botellas de plástico apiladas durante la limpieza de una playa de todos los desechos arrastrados por la marea. Thomson cayó en la cuenta de que cuando los envases de PET vacíos se aplanan y se alinean formando filas superpuestas, se obtiene un conjunto muy similar al sistema constructivo empleado en la construcción de tejados con tejas planas cerámicas o de pizarra. Esta asociación de ideas fue el punto de partida para la puesta en marcha de un interesante proyecto de reciclaje y sostenibilidad para darle un uso más creativo a estos envases tras su vida útil. Desde el Centro para el Diseño Regenerativo y Colaborativo de Costa Rica, la compañía trata de optimizar el diseño del formato convencional de las botellas de plástico PET para adecuarlo a su uso posterior como elemento de construcción sostenible. Además, sus propiedades resistentes y su estabilidad a la intemperie lo convierten en un candidato ideal para ser utilizado como elemento de acabado y revestimiento en construcción. Tras un análisis morfológico de los envases de plástico existentes en el mercado, la compañía ha desarrollado un nuevo formato de botella rectangular que al aplanarlas de forma manual permite obtener tejas plásticas con un tamaño adecuado para su instalación en el tejado de una vivienda. Con el sistema 'A'Gua Water Bottles de Thomson, podemos obtener una teja plástica de PET con una pequeña cámara interior fruto del aplastamiento de la botella, que podría funcionar para alojar material aislante acústico y/o térmico en forma de espuma de poliuretano u otros materiales similares. También permite customizar la pieza base para adaptarla a la estética de la vivienda donde se pretende instalar este tejado ecológico y sostenible. Pero quizá lo más interesante de este proyecto es que con un coste de 1,38 dólares la unidad, es posible reutilizar los envases para resolver un elemento constructivo que costaría bastante más. De hecho, este método de reciclaje de botellas de PET podría tener aplicaciones interesantes en comunidades económicamente deprimidas o países en vías de desarrollo, como una alternativa viable y eficiente a la construcción tradicional de tejados en esos países. Para resolver el proceso de aplastamiento de las botellas de una forma óptima para poder luego apilarlas de forma correcta, los responsables del proyecto y los estudiantes de ingeniería de la Universidad de Seattle, han desarrollado una pequeña prensa manual que permite obtener una teja plástica de PET perfecta con un simple movimiento. No obstante, el diseño del propio envase permite su aplastamiento con sistemas manuales alternativos a la prensa. (Perez, 2015)

Construcción de casas de plástico con PET reciclado

Desde el año 2000, el Ing. Mariano Núñez Álvarez desarrolló una tecnología 100% mexicana (Toluca, Edomex) que suponía iba a revolucionar la construcción y al mismo tiempo mejorar la calidad ambiental. Se trata de tabiques fabricados a partir de desperdicios de tereftalato de polietileno (PET), los cuales funcionan para construir muros interiores, exteriores y techumbres. Con el nombre de Cero's, el sistema constructivo fue patentado como marca en el año 2008 e incluso generó interés a nivel internacional. El sistema presenta varias bondades. Quizás la más importante sea la instalación, pues la geometría de las piezas (muy similar a los LEGO) permite ensamblarlas sin mayor esfuerzo, de una manera muy rápida y sencilla, pues también cuentan con perforaciones por donde pasan las varillas e instalaciones. Según su creador, todo esto da pie a que toda la estructura de una casa de un sólo nivel pueda ser construida en un máximo de cuatro días. Adicionalmente, el sistema es resistente a viento y fuego, tiene un buen comportamiento sísmico, es buen aislante termoacústico y es totalmente sustentable. En otro ejemplo, tras múltiples pruebas, en marzo de 2010, en Celaya, Guanajuato, fue construida la primera casa con el sistema de envase modular interconectable de usos múltiples (EMIUM), inventado por los argentinos Luis Pittau y Mirta Facsi, el cual está integrado por botes para bebidas comerciales, los cuales al ser unidos dan forma a viviendas o muebles transparentes. Como característica, es factible reutilizarlos tras una limpieza previa muy simple, además de que pueden estar hechos de diferentes materiales plásticos, pero el polietileno de alta densidad es uno de los más recomendables. Al ser hueco, funciona como un aislante térmico y sonoro, además de que su forma permite unir varios entre sí para edificar paredes (de forma lineal y tridimensionales, para inmuebles antisísmicos), paneles, sillas y barreras sonoras de autopistas. Los tabiques de PET representan una gran solución a la problemática de la contaminación, y por tanto, beneficios sociales. Sugiero que productores y autoridades den al producto la importancia que merece y nos faciliten a los arquitectos la tarea de incorporarlos en nuestros proyectos. (Villavicencio, 2012).

Justificación:

En la ciudad de Bucaramanga y su área metropolitana se originan 27626 toneladas al mes de residuos sólidos, de las cuales se recupera solo el 4%. Con 2.07 Ton de plástico recuperado se ahorra la energía necesaria para planchar durante una semana con 120 planchas a la vez, (SECRETARIA DE SALUD Y MEDIO AMBIENTE). Los registros nacionales y regionales alcanzados para cada tipo de residuo o subproducto; determinan que la tendencia es hacia la generación de residuos o subproductos plásticos; en ambos casos los plásticos obtienen altos registros. Actualmente, en la región solo existe una empresa dedicada al tratamiento de los residuos plásticos. Según el Gerente de la EMAB, a diario tres toneladas de la basura que produce la ciudad son arrojadas en separadores, andenes, parques, vías, áreas verdes o cualquier espacio de carácter público; de los cuales en su mayoría son plásticos desechados (MARTÍNEZ, 2013).

Tecnológica y ambientalmente el reciclaje del PET ésta en auge, como lo muestran las grandes potencias mundiales como Japón y la Unión europea, donde se registraron tasas de reutilización de envases del 77,9% y 48,3% respectivamente, en el 2009. Según publicaciones de la Asociación Europea de Reciclaje de envases PET, el aprovechamiento se realiza por

diferentes métodos como reutilización, evaluación de propiedades mecánicas como tensión, elongación y dureza, las cuales sirven para proponer nuevos usos y para elaboración de nuevos productos (Leyva, 2011).

Las Unidades Tecnológicas de Santander tiene una población cercana a los 21.000 estudiantes, según datos registrados en el Plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS 2014-2015 el cual se encuentra actualizado según la resolución 0754 del 2014. La alta cantidad de usuarios de la sede principal, incluyendo personal administrativo y operativo, docentes y visitantes; conduce directamente al incremento en la generación de residuos sólidos. En la institución se generan 3750 ton/mes, equivalente al 13.57% de la generación local (GARCIA SEPULVEDA & SANCHEZ RANGEL, 2016). Estos residuos tienen como destino final el Relleno Sanitario El carrasco, el cual se encuentra en una situación crítica debido a que ya se superaron los límites de almacenamiento. En el PGIRS se plantean lineamientos para minimizar la generación de residuos y propuestas para su aprovechamiento o reutilizarlo a corto o largo plazo. En la presente propuesta de investigación se plantea una estrategia para el aprovechamiento de estos residuos, por medio de la investigación científica, la cual conduce a la creación de nuevos materiales que se pueden utilizar en beneficio de la población de la sede principal de las Unidades Tecnológicas de Santander.

Impacto esperado:

Impacto de generación de nuevo conocimiento:

Se generan artículos de investigación, productos de desarrollo tecnológico. Los artículos de investigación van a impactar positivamente en la gestión del semillero de investigación. Los productos de desarrollo tecnológico aportan al desarrollo del proyecto y a otras iniciativas investigativas que se generen posteriormente.

Impacto social:

Se generan estrategias para sensibilización de la comunidad ante el aprovechamiento de los residuos sólidos. El diseño de un dispositivo inteligente para la recolección y clasificación de los residuos sólidos, va a sensibilizar a los usuarios ante el uso adecuado de los residuos sólidos y su responsabilidad con el medio ambiente.

Impactos ambientales:

Se disminuye la cantidad de residuos sólidos semanalmente en el relleno sanitario. Por medio de los dispositivos diseñados se espera recolectar altas cantidades de residuos. De igual manera, con los productos diseñados, construidos y puestos al servicio de los estudiantes, se espera que aumente su interés por recolectar altas cantidades de residuos.

Impacto para la UTS:

Se fortalecen las estrategias del Plan de gestión de residuos. Se fortalecen los procesos de educación y adquisición de conciencia ambiental. Se mejoran las condiciones de utilización de áreas comunes por parte de los estudiantes. Se disminuye la contaminación visual en los pasillos de la UTS. Se generan proyectos para mostrar ante la comunidad académica.

Beneficiar la población de la sede principal de las Unidades Tecnológicas de Santander:

18500 estudiantes, 800 docentes, 300 personal administrativo

Marco teórico:

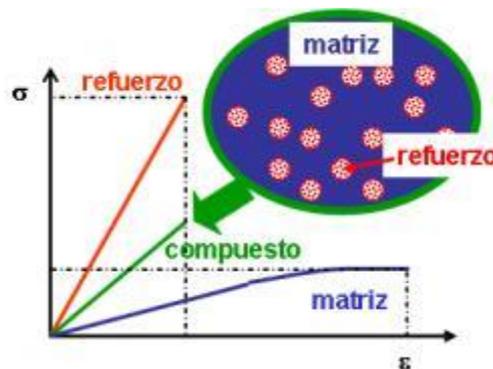
Materiales compuestos

Definición

Los Materiales compuestos son materiales desarrollados por medio de la combinación sinérgica de dos o más tipos de materiales diferentes. Esta combinación de dos materiales insolubles se da por medio de la adherencia de un material al otro, sin generar enlaces o reacciones químicas. Los materiales compuestos se forman cuando dos o más materiales o fases se utilizan juntas para dar una combinación de propiedades que no se pueden lograr de otra manera (ASKELAND & Phulé, 2004). Los materiales compuestos se componen de una Matriz o fase continua, y un refuerzo o fase dispersa. La matriz está formada por un material de baja dureza y se encuentra en mayor cantidad que el refuerzo. El refuerzo es un material de mayor dureza que la matriz y se encuentra en menor cantidad. Además de los materiales creados intencionalmente para incrementar las propiedades de la matriz, en la naturaleza se pueden encontrar algunos materiales con las características de los materiales compuestos, tal es el caso de la madera natural, el tejido óseo y el cuero.

Figura 1: Configuración típica de un material compuesto: Matriz + Refuerzo.

Se observan las propiedades mecánicas de los componentes y del compuesto en el diagrama esfuerzo normal σ , deformación unitaria ϵ



Fuente: (Zubitur, 2009)

Los materiales compuestos se desarrollaron en Europa durante la segunda guerra mundial como respuesta a la demanda de materiales livianos, de alta resistencia y con facilidad de procesamiento, con el fin de utilizarlos en la fabricación de accesorios y equipos de guerra como vehículos, tanques y aeronaves. Desde mediados del siglo XX, se han realizado innumerables investigaciones con diferentes combinaciones de materiales de matriz y de refuerzo, buscando obtener nuevos materiales que permitan desarrollar productos livianos y de alta resistencia.

Dentro de los materiales utilizados como matriz para la elaboración de materiales

compuestos, los polímeros termoestables han demostrado ser una buena opción gracias a la facilidad para elaborar modelos y productos a temperatura ambiente. De igual manera, diferentes tipos de fibras permiten aumentar la resistencia de estos materiales, entre las cuales se encuentran las fibras naturales y las fibras sintéticas.

Clasificación

Los materiales compuestos se clasifican según la forma que presentan los materiales de refuerzo. De esta manera, los materiales compuestos se clasifican en materiales compuestos reforzados con partículas, materiales compuestos reforzados con fibras y materiales compuestos laminados o contrachapados.

Materiales compuestos reforzados con partículas

En los materiales compuestos reforzados con partículas, el material de refuerzo se presenta en forma de pequeños trozos de alta dureza, los cuales se dispersan dentro de la matriz blanda. En algunos casos, las partículas son tan pequeñas que no se alcanzan a observar a simple vista, sin embargo, las propiedades mecánicas del material compuesto son mejoradas con la inclusión de estas micropartículas o nanopartículas. Este es el concepto de un material Nanocompuesto, donde el tamaño de las partículas de la fase dispersa se encuentra en una escala de $1 \times 10^{-9} \text{m}$. Los materiales nanocompuestos endurecidos por dispersión contienen partículas de 10 a 250nm de diámetro, estas partículas, también llamadas dispersoides, bloquean el movimiento de las dislocaciones en la estructura cristalina del material, y producen un efecto endurecedor pronunciado. El dispersoide debe tener una baja solubilidad en la matriz y no debe reaccionar químicamente con la misma.

Además de los materiales reforzados con partículas a escala micro y nano, existen otros materiales a macro escala, donde las partículas se pueden apreciar a simple vista. A continuación se observan algunos ejemplos típicos de materiales compuestos reforzados con partículas, tanto nanocompuestos como macro compuestos.

Tabla 1: configuraciones típicas de materiales compuestos reforzados con partículas

Nanocompuestos	Material de la Matriz	Material de refuerzo
Cu - Cu ₂ O	Cobre	Oxido de Cobre
Cu - Al ₂ O ₃	Cobre	Oxido de Aluminio
Ag - CdO	Plata	Oxido de Cadmio
Al - Al ₂ O ₂	Aluminio	Oxido de Aluminio
Be - BeO	Berilio	Oxido de Berilio
Co - ThO ₂	Cobalto	Oxido de Torio
NiCr - ThO ₂	Niquel Cromo	Oxido de Torio
Pb - PbO	Plomo	Oxido de Plomo
Pt - ThO ₂	Platino	Oxido de Torio

Fuente: (Askeland & Phulé, 2004)

Materiales compuestos reforzados con fibras

En un material compuesto reforzado con fibras, el material de refuerzo se ubica dentro de la matriz, por medio de partes muy delgadas y alargadas. Con el fin de facilitar el proceso de elaboración del material compuesto, estas fibras se pueden configurar por medio de telas tejidas, de tal manera que las fibras del material se incluyan en diferentes capas. En esta configuración, el material de la matriz transmite la fuerza a las fibras, mismas que soportan la mayor parte de la fuerza aplicada.

En los materiales compuestos reforzados con fibras se debe cumplir la siguiente regla de las mezclas, por medio de la cual se puede determinar la densidad del material compuesto:

$$\rho_c = f_m \rho_m + f_f \rho_f \quad [1]$$

ρ_c = Densidad del material compuesto

f_m = porcentaje del material de la matriz

ρ_m = densidad del material de la matriz

f_f = porcentaje del material de refuerzo

ρ_f = densidad del material de refuerzo

Teniendo en cuenta la regla de las mezclas, los nuevos materiales compuestos se deben configurar de tal manera que las propiedades mecánicas dependen de los porcentajes del material de la matriz y del refuerzo.

Metodología

La presente propuesta de investigación tiene un enfoque cualitativo, debido a que se van a buscar datos numéricos sobre la cantidad de residuos sólidos generados, las propiedades mecánicas de los materiales y las composiciones porcentuales que deben tener los nuevos materiales compuestos. El tipo de investigación es explicativa, por lo tanto la profundidad de los estudios a realizar deben llevar a la definición del fenómeno de adherencia de los residuos sólidos a otros materiales para la obtención de materiales compuestos. Según el diseño, se plantea una investigación experimental, en cuanto se proponen pruebas de laboratorio para comprobar las hipótesis planteadas. Y el propósito es realizar una investigación aplicada, para poner en práctica los conocimientos adquiridos y resolver un problema de la comunidad institucional.

Se propone una metodología de Diseño apoyada con herramientas para selección de Materiales y Procesos (Ashby M, 2007). Inicialmente se plantea la identificación del problema ambiental presentado en la UTS, con respecto a la alta generación de residuos sólidos. Posteriormente se plantean los objetivos del proyecto y se diseña una estrategia de ejecución. Esta estrategia está soportada por diferentes proyectos de grado de Tecnología e Ingeniería, los cuales realizarán ensayos de laboratorio para determinar las propiedades mecánicas de nuevos materiales compuestos desarrollados a partir de residuos sólidos. Posteriormente se

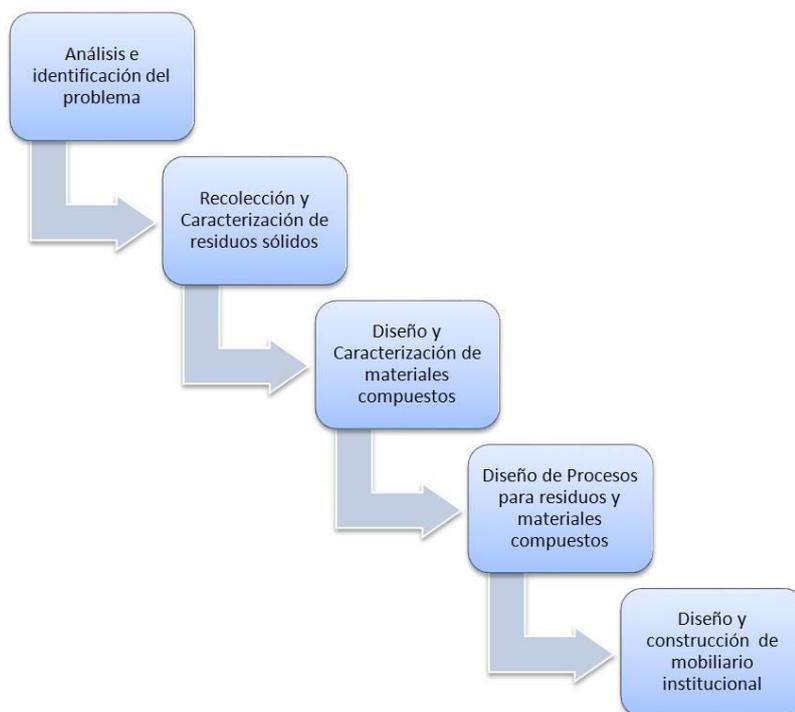
implementaran propuestas de elaboración de productos institucionales, con los materiales compuestos desarrollados.

Análisis e identificación del problema

La alta cantidad de residuos sólidos generados en el campus principal de las UTS, sumado a la problemática ambiental presentada en el basurero municipal el carrasco, son las situaciones que motivan la realización del presente trabajo de investigación. El plan de manejo integral de residuos no se encuentra funcionando en su totalidad. Teniendo en cuenta el proceso de acreditación institucional es necesario generar estrategias institucionales para la gestión integral de los residuos sólidos. Una de las alternativas es el análisis y tratamiento de los residuos sólidos, con el fin de proponer su reutilización para el diseño de nuevos materiales compuestos, con estos nuevos materiales se propone diseñar mobiliario institucional para mejorar las condiciones de estudio y descanso de los estudiantes dentro de la institución.

En la primera etapa del proyecto se plantea la recolección y clasificación de los residuos sólidos generados en la institución, con el fin de identificar los materiales que se encuentran en mayor cantidad y de esta manera conocer los insumos con los que se cuentan para proponer la creación de nuevos materiales a partir de residuos sólidos.

Figura 2: Metodología del proyecto



Fuente: Autor

Avances Realizados:

En el año 2017 se realizó la caracterización mecánica de residuos sólidos de Polietileno Tereftalato PET, en las UTS, el cual hizo parte de un trabajo de grado de la Tecnología en Recursos ambientales.

Nombre del proyecto: Caracterización de residuos poliméricos PET generados en la sede principal de las UTS a partir de pruebas mecánicas como estrategia de aprovechamiento.

Resultados:

En la caracterización mecánica del material reciclado, por medio de pruebas de tensión, se encontró que el límite elástico del material se encuentra en 29MPa, la resistencia máxima 45MPa, el módulo de elasticidad 1.5MPa y la ductilidad máxima 39%.

Con estos valores se puede estimar el valor de la resistencia de un material compuesto de resina poliéster reforzado con fibras de PET reciclado, utilizando la regla de las mezclas. De esta manera se muestran diferentes alternativas para obtener un nuevo material compuesto, con diferentes porcentajes en masa de matriz y refuerzo. En la tabla 2 se pueden observar los valores del Módulo de elasticidad de un material compuesto con diferentes combinaciones de matriz y fibra. En la tabla 3 se muestran los valores de la resistencia última del mismo material compuesto. El módulo de elasticidad del material disminuye al aumentar el porcentaje de fibra en el material compuesto. La Resistencia última del material también disminuye al aumentar el porcentaje de fibra en el material compuesto. Es necesario aclarar que la aplicación de esta regla de las mezclas requiere un tratamiento del PET para obtener unas fibras lo suficientemente delgadas, y el procesamiento se debe realizar por medio de fibras paralelas.

Tabla 2: Aplicación de la regla de las mezclas para calcular el Módulo de elasticidad de un material compuesto de matriz de resina poliéster, reforzado con fibras de PET reciclado

Matriz	Fibra	Em=	Ef=	E= (MPa)
0.9	0.1	2760	1.41	2484.141
0.8	0.2	2760	1.41	2208.282
0.7	0.3	2760	1.41	1932.423
0.6	0.4	2760	1.41	1656.564
0.5	0.5	2760	1.41	1380.705

Fuente: (Autor)

Tabla 3: Aplicación de la regla de las mezclas para calcular la Resistencia última de un material compuesto de matriz de resina poliéster, reforzado con fibras de PET reciclado

Matriz	Fibra	Sm=	Sf=	S= (MPa)
0.9	0.1	120	40.77	112.077
0.8	0.2	120	40.77	104.154
0.7	0.3	120	40.77	96.231
0.6	0.4	120	40.77	88.308
0.5	0.5	120	40.77	80.385

Cronograma:

Actividades	Meses																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Análisis e identificación del problema	█	█	█	█																				
Recolección y Caracterización de residuos sólidos			█	█	█	█	█	█	█	█														
Diseño y caracterización de materiales compuestos							█	█	█	█	█	█	█	█	█									
Diseño de Procesos para materiales compuestos											█	█	█	█	█	█	█	█	█	█				
Diseño y construcción de mobiliario institucional													█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

Bibliografía:

Ashby M, S. H. (2007). *Materials engineering science processing and design*. Oxford: Elsevier.

Askeland, D. R., & Phulé, P. (2004). *Ciencia e ingeniería de los Materiales*. México: Thomson.

Equipo editorial de Tecnología del Plástico. (Agosto de 2012). *TECNOLOGIA DEL PLASTICO*. Obtenido de <http://www.plastico.com/temas/En-Colombia,-el-reciclaje-de-PET-botella-a-botella-tiene-futuro+3089010>

García, L., & Sánchez, Y. (2016). *Actualización del plan de gestión integral de residuos sólidos de las Unidades Tecnológicas de Santander sede Bucaramanga*. Bucaramanga.

Muñoz, M., Quintana, K., & Hidalgo, M. (2012). Análisis mecánico del compuesto Polietileno Aluminio reforzado con fibras cortas de fique en disposición bidimensional. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*(32), 89 - 95.

Myalski, J. S. (september - october de 2006). Influence of preparing of GFR recyclates on the properties of polyester matrix composites. *Journal of achievements in materials and manufacturing engineering*, 18(1 - 2).

Perez, M. A. (29 de Octubre de 2015). *Blogthinkbig.com*. Obtenido de <http://blogthinkbig.com/botella-agua-reciclable-servir-tras-uso-elemento-construccion/>

Schmauder S, S. I. (abril de 2016). Multiscale materials modeling. (Elsevier, Ed.) *Materials today*, 19(3), 130 - 131.

Valadez, A., Cervantes, M., Olayo, R., & Herrera, P. (1999). Effect of fiber surface treatment on the fiber-matrix bond strength of natural fiber reinforced composites. (Elsevier, Ed.) *Composites part B: engineering*, 30(9) - 320.

Villavicencio, M. (27 de Octubre de 2012). *Proyectotal*. Obtenido de <http://proyectotal.blogspot.com.co/2012/10/construccion-casas-de-plastico-con-pet.html>

Zubitur, M. (2009). *Materiales compuestos, Departamento de ingeniería química y medio ambiente, Escuela universitaria Politécnica de Donostia, Universidad del país Vasco, Euskal Herriko Unibertsitatea*. Obtenido de http://cvb.ehu.es/open_course_ware/castellano/tecnicas/materia_comp/Course_listing.html