

**APROVECHAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE ABS POST-CONSUMO EN LA
FABRICACIÓN DE AGLOMERADOS USANDO COMO CARGA CASCARILLA
DE ARROZ**



LINA JULIANA GONZÁLEZ RECALDE

CLAUDIA IRENE GONZÁLEZ SÁNCHEZ



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
BUCARAMANGA**

2010

**APROVECHAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE ABS POST-CONSUMO EN LA
FABRICACIÓN DE AGLOMERADOS USANDO COMO CARGA CASCARILLA
DE ARROZ**

LINA JULIANA GONZÁLEZ RECALDE

CLAUDIA IRENE GONZÁLEZ SÁNCHEZ

**Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de
Ingenieras Químicas**

Director de proyecto

JOSÉ CARLOS GUTIÉRREZ GALLEGO

Químico M. Sc

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS**

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

BUCARAMANGA

2010

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos:

A **Dios**, por darnos la sabiduría, salud y entendimiento de alcanzar esta nueva etapa de nuestras vidas y que nos sigas permitiendo crecer como personas espiritualmente, intelectualmente y moralmente.

A la **Universidad Industrial de Santander**, por la maravillosa oportunidad que nos dio al habernos acogido en su seno de formación y permitido crecer como personas.

A **José Carlos Gutiérrez Gallego**, Químico M.Sc., Director del trabajo de grado, por sus valiosas orientaciones, consejos y por todo su apoyo académico, intelectual y científico.

A **los técnicos**, que laboran en las escuelas de Ingeniería Química, Ingeniería Civil, Metalurgia, Diseño Industrial, Ingeniería Mecánica, Planta Física y especialmente al señor Rafael por su ayuda y disposición.

A **Guillermo**, Ingeniero Químico de la Escuela de Ingeniería Química, por su colaboración.

A todas aquellas personas que de una u otra forma, colaboraron o participaron en el desarrollo de este trabajo de grado.

DEDICATORIA

A Dios y nuestra querida madre María Santísima, por darme la sabiduría, fortaleza e inteligencia para dar este paso en la vida.

A mis padres por estar conmigo apoyándome en todo momento, porque sin la ayuda de ustedes no hubiese sido posible alcanzar esta meta.

A Jorge, porque aunque hemos tenido dificultades sé que cuento con su respaldo.

A la memoria de mi abuelita y mi tía, pues con sus sabios consejos me guiaron por el camino correcto.

A mi familia, que desde la distancia me brindó su cariño y me alentaron a seguir adelante.

A mis amigos de la universidad, con quienes compartí mis tristezas y alegrías, aciertos y desaciertos y se convirtieron en mi familia en esta ciudad antes desconocida para mí.

A Juliana mi compañera de proyecto y amiga por brindarme su compañía y colaboración a lo largo de la realización de este.

Claudia González

Dedicatoria

A Dios por permitirme vivir para que este sueño fuera una realidad.

A mi padre y abuelos que desde el cielo se que están orgullosos deseando lo mejor para mí y en su memoria he logrado realizar este proyecto.

A mi mamita, la mujer más hermosa, por su esfuerzo, dedicación, amor e incondicionalidad este triunfo es de las dos. La quiero mucho.

A mis hermanos Carlos y Ana por su apoyo y compañía siempre.

A Oscar, mi gran amor, a quien amo con todo mi corazón, gracias por su compañía, apoyo, incondicionalidad, buenos consejos y por el gran amor que me brinda todos los días. Te amo mucho.

A mis tíos Yomahyra, María Eugenia, Eduardo, Jorge, Patricia, Sandra, Carlos, Mauricio y Yaneth, por su confianza, apoyo, buenos consejos, cariño y colaboración siempre, son lo mejor los quiero mucho.

A mis tíos Humberto, Fabiola y Leonor por su colaboración y compañía.

A toda mi familia este triunfo es para ustedes, los quiero mucho.

A mis amigas Alexandra, Paola y Mildred, por brindarme su amistad incondicional durante tantos años y porque juntas logramos el sueño de ser profesionales.

A Sandra, Camilo, Alexander, Oscar y Claudia por brindarme su amistad y compañía, por todos los buenos y grandes momentos que compartimos en esta etapa, gracias por todo, mis mejores deseos hoy y siempre.

A Leyna, Ghina, Carito, Lina y Silvana por su compañía y apoyo.

A Claudia mi compañera y amiga de proyecto, por su dedicación, entrega, trabajo, compañía y confianza, junto con ella logramos este sueño y triunfo, mis mejores deseos de aquí en adelante.

Gracias a todos, por su confianza y colaboración siempre.

Lina Juliana González Recalde.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEÓRICO	3
1.1. AGLOMERADO	3
1.2. ACRILONITRILLO BUTADIENO ESTIRENO	3
1.2.1 Generalidades.	3
1.2.2. Propiedades químicas.....	4
1.3. CASCARILLA DE ARROZ	4
2. DESARROLLO EXPERIMENTAL.....	6
2.1. ACONDICIONAMIENTO DE LAS MATERIAS PRIMAS	7
2.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE ABS POST-CONSUMO.....	7
2.2.1. Espectroscopia de Infrarrojo.	7
2.1.2. Prueba de Beilstein.....	7
2.2. PRUEBAS DE SOLUBILIDAD	8
2.2.1. Solubilidad de ABS post-consumo en solventes orgánicos..	8
2.3. PREPARACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE ABS POST-CONSUMO EN EL SOLVENTE ELEGIDO	8
2.4. PREPARACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE ABS POST-CONSUMO-ES EN RESINA POLIÉSTER PREACELERADA	8
2.5. OBTENCIÓN DE AGLOMERADOS A PARTIR DE LA ABS-ES-RPP REFORZADA CON CASCARILLA DE ARROZ	9
2.6. CARACTERIZACIÓN DEL AGLOMERADO	9
2.6.1. Resistencia a la compresión.	9
2.6.2. Resistencia a la flexión.	9
2.6.3. Resistencia al Impacto.....	10
2.6.4. Determinación de la Densidad aparente.....	10

2.6.5. Resistencia a Agentes Químicos.	10
2.6.6. Prueba de Ignición.	10
2.6.7. Ensayo de absorción e hinchamiento en agua.	10
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS	11
3.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS	11
3.1.1. Prueba de Beilstein.	11
3.1.2. Espectroscopia Infrarrojo.	11
3.2. CARACTERIZACIÓN DE SOLUBILIDADES	12
3.3. PREPARACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE ABS POST-CONSUMO EN ESTIRENO.	13
3.4. PREPARACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE ABS-Es EN RESINA POLIÉSTER PREACELERADA.	14
3.5. OBTENCIÓN DE AGLOMERADOS A PARTIR DE LA ABS- Es-RPP REFORZADA CON CASCARILLA DE ARROZ	16
3.6. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGLOMERADOS.	19
3.6.1. Determinación de densidad aparente.	19
3.6.2. Resistencia a agentes químicos.:	19
3.6.3. Prueba de Ignición	20
3.6.4. Ensayo de absorción e hinchamiento en agua.	21
3.6.5. Resistencia a la compresión.:	22
3.6.6. Resistencia a la flexión.	23
3.6.7. Resistencia al impacto.	24
3.7. FORMULACIÓN DEL AGLOMERADO	25
4. CONCLUSIONES	26
5. RECOMENDACIONES	27
6. BIBLIOGRAFÍA	28
ANEXOS	31

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Procedimiento empleado en la investigación.	6
Figura 2. Variación de la densidad en los aglomerados	19
Figura 3. Ensayo de absorción de humedad	22
Figura 4. Ensayo de hinchamiento en agua	22
Figuras 5 y 6. Resultados obtenidos en la prueba a compresión.	23
Figuras 7 y 8. Resultados obtenidos en la prueba a flexión.	24
Figura 9. Resultados de ensayo a impacto	25
Figura 10. Estructura molecular del Acrilonitrilo Butadieno Estireno	35
Figura 11. Estructura molecular del Estireno	35
Figura 12. Estructura molecular de Resina Poliéster	35
Figura 13. Estructura molecular Naftenato de Cobalto	36
Figura 14. Estructura molecular MEK	36
Figura 15. Estructura molecular Dióxido de Silicio	36
Figura 16. Efecto Tyndall	41
Figura 17. IR ABS post-consumo	68
Figura 18. IR ABS puro	68
Figura 19. IR ABS-Es	69
Figura 20. IR RPP	69
Figura 21. IR ABS-Es-RPP	70

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Foto 1. ABS post-consumo	46
Foto 2. Cascarilla de arroz	46
Foto 3. Dispersión de ABS-RPP	46
Foto 4. Prueba de Beilstein	47
Foto 5. Comparación de polímeros ABS post-consumo vs PVC	47
Foto 6. Dispersión de ABS post-consumo en Acetona.	48
Foto 7. Dispersión de ABS post-consumo en Xileno.	48
Foto 8. Dispersión de ABS post-consumo en Tolueno.	48
Foto 9. Dispersión de ABS post-consumo en Estireno.	49
Foto 10. Dispersión con exceso de agente dispersante	50
Foto 11. Dispersión con exceso de agente disperso	50
Foto 12. Dispersión límite de ABS post-consumo en Estireno	51
Foto 13. Fraguado y corte transversal muestras con exceso de agente dispersante	52
Foto 14. Fraguado y corte transversal muestras con exceso de agente disperso	53
Foto 15. Fraguado y corte transversal de la ABS-Es-RPP límite	55
Foto 16. Muestras de aglomerados con cascarilla de arroz sin pulverizar	56
Foto 17. Muestras de aglomerados con mezcla de cascarilla de arroz sin pulverizar y pulverizada	57
Foto 18. Muestras de aglomerados con cascarilla de arroz pulverizada	60
Foto 19. Resistencia a Ácido Sulfúrico	62
Foto 20. Resistencia a Hidróxido de Sodio	62
Foto 21. Prueba de Ignición	63
Foto 22. Resistencia a la compresión.	64

Foto 23. Resistencia a la flexión	65
Foto 24. Resistencia al impacto	66
Foto 25. Molino de cuchillas	67
Foto 26. Equipo para impacto	67
Foto 27. Equipo para compresión y flexión	67

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características de la cascarilla de arroz	5
Tabla 2: Geometría de las muestras tomadas para el ensayo de compresión	9
Tabla 3: Geometría de las muestras tomadas para el ensayo de impacto	10
Tabla 4. Solubilidad de ABS post-Consumo en Solventes Orgánicos	12
Tabla 5. Dispersión de ABS post-consumo en Estireno	13
Tabla 6. Dispersión de ABS post-consumo en Estireno	14
Tabla 7. Formulación de la Dispersión de ABS Post-consumo en Estireno	14
Tabla 8. Dispersión de ABS-Es en RPP	15
Tabla 9. Formulación de la ABS-Es-RPP	15
Tabla 10. Aglomerados usando como carga cascarilla de arroz sin pulverizar.	16
Tabla 11. Aglomerados usando como carga cascarilla de arroz pulverizada y sin pulverizar.	17
Tabla 12. Aglomerados usando como carga cascarilla de arroz pulverizada.	18
Tabla 13. Pruebas de densidad	19
Tabla 14. Resistencia ataque químico (Soluciones acuosas de ácidos y bases)	20
Tabla 15. Porcentaje de absorción e hinchamiento en agua	21
Tabla 16. Resultados de ensayo a compresión	22
Tabla 17. Resultados de ensayo a flexión	24
Tabla 18. Formulación final del aglomerado	25
Tabla 19. Propiedades del ABS	37

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. GLOSARIO	31
ANEXO B. ESTRUCTURAS MOLECULARES	35
ANEXO C. MATERIAL TEÓRICO	37
ANEXO D. MATERIAS PRIMAS	46
ANEXO E. CARACTERIZACIÓN DE ABS POST-CONSUMO	47
ANEXO F. DISPERSIONES	48
ANEXO G. DISPERSIÓN DE ABS POST-CONSUMO EN ESTIRENO	50
ANEXO H. ABS-Es POST-CONSUMO EN RESINA POLIÉSTER PREACELERADA	52
ANEXO I. OBTENCIÓN DE AGLOMERADOS A PARTIR DE LA ABS-Es-RPP REFORZADA CON CASCARILLA DE ARROZ	56
ANEXO J. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGLOMERADOS	62
ANEXO K. EQUIPOS UTILIZADOS	67
ANEXO L. ANÁLISIS ESPECTROSCOPIA INFRARROJO	68
ANEXO M. NORMAS ASTM	71
ANEXO N. FICHAS DE SEGURIDAD	79

LISTA DE ABREVIATURAS

ABS	Acrilonitrilo Butadieno Estireno
ABS-Es	Dispersión de ABS Post-consumo en Estireno
ABS-Es-RPP	Dispersión de ABS post-consumo-Es en Resina Poliéster Preacelerada.
ASTM	American Society for Testing and Materials
CP	Cascarilla de arroz pulverizada
CSP	Cascarilla de arroz sin pulverizar
CV	Compuestos Volátiles
IR	Espectroscopia de infrarrojo
MEK	Peróxido de metiletilcetona
MOR	Módulo de Rotura
PVC	Policloruro de Vinilo
RPP	Resina poliéster preacelerada

RESUMEN

TÍTULO: APROVECHAMIENTO Y REUTILIZACIÓN DE ABS POST-CONSUMO EN LA FABRICACIÓN DE AGLOMERADOS USANDO COMO CARGA CASCARILLA DE ARROZ *

AUTORES: GONZÁLEZ RECALDE, Lina Juliana, y, GONZÁLEZ SÁNCHEZ, Claudia Irene **

PALABRAS CLAVES: ABS Post-consumo, matriz polimérica, cascarilla de arroz, material compuesto, carga.

DESCRIPCIÓN:

Con la finalidad de poder detener la tala inmoderada de árboles han surgido nuevos materiales sustitutos entre los que se destacan los materiales compuestos, estos son elaborados a partir de matrices poliméricas (polipropileno y poliéster, entre otros) y diversas cargas (fibras orgánicas, inorgánicas; naturales y sintéticas)

El trabajo consiste en la formulación de un material compuesto de matriz polimérica, en este caso el polímero es ABS Post-consumo proveniente de carcasa de televisor utilizando como carga cascarilla de arroz, debido a las buenas propiedades que exhibe este material además de ser un desecho ya que en estos tiempos de crisis se hace indispensable generar un producto con un importante aporte a la utilización de un residuo no aprovechable en este momento con el propósito de economizar recursos.

La formulación se realiza en dependencia de las propiedades a obtener en el material, es así como en esta investigación en primer lugar se ha estudiado la influencia de varios agentes dispersantes para el polímero objeto de estudio, en segundo lugar se tuvo en cuenta la calidad de las mezclas de la ABS-Es-RPP al modificar las composiciones involucradas en esta. Por último se ha elaborado un material el cual se ha sometido a diferentes pruebas físicas, químicas y mecánicas obteniéndose propiedades similares a las especificaciones comerciales

El propósito de obtención de estos materiales compuestos es el de lograr sustitutos de la madera con propiedades especiales que reditúen en beneficios en cualquiera de sus aplicaciones.

* Proyecto de Grado.

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: José Carlos Gutiérrez Gallego. Químico M. Sc.

ABSTRACT

TITLE: "PRODUCTION OF FLAKES FROM ABS PLASTIC POST-CONSUMPTION AND RICE HUSKS"

AUTHORS: GONZÁLEZ RECALDE, Lina Juliana, and, GONZÁLEZ SÁNCHEZ, Claudia Irene **

KEY WORDS: ABS post-consumption, polymeric matrix, rice husks, loads, composite material, loads.

DESCRIPTION:

The development of new substitute materials has come out because of the need to contribute to the tree felling. Compound / composite materials have been highlighted among them; these are produced from polymeric matrices (polypropylene and polyester among others) and diverse loads (organic, inorganic, natural and synthetic fibers)

The project consists in the formulation of a material composed of a polymeric matrix, in this case the polymer is ABS post-consumption originated from the television case using as load rice husks, because of their properties as well as the fact of being a waste. In addition to this, during these economical crises times, it is a fundamental fact to generate a product with an important contribution to reuse unusable residues in order to save resources.

The proposal is based on the properties to be obtained from the material. For that reason, first of all, along this research the influence of many dispersing agents for the analyzed polymer has been studied; secondly, the quality of the mixtures of the ABS-Es-RPP has been taken into account when modifying the involving compositions in these. Finally, a material, which has been exposed to different physical, chemistry and mechanical tests, has been created to obtain similar properties to the commercial specifications.

The purpose to obtain these composite materials is to achieve wood substitutes with special properties that yield profits in any kind of their applications.

* Degree Project.

** Physical-Chemistry Engineerings Faculty. Chemical Engineering School. Director: José Carlos Gutiérrez Gallego. Chemical M. Sc. .

INTRODUCCIÓN

El preocupante panorama de la acumulación de residuos sólidos en nuestro país, ha llevado a la pregunta si existen, entre estos desechos, materiales que puedan volver a ser utilizados, es de gran importancia establecer si los materiales recuperados son aptos para reciclarlos y evaluar las condiciones de procesamiento que permitan obtener productos útiles de estos materiales; por lo que se ha buscado implementar procesos productivos que aprovechen la gran cantidad de residuos orgánicos que produce la industria agrícola en Colombia, usándolos como refuerzo en materiales plásticos. Estos materiales compuestos reciben el nombre de compuestos de madera plástica o WPC por su sigla en inglés (Wood Polymer Composites).

Los materiales plásticos utilizados en este tipo de compuestos pueden provenir de un proceso de reciclaje, lo cual disminuye el costo de las materias primas empleadas. Por otro lado las fibras naturales que se utilizan como refuerzo constituyen un desperdicio de la industria agrícola. Tienen un bajo impacto ambiental ya que la utilización de este tipo de materiales promueve el reciclaje, aprovechando un desecho agroindustrial que evita la tala de bosques en la medida en que estos materiales se utilizan como reemplazo de la madera en algunas de sus aplicaciones.

Además los compuestos de madera plástica requieren menor mantenimiento que las maderas comunes, ya que no se ven afectados ni por la humedad ni por los insectos. Lo anterior los hace apropiados para aplicaciones en las cuales los productos se someten a condiciones ambientales severas.

Esta investigación se basa en la elaboración de aglomerados en la cual se seleccionó la mezcla de la dispersión de Acrilonitrilo Butadieno Estireno post-consumo (ABS) en estireno y Resina poliéster preacelerada que es utilizada como matriz polimérica; esta última es el agente de acoplamiento entre las fibras utilizadas como carga y el polímero, dichos materiales son de fácil adquisición y disponibilidad. También se busca establecer los principales parámetros de proceso que puedan incidir en las características del producto final.

El polímero se caracteriza por ser un plástico fuerte, tiene importantes propiedades en ingeniería, como buena resistencia mecánica y al impacto combinado con facilidad para el procesado. La mayoría de los plásticos ABS son no tóxicos e incoloros. A pesar de que no son altamente inflamables, mantienen la combustión. El ABS se destaca por combinar dos propiedades muy importantes como son la resistencia a la tensión y al impacto en un mismo material, además de ser un material liviano. Se utiliza comúnmente en aplicaciones automotrices, juguetería, en partes electrónicas como carcasas de televisores, radios, computadoras, ratones, impresoras.

Se seleccionó la cascarilla de arroz como materia prima para servir de refuerzo en el material compuesto. La selección se realizó principalmente por la alta oferta de esta fibra vegetal y porque sus características físicas y químicas se adaptan correctamente a las necesidades del proceso. Esta selección se llevó a cabo teniendo en cuenta que la utilización masiva de esta fibra en materiales compuestos en Colombia, puede representar una solución al problema ambiental que generan actualmente dichos desperdicios.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. AGLOMERADO

El desarrollo tecnológico de los materiales compuestos responde a la necesidad de mejorar las prestaciones de los materiales tradicionales y además de lograr una reducción de su peso. Los materiales compuestos se fabrican con la aportación de dos o más materiales simples. Al conjunto se le denomina material multifase. En este material destacan una o más propiedades características de las que aportan las fases constituyentes, de tal forma que del conjunto resulte la mejor combinación posible. ^[1] Lo más frecuente suele ser que esté formado por dos fases: la matriz que es continua y rodea a la otra fase que se denomina dispersa. Las propiedades resultantes dependen de las proporciones en las que participan la matriz y la fase dispersa.

Los materiales plásticos de naturaleza polimérica, permiten la dispersión de fibras en su masa dando lugar a materiales compuestos de matriz polimérica reforzados con fibras. Las fibras de refuerzo o fase dispersa en una matriz polimérica tienen como objeto soportar tanto como sea posible el esfuerzo aplicado al conjunto, mientras que a la matriz polimérica le corresponde transmitir de forma efectiva las solicitaciones al refuerzo. ^[2,3] Se fabrican distintos tipos de aglomerados en función del tamaño de las partículas empleadas, de su distribución por todo el tablero, así como por el adhesivo empleado para su cohesión. ^[4] El rasgo más importante de la interfase es la adhesión del material de la matriz al refuerzo. En ausencia de esta adhesión las fibras serán arrancadas de la matriz sin romperse, lo que anula el efecto del refuerzo. ^[5]

1.2. ACRILONITRILO BUTADIENO ESTIRENO

1.2.1 Generalidades. Aunque con frecuencia es considerada una sola materia termoplástica, el ABS está conformado por una familia de más de 15 diferentes

grupos de materiales de ingeniería, formada básicamente de tres diferentes monómeros acrilonitrilo, butadieno y estireno. ^[6] La sigla se deriva de los nombres de los tres monómeros utilizados para producir los polímeros de acrilonitrilo, butadieno y estireno. Las propiedades del producto resultante se basan en las proporciones y la estructura interna de los tres componentes. (Ver Anexo B. Figura 10.) ^[7]. Cada monómero contribuye con características únicas para el equilibrio global de la propiedad. El acrilonitrilo es responsable de la resistencia química, estabilidad al calor, y la estabilidad de envejecimiento. La dureza del producto, resistencia al impacto y bajas temperaturas de trabajo son aportadas por el butadieno. El estireno contribuye a la rigidez, la apariencia de la superficie (brillante), y procesabilidad. ^[8]

1.2.2. Propiedades químicas. Dentro de la variedad de termoplásticos el ABS es importante por sus balanceadas propiedades. La resistencia al impacto de los plásticos ABS se ve incrementada al aumentar el porcentaje de contenido en butadieno pero disminuyen entonces las propiedades de resistencia a la tensión y disminuye la temperatura de deformación por calor ^[9]. Excepto en películas delgadas, es opaco y puede ser de color oscuro o marfil y se puede pigmentar en la mayoría de los colores, obteniéndose partes lustrosas de acabado fino. La mayoría de los plásticos ABS son no tóxicos e incoloros. Pueden ser extruidos, moldeados por inyección, soplado y prensado. Generalmente los grados de bajo impacto son los que más fácil se procesan; los de alto impacto son más dificultosos porque al tener un mayor contenido en caucho los hace más viscosos. ^[8]. A pesar de que no son altamente inflamables mantienen la combustión. Hay algunos tipos auto extingüibles para cuando se requiere algún producto incombustible ^[10]. En la tabla 19 se presentan otras características (Ver Anexo C).

1.3. CASCARILLA DE ARROZ

La cascarilla de arroz es un subproducto de la industria molinera y que ofrece buenas propiedades para ser usado como sustrato hidropónico. Entre sus principales propiedades físico-químicas se tiene que es un sustrato orgánico de

baja tasa de descomposición, es liviano, de buen drenaje, buena aireación. El principal inconveniente que presenta la cascarilla de arroz es su baja capacidad de retención de humedad y lo difícil que es lograr el reparto homogéneo de la misma (humectabilidad) cuando se usa como sustrato único en camas o bancadas.^[14] Presenta un alto contenido de Dióxido de Silicio (SiO₂) (Ver Anexo B. Figura 15.), lo cual lo hace imposible de ingerir como alimento, además de contener un bajo contenido de celulosa (40 por ciento aproximadamente), presenta un valor nulo por ser desecho y no se le ha dado un uso adecuado para conferirle un valor agregado y por esto existe la factibilidad de poder utilizarlo como carga o relleno en una matriz polimérica, la cual es el medio donde se inunda la cascarilla de arroz, misma que está compuesta por miles de cadenas poliméricas y un polímero. En la tabla 1 se presentan algunas características de la cascarilla de arroz ^[15].

Densidad a granel	0,12-0,13 g/ml	Azufre	0,12-1,14%
Capacidad de Intercambio catiónico	2-3%	Hierro	200-400ppm
Retención de humedad	0,10-0,12L/L	Manganeso	200-800ppm
Nitrógeno	0,50-0,60%	Cobre	3-5 ppm
Fósforo	0,08-0,10%	Zinc	15-30 ppm
Potasio	0,20-0,40%	Boro	4-10 ppm
Calcio	0,10-0,15%	Cenizas	12-13%
Magnesio	0,10-0,12%	Sílice(SiO₂)	10-12%
Fibra (celulosa)	39,05%	Lignina	22,80%
Proteínas	3.56%	Extracto no nitrogenado	6.60%

Tabla 1. Características de la cascarilla de arroz

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL

En primer lugar se hizo un planteamiento del diseño de experimentos en base a: 1. Cantidad de agente dispersante en la ABS-Es; 2. Cantidad de ABS-Es en RPP para un total de 23 pruebas. Por otro lado con el fin de llegar a la formulación final del composito se realizaron un total de 22 pruebas en donde se fue variando la cantidad de cascarilla y el porcentaje de ABS-Es-RPP, en estas muestras también hubo variación del estado físico de la cascarilla; determinando las mejores propiedades físico-químicas y físico-mecánicas de los aglomerados obtenidos.

Se hicieron pruebas preliminares de solubilidad en diferentes solventes y análisis de espectroscopia IR de ABS post-consumo proveniente de carcasas de televisor. Una vez caracterizado el ABS post-consumo se estimó la cantidad de ABS disperso en el solvente elegido, donde posteriormente esta dispersión fue mezclada con resina preacelerada hasta encontrar el punto máximo de aceptación de ABS-Es en RPP, posteriormente se prepararon varias formulaciones de la dispersión anterior con cascarilla de arroz. La figura 1, describe el procedimiento llevado a cabo para la realización del proyecto.

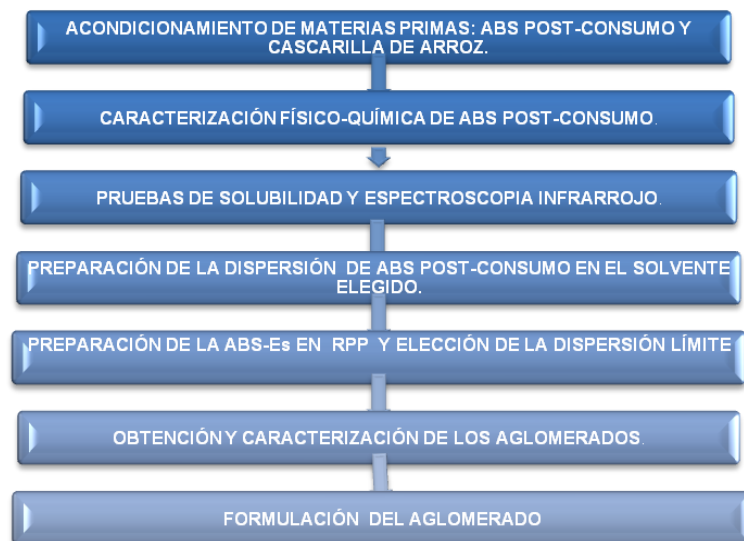


Figura 1. Procedimiento empleado en la investigación.

2.1. ACONDICIONAMIENTO DE LAS MATERIAS PRIMAS

Esta parte del procedimiento fue realizada en el Laboratorio de Procesos de la Escuela de Ingeniería Química y en el Laboratorio de Química Industrial de la Escuela de Química de la UIS. Utilizando un molino de cuchillas fueron triturados tanto el ABS originario de carcasas de televisor como la cascarilla de arroz hasta reducir su tamaño de partícula a 1 mm. Posteriormente se secó la cascarilla de arroz en una estufa para extraerle el contenido de humedad a una temperatura de 100°C durante 5 horas, ya que al tener la ABS-Es-RPP un carácter hidrofóbico la humedad proveniente del material lignocelulósico impediría la adherencia entre las fibras y la matriz polimérica.

2.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE ABS POST-CONSUMO

2.2.1. Espectroscopia de Infrarrojo. Prueba realizada en la Escuela de Ingeniería Química de la UIS. Fue utilizado un infrarrojo SHIMADZU FTIR 84005 mediante el método de transformada de Fourier, SCAN 10, resolución 4, portamuestra en celda de KBr en un rango de medición de 400-4000 cm⁻¹. La espectrometría de infrarrojo es la medición de longitud de onda e intensidad de la absorción de luz infrarroja cercana; esta luz tiene energía suficiente para excitar sobretonos y combinaciones de vibraciones moleculares a altos niveles de energía. La espectroscopia es usada para medición cuantitativa de grupos funcionales orgánicos, especialmente O-H, N-H y C=O. Todos estos métodos nos permiten observar la complejidad de los elementos que intervienen en la composición del material examinado, las variaciones que experimentan durante los procesos a los que fueron sometidos y la semejanza física y química de muchos de ellos.

2.1.2. Prueba de Beilstein. Prueba realizada en el Laboratorio de Química Industrial de la Escuela de Química de la UIS, con el objetivo de descartar la presencia de compuestos halogenados en la muestra de ABS post-consumo. Se

calentó el dispositivo utilizado que consiste de un alambre de cobre para eliminar los compuestos volátiles que pudiera presentar dejándolo tiempo después a temperatura ambiente, realizando luego el montaje hecho anteriormente pero con la muestra objeto de estudio; este ensayo tiene como fundamento la reacción que se da entre el óxido de cobre y el polímero, que se evidencia en un cambio en la coloración de la llama; si ésta es de color verde significa que es un compuesto halogenado, los solventes clorados son los que le proporcionan esta coloración.

2.2. PRUEBAS DE SOLUBILIDAD

Todas las pruebas concernientes a esta parte de la investigación fueron realizadas en el Laboratorio de Química Industrial de la Escuela de Química de la UIS.

2.2.1. Solubilidad de ABS post-consumo en solventes orgánicos. Se dispuso de 4 recipientes de vidrio donde se adicionó 1 gramo de ABS post-consumo en un volumen de 5 ml de Acetona, Xileno, Tolueno y Estireno.

2.3. PREPARACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE ABS POST-CONSUMO EN EL SOLVENTE ELEGIDO

Se inició la fase de dispersión límite con ABS post-consumo luego de haber identificado como solvente adecuado el Estireno. Se tomó un volumen constante de Estireno de 8 ml modificando la cantidad en peso de ABS post-consumo hasta llegar al punto de máxima dispersión.

2.4. PREPARACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE ABS POST-CONSUMO-ES EN RESINA POLIÉSTER PREACELERADA

Se hicieron 9 mezclas ABS-Es-RPP con un peso total de 5g para diferentes porcentajes peso a peso los cuales fueron: 5:95, 10:90, 15:85, 20:80, 30:70, 32.5:67.5, 35:65, 40:60, 50:50; seguidamente se adicionó un volumen constante de MEK con el fin de observar el comportamiento de cada una de ellas y así obtener el valor de concentración apropiado para que la ABS-Es-RPP tenga las características indicadas para el proceso. En todas las muestra se hizo necesario

realizar una buena y perfecta agitación antes y después de la adición de MEK, esto con el fin de obtener una mezcla totalmente homogénea pues el MEK quedará disuelto en todos los puntos de la dispersión dándose satisfactoriamente el proceso de polimerización.

2.5. OBTENCIÓN DE AGLOMERADOS A PARTIR DE LA ABS-Es-RPP REFORZADA CON CASCARILLA DE ARROZ

Se prepararon mezclas de CP, CSP y mezcla de estas dos junto con la ABS-Es-RPP; modificando las cantidades de los componentes mencionados anteriormente, adicionando un volumen constante de MEK y sometiendo a la mayoría de las pruebas a una fuerza de 0,5 toneladas durante 20 minutos en una prensa hidráulica de laboratorio marca CARVER modelo C serie No 22576-514.

2.6. CARACTERIZACIÓN DEL AGLOMERADO

Inicialmente se eligieron tres muestras de acuerdo a la adherencia, compactación, rigidez, dureza, número de fallas y la cantidad de resina utilizada a las cuales se les realizó diferentes tipos de ensayos. Los ensayos concernientes a compresión, flexión e impacto fueron llevados a cabo en el laboratorio de resistencia de materiales de la escuela de Ingeniería Civil de la UIS.

2.6.1. Resistencia a la compresión. Las probetas realizadas se fallaron en la máquina universal de ensayos Amsler de acuerdo a la norma ASTM D 695. (Ver Anexo M). La geometría de las muestras fue cilíndrica cuyas dimensiones utilizadas para este ensayo se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Geometría de las muestras tomadas para el ensayo de compresión

MUESTRA	DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	ÁREA (mm ²)
3(60:40)	28	42	615.75
4(55:45)	28	46	615.75
5(50:50)	28	48	615.75

2.6.2. Resistencia a la flexión. Las probetas que se ensayaron en la máquina universal Amsler fueron de geometría rectangular cuyas dimensiones se muestran en la tabla 18 de resultados, de acuerdo a la norma ASTM D 790(Ver Anexo M).

2.6.3. Resistencia al Impacto. Realizada en el equipo de péndulo Charpy. Se elaboraron probetas rectangulares cuyas dimensiones se muestran en la tabla 3 de acuerdo a la norma ASTM D 256(Ver Anexo M).

Tabla 3: Geometría de las muestras tomadas para el ensayo de impacto

MUESTRA	LARGO(mm)	ANCHO (mm)	ALTO(mm)	ÁREA (mm ²)
3(60:40)	100	20	14	280
4(55:45)	100	20	16	320
5(50:50)	100	20	16	320

Las siguientes pruebas fueron realizadas en el Laboratorio de Química Industrial de la Escuela de Química de la UIS.

2.6.4. Determinación de la Densidad aparente. Se determinó una densidad aparente del material a través de mediciones físicas pesando las probetas y determinándoles el volumen por principio de Arquímedes.

2.6.5. Resistencia a Agentes Químicos. Se preparó una solución de ácido sulfúrico con una concentración P/P del 10%, y una solución de hidróxido de Sodio con la misma concentración para determinar la resistencia del material en contacto con agentes químicos.

2.6.6. Prueba de Ignición. Las muestras de los aglomerados obtenidos se sometieron a una llama por medio de un mechero FISHER, donde se analizó el comportamiento de las muestras en contacto con la llama.

2.6.7. Ensayo de absorción e hinchamiento en agua. Se sumergieron las muestras elegidas con porcentaje en peso de CP-ABS-Es-RPP 50:50, 45:55, 40:60 en un vaso de precipitados de 80 ml de agua a condiciones estándar de presión y temperatura, se tomó diferentes tiempos en donde se les quitó el líquido con un paño seco, se midió su espesor y se determinó su peso en una balanza analítica, luego se volvieron a poner en contacto con el agua repitiendo el procedimiento anterior.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS

3.1.1. Prueba de Beilstein. Al poner el polímero en el alambre y someterlo a calentamiento éste inicialmente se deformó y fluyó lo que significa que tiene un comportamiento propio de un polímero termoplástico; la llama fue incandescente y fulgente, no se auto extinguió, no presentó exceso de humo, su color fue amarillo intenso, lo que significa que no hay presencia de PVC en la muestra, esta llama es característica de materiales que contienen ABS en su estructura. Tras haberse fundido el polímero se detectó en el alambre la presencia de un residuo blanco, esto probablemente porque presenta carga inorgánica no combustible. Con esta prueba se concluye que el polímero es bastante inflamable, tiene un alto contenido de carbono, es termoplástico y no tiene compuestos halogenados. (Ver Anexo E. Foto 4 y 5)

3.1.2. Espectroscopia Infrarrojo. En los espectros FTIR obtenidos (Ver Anexo L, Figuras 17-21) se presentan las señales características de las muestras correspondientes a: el ABS, la ABS-Es y la ABS-Es-RPP. También se realizó con los espectros una comparación de bandas características con el fin de determinar posibles enlaces que aparecen en las dispersiones. Como bandas características en IR de ABS-Es se desatacan con mayor intensidad las bandas de absorción a 2245 cm^{-1} debidas a la vibración de tensión por parte del $\text{C}\equiv\text{N}$, entre $2000\text{-}1667\text{ cm}^{-1}$; $770\text{-}730\text{ cm}^{-1}$ y 710 y 690 cm^{-1} se presentan absorciones fuertes aspecto típico de los compuestos aromáticos; también se evidencian 3 bandas vecinas a 3030 cm^{-1} propias de aromáticos monosustituídos, a 1580 cm^{-1} se presenta una banda propia de un aromático monosustituído pero cuando el anillo se halla conjugado en grupos no saturados, a $995\text{-}985\text{ cm}^{-1}$ se presenta banda de deflexión C-H fuera del plano de los alquenos propias del ABS puro y ABS post-consumo. En el IR de RPP se destacan a 1735 cm^{-1} estiramiento de $\text{C}=\text{O}$ fuerte, entre $1300\text{-}1050\text{ cm}^{-1}$ y $1275\text{-}1185\text{ cm}^{-1}$ vibraciones asimétricas del éster C-O-C,

a $1160-1050\text{ cm}^{-1}$ estiramiento simétrico del éster C-O-C, entre $2000-1667\text{ cm}^{-1}$; $770-730\text{ cm}^{-1}$ y 710 y 690 cm^{-1} se presentan absorciones fuertes aspecto típico de los compuestos aromáticos, a 2930 cm^{-1} estiramiento de C-H asimétrico, a 2850 cm^{-1} estiramiento de C-H simétrico, a 1470 cm^{-1} flexión de C-H aguda, a $1350-1151\text{ cm}^{-1}$ torsión de C-H y en $1100-700\text{ cm}^{-1}$ balanceo por parte del C-H, reflejadas de un forma más significativa en IR de ABS-Es-RPP. Mediante el análisis anterior se pudo comprobar que la ABS-Es presenta una fuerte influencia de los grupos aromáticos, donde se ven reflejados los mismos patrones de banda en el ABS post-consumo; además en la ABS-Es-RPP está fuertemente reflejada la influencia del grupo éster.

3.2. CARACTERIZACIÓN DE SOLUBILIDADES

Tabla 4. Solubilidad de ABS post-Consumo en Solventes Orgánicos

SOLVENTE	RELACIÓN SOLVENTE-ABS POST-CONSUMO (%p/p)	Solubilidad $25\pm 2^\circ\text{c}$
Acetona	80:20	Dispersable
Xileno	80:20	Dispersable
Tolueno	80:20	Dispersable
Estireno	80:20	Dispersable

Es evidente que debido al alto peso molecular del polímero objeto de estudio las moléculas de soluto no presentaron una distribución uniforme en el disolvente por lo que no se formaron soluciones verdaderas, en cambio se obtuvieron sistemas dispersos que exhibieron el efecto de Tyndall ((Ver Anexo C. Figura 16). Son sistemas dispersos heterogéneos de tipo coloidal ya que el agente dispersante se encuentra en estado líquido y la fase dispersa se encuentra en estado sólido. Para el caso en que fue empleado como agente dispersante Tolueno, Xileno y Estireno, estos sistemas presentaron un comportamiento liofílico coherente, debido a que la interacción que se dio entre soluto y disolvente fue bastante fuerte, se puede decir que son termodinámicamente estables porque se produce una reducción en la energía libre de Gibbs cuando el soluto se dispersa, no reflejando una clara diferencia entre las dos fases como para proporcionar suficiente energía y fragmentar la fase dispersa; en dichas muestras tuvo lugar la

dispersión de las fracciones más pesadas del polímero, la solubilización de las fracciones de bajo peso molecular quedando insolubles y no dispersas los pigmentos y carga presentes en la materia prima. (Ver Anexo F. Foto 7,8 y 9).

Al utilizar como agente dispersante la Acetona las moléculas del polímero se reticularon química y físicamente, enredándose de tal forma que generaron una red tridimensional, por lo que la dispersión fue de tipo liofóbico es decir es un sistema inestable dado que las partículas se agregaron y no permanecieron en contacto con el disolvente disminuyendo al máximo la energía libre del sistema. (Ver Anexo F. Foto 6)

Se ha elegido el Estireno como solvente ya que fue con él que se dispersó mayor cantidad de ABS post-consumo, esta dispersión tiene usos industriales ya que el Estireno participa activamente en la polimerización de la resina poliéster y queda incorporado en las cadenas del producto final, siendo ésta utilizada como matriz polimérica en la fabricación de aglomerados; cosa que no ocurre con el Acetona, Xileno y Tolueno porque no polimerizan con la resina poliéster. (Ver Anexo F. Foto 9)

3.3. PREPARACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE ABS POST-CONSUMO EN ESTIRENO

En las muestras con un contenido de ABS post-consumo entre 0.1g y 3 g, se evidencia un exceso de agente dispersante por lo que son muestras que tienen disperso menos soluto del que puede dispersar el solvente es decir se admite una mayor cantidad de ABS post-consumo en el solvente, por lo tanto estas muestras no son tenidas en cuenta para la siguiente fase. (Ver Anexo G. Foto 10)

Tabla 5. Dispersión de ABS post-consumo en Estireno

Muestra (#)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Peso ABS (g)	0.1	0.3	0.5	0.7	1	1.5	2	2.5	3

Al aumentar el tamaño de la fase dispersa aumenta el área de contacto entre el medio y las partículas cuando ésta es elevada desmejora las propiedades y

desestabiliza el sistema, por esta razón se descartan a partir de la muestra 11, debido a que estas contienen más soluto que la cantidad soportada en condiciones de equilibrio por el disolvente, son por lo tanto dispersiones muy inestables. (Ver Anexo G. Foto 11)

Tabla 6. Dispersión de ABS post-consumo en Estireno

Muestra (#)	10	11	12	13	14
Peso ABS(g)	3.5	4	4.5	5	6

Con la muestra 10 se logró el punto de dispersión límite, ya que existe un equilibrio entre la fase interna y el medio presente en la dispersión siendo la adecuada en comparación con las muestras anteriores. La siguiente formulación refleja la proporción de lo expuesto anteriormente a una temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$. (Ver Anexo G. Foto 12)

Tabla 7. Formulación de la Dispersión de ABS Post-consumo en Estireno

Componente	Concentración (%p/p)
ABS Post-consumo	35%
Estireno	65%

3.4. PREPARACIÓN DE LA DISPERSIÓN DE ABS-Es EN RESINA POLIÉSTER PREACELERADA

En todas las muestras se presentan dos fases claramente diferenciadas, por lo que al mezclar la RPP que es una solución con la ABS-Es, se obtuvo una dispersión coloidal, en donde el grado de dispersión de la fase dispersa (ABS-Es) es bajo disminuyendo la estabilidad del sistema desencadenando en la separación de la fase dispersa, debido a la complejidad de la mezcla ya que en general los polímeros tanto el poliéster como el ABS no tienen un peso molecular único sino que su peso está reportado en la literatura como un promedio ponderado, ésta presenta las características de un sistema incoherente no solvatable, en este caso el agente dispersante es la RPP que es la fase más densa del sistema. (Ver Anexo D. Foto 3). Con la incorporación de MEK a la mezcla se presenta el proceso de gelado, ya que al polimerizar y entrecruzarse las

cadena se incrementa la viscosidad y se forma un gel, al avanzar el proceso éste se transforma en un sólido que atrapa la carga dispersa en él.

Tabla 8. Dispersión de ABS-Es en RPP

Muestra (#)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cantidad de ABS-Es (g)	0.25	0.5	0.75	1	1.5	1.625	1.75	2	2.5
Cantidad de RPP (g)	4.75	4.5	4.25	4	3.5	3.375	3.25	3	2.5
%P/P ABS-Es	5	10	15	20	30	32.5	35	40	50
%P/P RPP	95	90	85	80	70	67.5	65	60	50

En la tabla 8 se aprecia las diferentes cantidades tomadas; al aumentar el %P/P de ABS- Es en la mezcla aumentó el tiempo de fraguado; por esta razón se descarta desde la muestra No 6 en adelante ya que son muestras que presentan varias fases poco tiempo después de haber adicionado el MEK, estas fases no son compactas en la parte superior; no hay un completo fraguado en todas las fases, por esto el proceso de polimerización es más lento e incompleto haciendo que estos porcentajes de ABS-Es en la RPP no sean los adecuados para la fabricación de aglomerados. (Ver Anexo H. Foto 14)

De las muestras 1 a la 4, se observó uniformidad en la mezcla, el tiempo de polimerización fue menor. Las características físicas de cada una de ellas son buenas, hay una adecuado proceso de gelado; pero son muestras que tienen una cantidad de ABS-Es baja, por lo que se incrementarían los costos del proceso al tener que usar una mayor cantidad de RPP, por esta razón se ha elegido la muestra 5, ya que ésta exhibe buenas propiedades físicas, su tiempo de fraguado es moderado comparado con las otras muestras, además tiene la máxima cantidad de ABS-Es permisible donde no hay la presencia de dos fases. (Ver Anexo H. Foto 13). Su formulación se muestra en la tabla 9.

Tabla 9. Formulación de la ABS-Es-RPP

Componente	Concentración (%p/p)
ABS-Es	30%
RPP	70%

Se hizo un corte transversal a las muestras el cual evidenció que la elección de la muestra 5 fue la mejor, ya que las anteriores tienen una buena apariencia no poseen poros, su estructura es homogénea, pero poseen una gran cantidad de RPP, con las muestras siguientes a la muestra 5, al realizar el corte se observó la presencia de varias fases y la aparición de porosidades de gran tamaño; en algunas de ellas no se pudo realizar el corte debido a la incompleta polimerización de la muestra. (Ver Anexo H. Foto 15)

3.5. OBTENCIÓN DE AGLOMERADOS A PARTIR DE LA ABS- Es-RPP REFORZADA CON CASCARILLA DE ARROZ

En la tabla 10 se presentan las proporciones utilizadas en la elaboración de aglomerados, usando como carga cascarilla de arroz sin pulverizar.

Tabla 10. Aglomerados usando como carga cascarilla de arroz sin pulverizar.

MUESTRA	1	2	3	4
PESO CASCARILLA (g)	5	5	4.5	15
PESO ABS-RP (g)	10	10	10.5	45
PESO TOTAL (g)	15	15	15	60
% P/P CASCARILLA	33.3	33.3	30	25
% P/P ABS-RP	66.7	66.7	70	75
FUERZA (ton met)	1.1	2	2	0.5
TIEMPO (h)	0.67	2	1	0.5

En todas las muestras anteriores se dificulta el empaquetamiento compacto a pesar de realizar el proceso a un tiempo y una presión mayor a lo estipulado, hecho que se evidencia porque no hay una distribución homogénea de las fibras en la matriz polimérica, aparecen como consecuencia zonas con espacios vacíos dificultando la penetración de la ABS-Es-RPP en las fibras por lo que se presenta poca adherencia y aglutinación de la mezcla matriz polimérica-cascarilla de arroz; esto se ve influenciado básicamente por el tamaño de las fibras de cascarilla de arroz puesto que con un menor tamaño de éstas mayor será su distribución homogénea en la matriz polimérica disminuyendo así el tamaño de poro. Por ende

estas muestras son descartadas porque presentan un bajo grado de compactación y una notable fragilidad lo que hace que sean inadecuadas para posteriores aplicaciones. (Ver Anexo I. Foto 16). Se probó con formulaciones que contenían mezcla de cascarilla de arroz pulverizada y sin pulverizar. Las condiciones y características de las muestras se observan en la tabla 11. Cabe anotar que todas ellas tienen un peso total de 10g y fueron sometidas a una carga de 0.5 ton durante 20 min.

Tabla 11. Aglomerados usando como carga cascarilla de arroz pulverizada y sin pulverizar.

MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
PESO CSP(g)	2	1	1.6	1.2	2.5	1.25	2	1.5	1	0.5	0.6
PESO CP (g)	2	3	2.4	2.8	2.5	3.75	3	3.5	4	4.5	5.4
PESO ABS-RP (g)	6	6	6	6	5	5	5	5	5	5	4
% P/P CSP	20	10	16	12	25	12.5	20	15	10	5	6
% P/P CP	20	30	24	28	25	37.5	30	35	40	45	54
% P/P ABS-RP	60	60	60	60	50	50	50	50	50	50	40

Las muestras que exhibieron una mejor compactación en su estructura son las que tienen un porcentaje de fibras de CP alto, ya que al aumentar el porcentaje de fibras de CP en la mezcla y a su vez disminuir el porcentaje de las fibras de CSP en la misma, las fibras de CP logran llenar los espacios vacíos que dejan las fibras de CSP; así se disminuye la porosidad y a su vez el agrietamiento aumentando el grado de empaquetamiento compacto. Con esto se logra un mejor acoplamiento entre todos los componentes de la mezcla pero aún se hicieron evidentes grietas profundas en cada una de las muestras obtenidas, por lo que se descartan y no se llevan a la siguiente fase. (Ver Anexo I. Foto 17)

Se procedió a realizar ensayos con CP debido al buen comportamiento que se presentó con las muestras anteriores en cuanto a compactación, humectación y adherencia con la ABS-Es-RPP; las condiciones de cada uno de ellos se observan en la tabla 12. Cada una de ellas fue sometida a una carga de 0.5 toneladas durante 20 minutos y un peso total de muestra de 10 gramos.

Tabla 12. Aglomerados usando como carga cascarilla de arroz pulverizada.

MUESTRA	1	2	3	4	5	6	7
PESO CP(g)	3	3.5	4	4.5	5	6	7
PESO ABS-Es-RPP(g)	7	6.5	6	5.5	5	4	3
%P/P CP	30	35	40	45	50	60	70
%P/P ABS-Es-RPP	70	65	60	55	50	40	30

Las muestras 6 y 7 por tener un bajo porcentaje de ABS-Es-RPP manifestaron una nula adherencia entre las fibras, ya que el exceso de fibras de CP en la mezcla, hace que la ABS-Es-RPP no las logre inundar completamente, quedando fibras sueltas que llevaron a la rotura inmediata de estos ensayos. Hecho contrario se observó en las muestras 1 a 5 donde la compactación fue buena obteniendo un material rígido con un muy bajo nivel de agrietamiento; pero presentándose en las muestras 1 y 2 gran exudación de ABS-Es-RPP que conllevó a la pérdida de este material; pero con las muestras 3, 4 y 5 se obtuvieron casi las mismas características visibles en estos materiales, con una cantidad de ABS-Es-RPP menor. En todas estas muestras es claro que hubo una mejor impregnación de la ABS-Es-RPP en la CP, esto debido a que la CP por tener un tamaño de partícula menor con relación a la CSP la ABS-Es-RPP logró cubrir todos los espacios entre las partículas de la cascarilla, obteniéndose muestras de un mejor aspecto visible comparadas con las obtenidas con la mezcla de CP-CSP y CSP.

Se tuvieron en cuenta varios parámetros para la escogencia de las muestras y realizar pruebas físico-químicas y físico-mecánicas las cuales permitieron decidir la formulación final del aglomerado con las mejores características, estas fueron:

1. Grado de Compactación: Las muestras elegidas mostraron un grado de adherencia entre sus partículas alto;
2. Rigidez: La estructura de las probetas reflejó un comportamiento duro y resistente;
3. Nivel de agrietamiento: Las muestras seleccionadas correspondieron a aquellas con un nivel nulo o bajo de grietas en su configuración, y de esta forma no se vieron afectadas las propiedades mecánicas del aglomerado. Teniendo en cuenta lo anterior se escogieron las muestras 3, 4 y 5 de las cuales se eligió la muestra con la formulación final. (Ver Anexo I. Foto 18)

3.6. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGLOMERADOS.

3.6.1. Determinación de densidad aparente. Los resultados se consignan en la tabla 13:

Tabla 13. Pruebas de densidad

Muestra	3	4	5
Masa (g)	11.7	9.8	9.8
Volumen (ml)	10	10	10
Densidad (g/ml)	1.17	0.98	0.98

Una característica primordial de los aglomerados es que deben tener una baja densidad, ya que así se permiten diseñar componentes ligeros y de buena rigidez. La figura 2 muestra que la cantidad de ABS-Es-RPP es directamente proporcional a la densidad, pues hay un mejor empaquetamiento de las fibras de CP lo que disminuye los espacios vacíos de la probeta aumentando así su densidad caso contrario ocurre con el contenido de CP ya que presenta un comportamiento inversamente proporcional respecto a la densidad, por lo que cuando hay un mayor contenido de CP disminuye el contenido de ABS-Es-RPP habiendo de esta manera una menor humectabilidad de las fibras aumentando los espacios vacíos que conllevan a que haya una menor densidad. Cuando la cantidad de ABS-Es-RPP es la misma que la cantidad de CP el valor de la densidad no varía, en este punto hay un equilibrio entre los componentes del aglomerado.

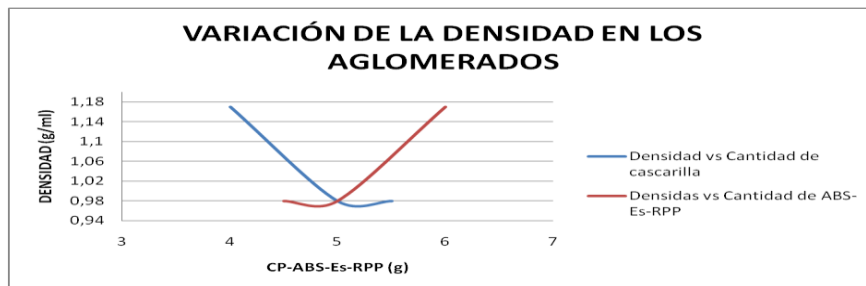


Figura 2. Variación de la densidad en los aglomerados

3.6.2. Resistencia a agentes químicos. Este ensayo se calificó tomando los ácidos y bases más fuertes como lo son ácido sulfúrico e hidróxido de sodio. De

acuerdo con los cambios aparentes de textura, color, presencia de hinchamiento. Dicho comportamiento es presentado en la tabla 14:

Tabla 14. Resistencia ataque químico (Soluciones acuosas de ácidos y bases)

Muestra	AGENTE QUÍMICO. ÁCIDO SULFÚRICO 10%	AGENTE QUÍMICO. HIDRÓXIDO DE SODIO 10%
3	No hay disgregación del material. No hay cambio de color	Disgregación parcial, que con el paso del tiempo se vuelve total. Cambio de color Cambio de olor
4	No hay disgregación del material. No hay cambio de color	Disgregación mínima del material. No hay cambio notorio en sus propiedades físicas.
5	No hay disgregación del material. No hay cambio de color	Disgregación total Hinchamiento Cambio notable de color Cambio notable en el olor

La lignina y la celulosa componentes principales de la cascarilla de arroz al estar sometidas al medio ácido exhiben gran resistencia en su estructura química que se ve reflejada en su apariencia, hecho que es evidente en la no variación de cambios físicos y químicos en la estructura de cada una de las muestras sin importar el tiempo de exposición, además el agente aglomerante también exhibe una gran resistencia a este tipo de ácido. Hecho contrario ocurre cuando el aglomerado es sometido al ataque por una base, ya que a pesar que el ABS presenta entre sus propiedades químicas gran resistencia a las bases fuertes, es evidente la degradación de la celulosa por parte de las soluciones alcalinas, este ataque incluye no solo la ruptura de la estructura supramolecular sino que ocurre el hinchamiento e inserción de los grupos químicos de la solución los cuales rompen los enlaces intermoleculares y solvatan las moléculas simples siendo el cambio más notorio en la muestra 5. (Ver Anexo J. Foto 19 y 20)

3.6.3. Prueba de Ignición. En las muestras se observó que la llama de combustión del material no se auto-extingue fácilmente a mayor contenido de

ABS-Es-RPP en el aglomerado; en todas las muestras no se generan residuos ni sólidos de combustión, la llama generada es fuliginosa y de un color amarillo intenso esto es propio de materiales termoplásticos. La llama es auto-extinguible, por el hecho de que la cascarilla de arroz presenta un comportamiento ignífugo, es decir que no inicia fácilmente la combustión y no produce llama mientras se quema, esto hizo que se presentara una difícil combustión continua y completa; durante el proceso de combustión se produce gran cantidad de humo, con desprendimiento de gases y olores penetrantes esto debido a la presencia de sustancias volátiles como el Estireno. La cantidad de humo producida es proporcional a la cantidad de resina contenida en el aglomerado. (Ver Anexo J. Foto 21)

3.6.4. Ensayo de absorción e hinchamiento en agua. En la tabla 15 se presentan los resultados pertenecientes a la prueba de absorción e hinchamiento en agua.

Tabla 15. Porcentaje de absorción e hinchamiento en agua

MUESTRA	TIEMPO (h)	Ps (g)	PH (g)	%Abs	es (mm)	eH (mm)	%Hinch
3(60:40)	48	13,8	16,8	21,74	21	22	4,76
	96	13,8	17	23,19	21	22	4,76
	120	13,8	17	23,19	21	22	4,76
	144	13,8	17,1	23,91	21	22	4,76
	153	13,8	17,2	24,64	21	22	4,76
4(55:45)	48	10	13,5	35,00	19	20	5,26
	96	10	13,8	38,00	19	20	5,26
	120	10	14	40,00	19	20	5,26
	144	10	14	40,00	19	20	5,26
	153	10	14,2	42,00	19	20	5,26
5(50:50)	48	11,5	16	39,13	16	17	6,25
	96	11,5	16,2	40,87	16	17	6,25
	120	11,5	16,5	43,48	16	17	6,25
	144	11,5	16,8	46,09	16	17	6,25
	153	11,5	16,9	46,96	16	17	6,25

En las figuras 3 y 4 se aprecia que debido al carácter hidrofílico que posee la cascarilla de arroz, a mayor concentración de ésta mayor será su porcentaje de absorción y por tanto su porcentaje de hinchamiento; caso contrario ocurre con las muestras con una concentración de ABS-Es-RPP alta ya que a mayor concentración de ésta menor será su porcentaje de absorción e hinchamiento, esto por su carácter hidrofóbico.

Figura 3. Ensayo de absorción de humedad

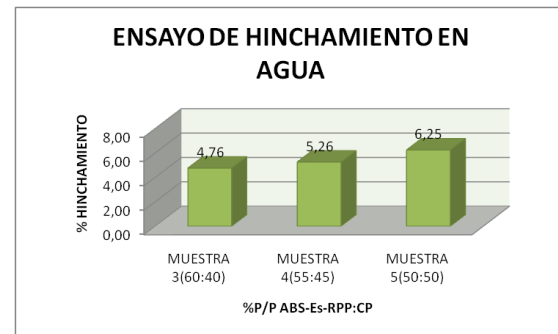
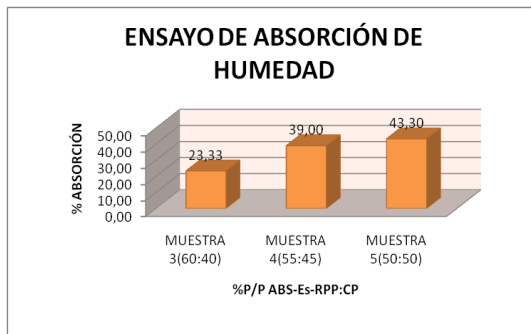


Figura 4. Ensayo de hinchamiento en agua

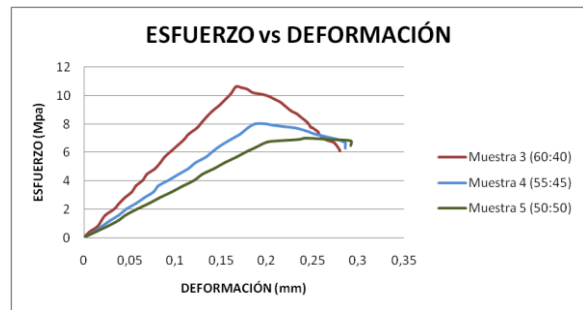
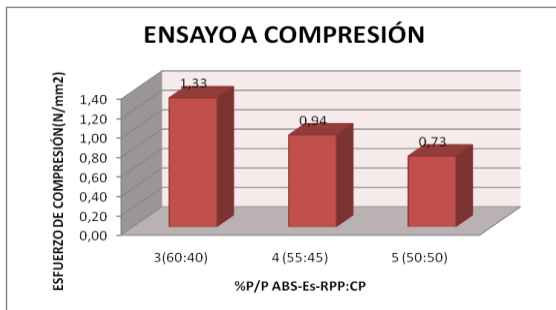
Los resultados obtenidos del ensayo de absorción de humedad fueron muy satisfactorios, ya que en todos los casos el porcentaje de absorción de humedad es inferior al 50%. Estos valores son muy aceptables porque las placas de aglomerado comerciales tienen un porcentaje de absorción de humedad superior al 50% y un porcentaje de hinchamiento superior al 15%, siendo así competitivas las muestras en el mercado respecto a estas propiedades.

3.6.5. Resistencia a la compresión. En la tabla 16 se consignan los resultados concernientes al ensayo a compresión:

Tabla 16. Resultados de ensayo a compresión

MUESTRA	ÁREA(m ²)	FUERZA(kN)	Esfuerzo de Compresión $\sigma = F/A$ (KN/m ²)	$\sigma = F/A$ (N/mm ²)	Módulo de elasticidad (Mpa)
3(60:40)	0,0049	6,5	1326,53	1,33	63.34
4 (55:45)	0,0053	5	943,40	0.94	43.03
5 (50:50)	0,0055	4	727,27	0,73	34.08

Un material es generalmente caracterizado por su módulo de elasticidad a medida que este valor se incrementa aumentará la rigidez. La fuerza a compresión que actuó sobre cada una de las probetas ensayadas ocasionó que cada una se flectara lateralmente exhibiendo el fenómeno de pandeo. Conforme a la carga a que fueron sometidas el material adquirió una forma de barril a medida que aumentaron las deformaciones unitarias. (Ver Anexo J. Foto 22). El diagrama expuesto en la figura 6 pone en evidencia que aunque las tres muestras fueron preparadas de manera semejante su estructura varía, pues tienen diferentes composiciones. En las figuras 5 y 6 se deduce que la muestra que se comporta mejor a la compresión es la muestra 3, ya que es la que presenta una mayor resistencia a la compresión y un mayor módulo de elasticidad siendo el material más rígido entre las tres muestras falladas. En las probetas se observó rigidez del material y por el módulo de elasticidad que presentaron se asemeja al módulo de elasticidad de las maderas blandas, siendo útil para aplicaciones industriales.



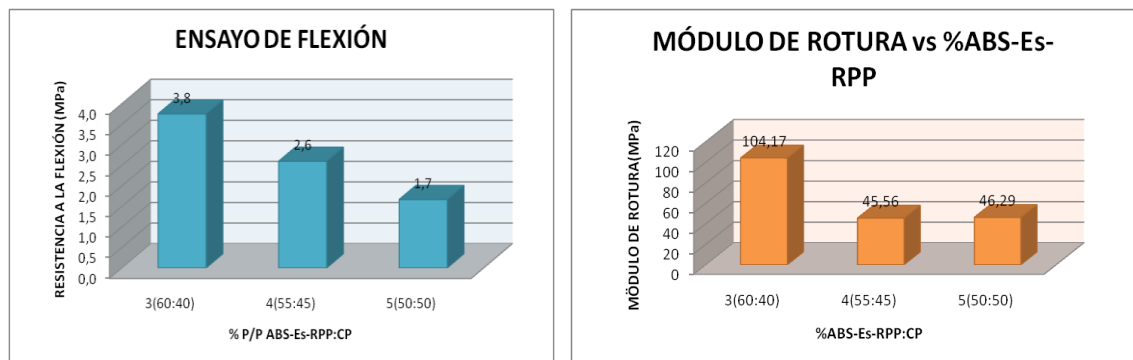
Figuras 5 y 6. Resultados obtenidos en la prueba a compresión.

3.6.6. Resistencia a la flexión. Se observó en este ensayo que la mitad superior de las probetas trabajaron a compresión evidenciándose en un aplastamiento de sus fibras y la mitad inferior a tracción o tensión lo que conllevó al rompimiento de sus fibras. (Ver Anexo J. Foto 23). En la tabla 17 se observan los resultados concernientes al ensayo de flexión.

Tabla 17. Resultados de ensayo a flexión

MUESTRA	LONGITUD DE LA PROBETA(mm)	l = longitud entre los soportes	b = ANCHO DE LA MUESTRA (mm)	h= ESPESOR DE LA MUESTRA(mm)	ÁREA (mm ²)	FUERZA (N)	RESISTENCIA A LA FLEXIÓN $\sigma = (3FI)/(2bh^2)$ (N/mm ²)	Módulo de Rotura MOR = $L^3 \cdot F / (4 \cdot b \cdot h^3 \cdot \delta)$ (MPa)
3(60:40)	150	100	40	10	400	100	3,8	104.17
4(55:45)	150	100	40	19	760	250	2,6	45.56
5(50:50)	147	100	40	15	640	100	1,7	46.29

En las figuras 7 y 8 se observa que a medida que disminuye el contenido de residuos lignocelulósicos en el material compuesto éste incrementa su resistencia a la flexión, lo cual se ve en la tendencia a incrementarse tanto esta propiedad como el módulo de flexión, los valores máximos obtenidos para la resistencia a la flexión y el MOR fueron para un contenido de 40% de cascarilla de arroz, por encima de este porcentaje se nota claramente que tanto la resistencia a la flexión como el MOR tienden a disminuir. Comparando el MOR con las exigencias para aglomerados comerciales las probetas ensayadas mostraron un comportamiento bastante similar y superior a éstas, por lo que son materiales compuestos que comercialmente pueden competir en el mercado actual y de acuerdo a éste módulo pueden ser útiles para cualquier tipo de aplicación.



Figuras 7 y 8. Resultados obtenidos en la prueba a flexión.

3.6.7. Resistencia al impacto. Con este ensayo se midió la energía absorbida por el material cuando es golpeada por el péndulo. (Ver Anexo J. Foto 24). En lo que respecta a los ensayos de impacto hubo un decrecimiento en la capacidad de absorber energía, al compararlo con los estándares, esto debido a que la fibra cambia la constitución del material, por lo que un material totalmente sólido (una

fase) absorbe más energía que uno compuesto. (Ver figura 9). La disminución de la energía de rotura va acompañada de un aumento de la rigidez, y puesto que para aplicaciones industriales es necesario que este tipo de materiales tenga un comportamiento rígido en esta prueba se eligió la muestra 3, ya que exhibe una menor cantidad de energía de impacto y por tanto una mayor rigidez en su estructura.

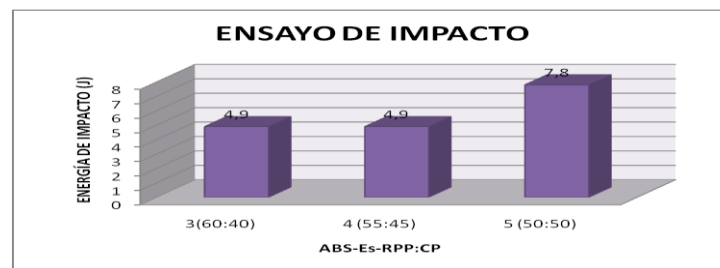


Figura 9. Resultados de ensayo a impacto

3.7. FORMULACIÓN DEL AGLOMERADO

Los resultados anteriores hacen suponer que los materiales compuestos obtenidos como resultado de esta experimentación preliminar, alcanzan su máximo en cuanto a propiedades mecánicas a compresión, flexión e impacto se refiere cuando el contenido de material vegetal es de 40% en peso, es decir la muestra 3. Para contenidos superiores se nota una clara disminución en las propiedades mecánicas, es decir esto hace a los aglomerados más frágiles y quebradizos. Bajo las proporciones que a continuación se especifican se obtienen los menores porcentajes de absorción e hinchamiento en agua; aunque presenta un valor relativamente alto de densidad con respecto a las otras dos muestras; en relación con la prueba de resistencia a agentes químicos se notó que ésta sufrió un ataque químico parcial pero no total, aunque para el tipo de uso que se especifique este ensayo es relevante es relevante ya que permite determinar el comportamiento del material bajo estos agentes.

Tabla 18. Formulación final del aglomerado

COMPONENTE	PROPORCIÓN (%P/P)
Cascarilla de arroz pulverizada	40
ABS-Es-RPP	60

4. CONCLUSIONES

Se determinó que las mejores condiciones para la elaboración del aglomerado consistió en una mezcla entre la cascarilla de arroz pulverizada y la ABS-Es-RPP con porcentajes de 40% y 60% respectivamente; ya que presenta las mejores propiedades fisicomecánicas, con una resistencia parcial a los agentes químicos y bajos porcentajes de absorción e hinchamiento en agua.

Se obtuvo un aglomerado liviano, resistente a los agentes biológicos, insensible a la humedad y a los insectos, perfectamente maquinable y con la resistencia suficiente para ser utilizado en diversas aplicaciones.

La elaboración de aglomerados a partir de ABS post-consumo y cascarilla de arroz como carga se convierte en una alternativa de reciclaje, siendo evidente que la aplicación de la cascarilla de arroz como carga en aglomerados es una opción económica ya que es un desecho originario de la industria agrícola, además se están aprovechando los residuos voluminosos del ABS proveniente de diferentes piezas de electrodomésticos; ecológicamente favorable puesto que se daría mayor valor agregado a estos materiales hecho que conlleva a la preservación de los recursos naturales como la madera.

Con este tipo de materiales la industria ha tomado mayor auge, siendo sus aplicaciones muy diversas de acuerdo a las características y propiedades mecánicas que presentan. Es de gran importancia este tipo de innovación puesto que se trata de materiales de desecho, que se convertirán en productos elaborados con un alto valor agregado. Esto es un ejemplo de que se puede aprovechar lo que otros desechan para crear materiales con tecnología de punta.

5. RECOMENDACIONES

Dadas las características de los compuestos desarrollados, podemos notar la viabilidad de utilizar residuos agroindustriales que en este momento están siendo desperdiciados en nuestro país, es por esto que se recomienda seguir con la línea de investigación pero estudiando otros residuos lignocelulósicos que no se están aprovechando en la actualidad los cuales conllevan a que se sigan generando problemas ambientales, además las fibras vegetales presentan ventajas productivas como disponibilidad, bajos costos de adquisición y facilidad de procesamiento.

En este trabajo se ha hecho énfasis en la reutilización de un solo tipo de polímero que sirve de matriz polimérica en los materiales compuestos desarrollados, es importante estudiar el comportamiento de otro tipo de polímeros que logren compatibilizarse con las fibras de residuos lignocelulosicos y así aprovechar todos los desechos provenientes de la industria del plástico.

Se recomienda llevar a cabo un estudio más profundo de las propiedades que presenta la cascarilla como su conductividad térmica, características de aislamiento; bioquímicas como inocuidad y biodegradabilidad, para así tener un producto más diversificado en cuanto a las utilidades que esta puede tener debido a las grandes cantidades que se generan de este material.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] BLEDZKI. A.K. GASSAN J. Progress in polymer Science. **24**. 1999, p. 221-274.
- [2] BESEDNJANK. Alejandro. Materiales compuestos. Ediciones UPC. Barcelona. 2008. P 15-16, 22-32, 53.
- [3] AEMAC. Materiales compuestos. Madrid. J. A Guenes y C. Navarro. 2007.
- [4] Tecnología del plástico. Compuestos de plástico y madera. Noviembre 2008. <<http://www.plastico.com./tp/secciones/articulos/doc_663365>>
- [5] SALGADO, Delgado. René. La cascarilla de arroz como sustituto de la madera. Departamento de Ingeniería Química y Bioquímica. Instituto Tecnológico de Zacatepec. <<<http://www.itzacatepec.edu.mx>>>
- [6] BALL. S. E. ABS. Modern Plastics Encyclopedia. Vol. 55. Mc-Graw Hill. 1978-1979. P 4-5.
- [7] LANTZ. J. M. ABS and related multipolymers. Modern Plastics Encyclopedia. Vol. 61. Mc-Graw Hill. 1984-1985. P 6-7.
- [8] HENSLEY. D. S and JOHNSON. C.A. ABS and related multipolymers. Modern Plastics Encyclopedia. Vol. 62. Mc-Graw Hill. 1985-1986. P 6-7.
- [9] TEER. G. E. ABS and related multipolymers. Modern Plastics Encyclopedia. Vol. 63. Mc-Graw Hill. 1981-1982. P 4-5.
- [10] RUBIN, I. Materiales Plásticos, Propiedades y Aplicaciones. Editorial Limusa. México. 2004. P. 131-169.
- [11] CRAY. Valley. Poliéster no saturado. Conceptos generales. Edición Cray Valley. 1998. P 30-50.

- [12] GONZÁLEZ. Diez. J. L. Materiales compuestos. Tecnología de los plásticos reforzados. Fondo editorial de ingeniería naval. Madrid. 1995. P 20-27.
- [13] WARRING. RH. El libro práctico del poliéster y la fibra de vidrio. Editorial Borrás. Barcelona. 2000. P 15-25.
- [14] VARÓN. Camargo. Javier y RESTREPO. Álvaro. Hernán. Caracterización térmica y estequiométrica de la combustión de la cascarilla de arroz. Grupo de investigación de termofluidos. Facultad de Ingeniería Mecánica. Corporación universitaria de Ibagué. Scientia et technica. Mayo 2004.
- [15] BULA. Silvera. Antonio. José y CADENA. Carolina. Giovanna. Estudio de la variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales. Departamento de Ingeniería Mecánica. Ingeniería y Desarrollo. Universidad del Norte. 2002. Pág. 2.
<<http://www.uninorte.edu.co/publicaciones/upload/File/ingenieria_n12.pdf>>
- [16] BELTRÁN. Aurelio y GILLESPIE. Ronald. Química. Editorial Reverté. Barcelona. 1990. Pág. 967.
- [17] CARPAS. A. Biblioteca atrium de la carpintería. Barcelona: Océano/centrum. 1993. Vol.1. p. 39-44, 48,102-103.
- [18] Tecnología de la madera. Barcelona: Don Bosco. 1999. P. 480-490
- [19] Pruebas mecánicas. Resistencia a la compresión simple. Grupo de Geotecnia. Facultad de Minas. 2004. P. 1-7
- [20] BEER. F. Mecánica de materiales. Mc Graw-Hill. 2 edición. Bogotá. 1995. P. 216-222, 700-701.
- [21] FERREIRA. L Y DURÁN. N. Formulación de Resina Fenol-Formaldehido con adición de polietilentereftalato de botellas no retornables. Tesis. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 2003.

[22] C. Desirello, S. Cerini, R. Charadí, R. Scalfi, C. Liberman, P. M. Stefani. Efecto de las condiciones de procesado sobre las propiedades mecánicas de aglomerados de cascara de arroz. Grupo de investigación en polímeros. Departamento de ingeniería civil. Universidad tecnológica nacional. 2004.

[23] THORNTON. Morrison. Robert. Química orgánica. Editorial Pearson. México. 1998. P. 747.

[24] ANGIOLANI. Argeo. Introducción a la química industrial. Editorial Andrés Bello. Santiago de Chile. 1960. Pagina 178-179

[25] MARTINEZ. Riachi. Susana. Física y Química aplicadas a la informática. Editorial Thomson. 2006. Paginas. 370-371

ANEXOS

ANEXO A. GLOSARIO

ACELERANTE

Los acelerantes son unos compuestos químicos que al reaccionar con el catalizador permiten que la polimerización se haga a temperatura menos elevada. El acelerador generalmente viene incluido por el fabricante, pero en caso de tener que adicionarlo conviene extremar las precauciones e incluirlo después del catalizador, ya que éste puede llegar a generar una explosión si se realiza conjuntamente.

CANDENTE

Dicho de un cuerpo, generalmente metal: Que se enrojece o blanquea por la acción del calor.

CARGA

Son en su mayoría es un material derivado de minerales empleados como material de relleno (para hacer masillas).

CATALIZADOR

Los catalizadores o endurecedores son productos que inician la reacción de la polimerización para el endurecimiento de la resina.

Suelen ser peróxidos orgánicos que se añaden a la resina en forma líquida en una concentración que varía entre el 1% y el 2% en peso de resina. Incluso aun existiendo otros factores que favorecen la reacción de polimerización, tales como la elevación de temperatura, condiciones idóneas ambientales, etc. Debe siempre respetarse la concentración de catalizador que se ha de utilizar.

DISOLVENTE

Fluido orgánico volátil capaz de disolver o dispersar otra sustancia para formar una mezcla uniforme o heterogénea.

FALLA

Defecto material de una cosa que merma su resistencia.

FASE DISPERSA

También llamada interna o discontinua esta conformada por partículas de tipo sólido, líquido o gaseoso. Es la sustancia que queda suspendida en otra llamada fase dispersante.

FASE EXTERNA-DISPERSANTE- CONTINUA

Es el medio en que las partículas se encuentran dispersas, puede ser líquido, sólido o gaseoso

FULGENTE

Brillante

INCANDESCENTE

Candente

LIÓFOBOS O DISPERSIONES COLOIDALES LIÓFOBAS

(Aversión al líquido). Poca atracción entre la fase dispersa y el medio dispersante. Son los coloides verdaderos. Si el medio de dispersión es agua, se denominan HIDROFOBOS.

LIÓFILOS O DISPERSIONES COLOIDALES LIÓFILAS

(Afición al líquido). Gran atracción entre la fase dispersa y el medio dispersante. Si el medio de dispersión es agua se denominan HIDROFILOS.

MONÓMERO

Unidad de repetición de un polímero.

NAFTENATO DE COBALTO

Es un líquido espeso y rojo púrpura, insoluble en agua y soluble en disolventes orgánicos, como etanol, xileno, benceno y gasolina.

Se usa para pinturas, secador de tinta, catalizador de la reacción orgánica y acelerador de la vulcanización, entre otros.

PLÁSTICOS TERMOESTABLES

Hay que decir primeramente que llamamos plásticos a aquellas sustancias de alto peso molecular que pueden transformar su estructura en otra muy diferente. Los plásticos termoestables son aquellos que necesitan de un agente externo (catalizador) para cambiar su estructura molecular; una vez producida ésta, no pueden volver a su estado anterior, a diferencia de los plásticos termoplásticos (poliestireno, el nylon o el PVC).

POLIMERIZACIÓN

Es el tiempo que transcurre de ésta hasta el curado de la misma una vez catalizada la resina. Durante esta fase, la resina se desprende del monómero (el más utilizado es el Estireno) que se encuentra mezclado con la resina y es uno de los elementos líquidos empleados en la fabricación de la resina y que permite que el catalizador reaccione consiguiendo que la resina comience el proceso de endurecimiento una vez catalizada.

REACCIÓN EXOTÉRMICA

Incremento brusco de la temperatura de la resina

SOLVATACIÓN

Es el proceso por el cual una partícula se rodea de moléculas de disolvente.

TERMOPLÁSTICO

Es un plástico el cual se derrite a un líquido cuando es calentado y se endurece en un estado vítreo cuando es suficientemente enfriado. La mayoría de los termoplásticos son polímeros de alto peso molecular, los que poseen cadenas asociadas por medio de débiles fuerzas de Van der Waals, Fuertes interacciones dipolo-dipolo y enlace de hidrógeno o incluso anillos aromáticos apilados. Los polímeros termoplásticos difieren de los polímeros termoestables en que después de calentarse y moldearse pueden recalentarse y formar otros objetos, ya que en el caso de los termoestables o termoduros, su forma después de enfriarse no cambia.

VIGA

Se puede considerar como una viga a un elemento mecánico sobre el cuál se aplica una carga transversal o perpendicular, a eje o dirección de su dimensión mayor.

ANEXO B. ESTRUCTURAS MOLECULARES

Figura 10. Estructura molecular del Acrilonitrilo Butadieno Estireno

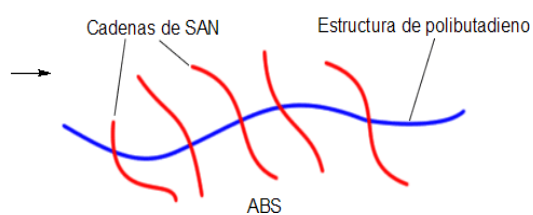
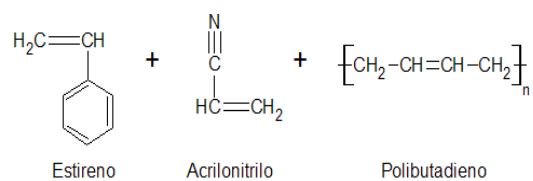


Figura 11. Estructura molecular del Estireno [10]

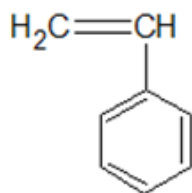


Figura 12. Estructura molecular de Resina Poliéster [2]

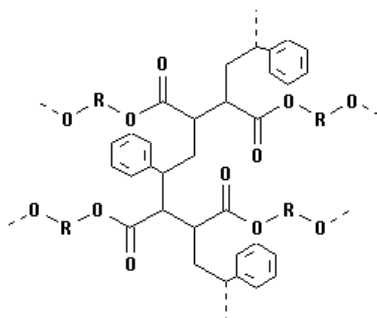


Figura 13. Estructura molecular Naftenato de Cobalto ^[23]

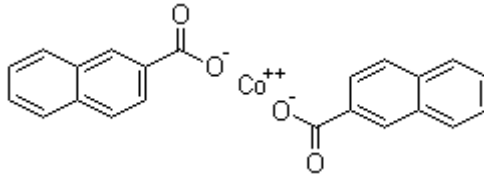
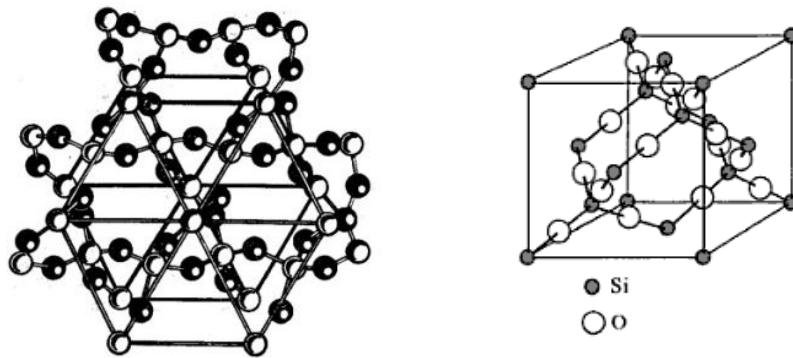


Figura 14. Estructura molecular MEK ^[23]



Figura 15. Estructura molecular Dióxido de Silicio ^[16]



ANEXO C. MATERIAL TEÓRICO

ACRILONITRILO BUTADIENO ESTIRENO

En la tabla 19 se presentan algunas características pertenecientes a éste polímero termoplástico

Tabla 19. Propiedades del ABS

Resistencia a la abrasión	Alta
Permeabilidad	Todos los grados son considerados impermeables al agua, pero ligeramente permeables al vapor.
Propiedades relativas a la fricción	No los degradan los aceites son recomendables para cojinetes sometidos a cargas y velocidades moderadas
Estabilidad dimensional	Es una de las características más sobresalientes, lo que permite emplearla en partes de tolerancia dimensional cerrada. La baja capacidad de absorción de la resina y su resistencia a los fluidos fríos, contribuyen a su estabilidad dimensional
Pigmentación	La mayoría de estas resinas, están disponibles en colores estándar sobre pedido, se pueden pigmentar aunque requieren equipo especial.
Facilidad de unión	Se unen fácilmente entre sí y con materiales plásticos de otros grupos mediante cementos y adhesivos
Cap. De absorción	Baja
Propiedades ambientales	La exposición prolongada al sol produce una capa delgada quebradiza, causando un cambio de color y reduciendo el brillo de la superficie y la resistencia a la flexión. La pigmentación en negro provee mayor resistencia a la intemperie
Resistencia química	Generalmente buena aunque depende del grado de la resina, de la concentración química, temperatura y esfuerzos sobre las partes. En general no son afectadas por el agua, sales inorgánicas, álcalis y por muchos ácidos. Son solubles en ésteres, aldehídos y en algunos hidrocarburos clorados
Formado	Se adaptan bien a las operaciones secundarias de formado. Cuando se calientan, los perfiles extruidos, se pueden doblar y estampar.
Facilidad de maquinado	Sus características son similares a las de los metales no ferrosos, se pueden barrenar, fresar, torneear, aserrar y troquelar
Acabados superficiales	Pueden ser acabados mediante metalizado al vacío y electro plateado
Resistencia a la fatiga	Se presenta para cargas cíclicas o permanentes mayores a 0.7 Kg mm^2
Recocida	Se mantiene 5° C arriba de la Temp. De distorsión durante 2 a 4 h.

Fuente: revista de plásticos modernos

RESINA POLIÉSTER

El poliéster es una categoría de polímero que tiene el grupo funcional éster,(Ver Anexo B. Figura 12) el poliéster es una resina que requiere de la adición de un acelerador, el cual regula los tiempos de la reacción,(Ver Anexo B. Figura 13), y un catalizador que permite el inicio de la reacción. (Ver Anexo B. Figura 14)

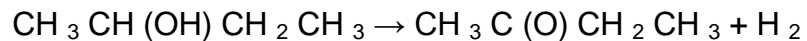
Las resinas son sustancias líquidas que pueden pasar al estado sólido mediante una reacción química provocada por un agente externo. Para este cambio se necesita la presencia de la resina, el catalizador y el activador (acelerador). La reacción es exotérmica comenzando la elevación de la temperatura nada más con producirse la mezcla de los diferentes elementos siendo capaz de subir la temperatura de la resina hasta los 160 °C. Por sí solas no tienen la resistencia suficiente, es por eso que necesitan de refuerzos de otros materiales que son los que aportan las propiedades necesarias dependiendo del tipo de aplicación en la que ésta se emplee. ^[2]

Las resinas se presentan en forma de plásticos termoestables que son los que se emplean en los materiales compuestos. Aunque las propiedades dependan del tipo de resina, del tipo y porcentaje de material de refuerzo o carga y del sistema de catálisis, algunas propiedades generales que presenta son: 1) La posibilidad de curado a temperatura ambiente; 2) No es necesario aplicar presión para la transformación; 3) Obtención de un gran número de formas diferentes; 4) Posibilidad de moldeo de piezas grandes y complejas a precios competitivos a pequeñas y medianas escalas de producción; 5) Estabilidad dimensional muy buena; 6) Excelente resistencia a ambientes químicamente agresivos; 7) Buenas propiedades mecánicas y eléctricas; 8) Resistencia a la temperatura (hasta 120°C); 9) Resistencia al impacto moderada; 10) Baja absorción de agua. ^[11, 12, 13]

METIL ETIL CETONA (MEK)

Es un compuesto orgánico con la fórmula $\text{CH}_3 \text{C} (\text{O}) \text{CH}_2 \text{CH}_3$, también conocido como Butanona. Esta cetona es un líquido incoloro. (Ver Anexo B. Figura 14)

La Butanona es producida por la deshidrogenación de 2-butanol utilizando un catalizador a base de cobre, zinc, o de bronce:



MEK disuelve muchas sustancias y se utiliza como disolvente en procesos de gomas, resinas, acetato de celulosa y revestimientos de nitrocelulosa y en películas de vinilo. Por esta razón, se emplea en la fabricación de plásticos, textiles, en la producción de cera de parafina, y en productos para el hogar, tales como lacas, barnices, removedor de pintura, un agente de desnaturalización del alcohol desnaturalizado, colas, y como agente de limpieza. El MEK también se utiliza en los marcadores de borrado en seco como disolvente de la tinta borrable.

El MEK es el precursor de peróxido etil metil cetona, un catalizador de algunas reacciones de polimerización. ^[3]

SISTEMAS DISPERSOS ^[24, 25]

Son aquellos sistemas constituidos por dos fases o más no miscibles entre sí. Una de las fases está uniformemente distribuida en forma de partículas o gotas finamente divididas (fase interna) en el seno de otra fase que las engloba o encierra (fase externa).

Los sistemas dispersos se clasifican de acuerdo a:

- Estado físico de la materia

FASE DISPERSANTE	FASE DISPERSADA	TIPO DE SISTEMA	NOMBRE COMÚN
GAS	SÓLIDO	AEROSOL	HUMO
GAS	LÍQUIDO	AEROSOL	NIEBLA
LÍQUIDO	SÓLIDO	SUSPENSIÓN, SOL O SOL COLOIDAL	SUSPENSIÓN, JALEAS, LÁTEX
LÍQUIDO	LÍQUIDO	EMULSIÓN	EMULSIÓN
LÍQUIDO	GAS	ESPUMA	ESPUMAS
SÓLIDO	SÓLIDO	DISPERSIÓN SÓLIDA	
SÓLIDO	LÍQUIDO	EMULSIÓN SÓLIDA	
SÓLIDO	GAS	ESPUMA SÓLIDA	

- Estructura

Sistemas incoherentes: formados por dos fases bien definidas. La fase dispersa se puede encontrar en forma de partículas sólidas (dispersiones coloidales y suspensiones) o en forma de gotitas (emulsiones).

Sistemas coherentes: formados por dos fases entremezcladas. Las partículas dispersas se contactan entre sí formando una estructura tridimensional en las que ambas fases se interpenetran, dando al sistema propiedades fisicoquímicas y reológicas específicas. Ej. Geles.

- Tamaño de las partículas

Dispersiones groseras: mayor de 1 micrón, se pueden ver a simple vista o con microscopio óptico.

Dispersiones coloidales: partículas que tienen un tamaño entre 1 micrón -1 nm, visibles al ultramicroscopio y al microscopio electrónico.

Soluciones: menor a 1 nm.

Clasificación de las Dispersiones Coloidales

Se clasifican en función del grado de atracción entre la fase dispersa y el medio dispersante. Si el medio dispersante es un líquido, estos sistemas coloidales se llaman soles.

Estos soles se clasifican en liófilos y liófilos.

Propiedades de los sistemas coloidales

La fase interna por su tamaño le confiere al sistema propiedades características: cinéticas, ópticas y eléctricas.

- **Propiedades ópticas: Dispersión de la luz (Efecto Tyndall)** Al hacer pasar un rayo de luz a través de una dispersión coloidal, el rayo de luz se ve en forma clara y nítida al atravesar el coloide, fenómeno que no sucede en una solución. Este efecto se debe a que las partículas coloidales son lo suficientemente grandes como para dispersar la luz. A partir del estudio de esta propiedad (nefelómetro), es posible obtener datos de la forma, tamaño e interacciones de las partículas coloidales



Figura 16. Efecto Tyndall

- **Propiedades cinéticas: Movimiento Browniano** Cuando se observa un coloide con un microscopio, se observa que las partículas dispersas se mueven al azar en la fase dispersante. Lo que en realidad se ve son los reflejos de las partículas coloidales, ya que su tamaño permite reflejar la luz.
- **Propiedades eléctricas:** Las partículas coloidales están cargadas eléctricamente con respecto al medio dispersante. Todo sólido sumergido en un líquido tiende a cargarse eléctricamente en su superficie:
 - Por adsorción de iones del medio.
 - Por ionización de grupos funcionales en su superficie (en este caso, el pH del medio juega un papel importante).

CARACTERIZACION DE LOS AGLOMERADOS

Tipos de ensayos de caracterización

El comportamiento mecánico - Para conocer el comportamiento mecánico de los materiales se realizan habitualmente ensayos de tracción, compresión o flexión, donde se evalúa la resistencia del plástico a ser deformado y la magnitud de esa deformación en el punto donde se rompe el material, si es el caso, y en el punto donde cambia su comportamiento, pasando de un comportamiento elástico a plástico. También se obtiene información de su módulo de elasticidad, el cual indica si el material es rígido o flexible.

Mediante ensayos de impacto (Izod, Charpy, impacto a alta velocidad, ensayos de caída...) se determina la cantidad de energía que es capaz de absorber el material cuando recibe un golpe.

Otra característica, como la dureza del material se puede determinar mediante durómetro (dureza Shore) o el método Rockwell (penetración de una bola). El

comportamiento mecánico de los plásticos reforzados es diferente según la cantidad y tipo de carga que contengan.

COMPRESIÓN. Se produce cuando la viga está sometida a una fuerza que tiende a aplastarla en un sentido axial o perpendicular, de acuerdo con la posición de la misma (ver anexo de figuras). La resistencia a la compresión se expresa como el esfuerzo o fuerza a la cual se somete la probeta por el área de la sección trabajada. Se da en Kg-f/cm² o en psi^{[17][18]}

$$\sigma_c = F/A \text{ (Kg-f/cm}^2\text{)}^{[19]}$$

σ_c = resistencia a la compresión

F= fuerza aplicada (Kg-f)

A= área sección perpendicular o transversal de la viga (cm² ó in²)

FLEXIÓN.

Es el efecto o deformación que sufre una viga bajo carga transversal. La resistencia a la flexión o esfuerzo flector se denomina como módulo de rotura; se expresa en Kg-f/cm² o en psi.

El momento flector es el efecto de una carga transversal sobre un punto definido de una viga. Usualmente se designa como M, depende de las distancias de aplicación de cada una de las cargas.

El momento de inercia se refiere al momento de áreas de la sección transversal de la viga. Se designa como I en la literatura técnica.

Una viga al ser sometida a flexión experimenta tanto esfuerzos de compresión como de tensión en la misma sección transversal. Para vigas de sección prismática y material homogéneo, el eje neutro corresponde al centroide de la sección transversal de la viga y los esfuerzos de tensión y compresión máximos se presentan en la parte superior e inferior respectivamente. ^[20]

La resistencia a la flexión máxima viene dada por la ecuación:

$$\sigma_f = (3FI)/(2bh^2)$$

Donde:

σ_f = Módulo de ruptura en [Pa]

F = Carga de rotura en [N].

l = Distancia entre soportes de apoyo en [m].

b = ancho de la muestra en [m]

h = Espesor de la muestra en [m].

Los resultados del ensayo a flexión son similares a las curvas de Tensión-Deformación, sin embargo, la Tensión, se expresa en función de deflexiones, en lugar de en función de deformaciones. El módulo de elasticidad, también llamado módulo de rotura (MOR) se calcula en la región elástica:

$$MOR = \frac{l^3 * F}{4 * b * h^3 * \delta}$$

Donde δ Deflexión o flecha de la probeta al aplicarse una fuerza F.

IMPACTO. El ensayo de impacto consiste en dejar caer un pesado péndulo, el cual a su paso golpea una probeta que tiene forma paralelepípeda ubicada en la base de la máquina. Luego de golpear la probeta, el péndulo sigue su camino alcanzando una cierta altura que depende de la cantidad de energía disipada al golpear. Las probetas que fallan en forma frágil se rompen en dos mitades, en cambio aquellas con mayor ductilidad se doblan sin romperse. Este comportamiento es muy dependiente de la temperatura y la composición química.

El ensayo de impacto que más se utiliza para materiales plásticos es el ensayo de muesca de Izod. En este ensayo se usa una probeta de muestra que se sujeta a la

base de una máquina de ensayo de péndulo. La cantidad de energía absorbida por unidad de longitud de la muesca cuando el péndulo golpea la muestra es medida y denominada resistencia al impacto de la muesca del material. Esta medida se da generalmente en ft-lb/in o J/m.

La resistencia al impacto, en probetas entalladas, se suele expresar en (kJ/m²), para lo cual se divide la energía absorbida para provocar la fractura de la probeta entre la sección transversal de la misma en la zona de la entalla (h x bN), mientras que según las normas ASTM (*American Society for Testing Materials*) se reportan los resultados en (J/m) , donde se divide esa energía absorbida entre la anchura remanente en la base de la entalla (bN).

$$\sigma = E_a / A \text{ (KJ/m}^2\text{)}$$

Densidad aparente. Esta definida como la relación existente entre el peso de la masa del material y el volumen que ocupan las partículas, incluyendo todos los poros saturables y no saturables se expresa mediante la ecuación. [21]

$$\rho = \frac{P_s}{V_m}$$

Donde Ps es el peso seco de la masa m

Vm es el volumen ocupado por la masa m.

Porcentaje de absorción e hinchamiento en agua.

$$\%Abs = \frac{P_H - P_S}{P_S} * 100$$

$$\%Hinch = \frac{e_H - e_S}{e_S} * 100$$

Donde P y e son el peso y el espesor de las muestras en estado seco o húmedo.

[22]

ANEXO D. MATERIAS PRIMAS

Foto 1. ABS post-consumo

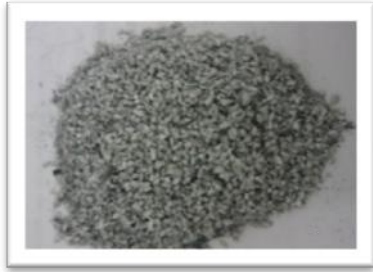


Foto 2. Cascarilla de arroz



Foto 3. Dispersión de ABS-RPP



ANEXO E. CARACTERIZACIÓN DE ABS POST-CONSUMO

Foto 4. Prueba de Beilstein



Foto 5. Comparación de polímeros ABS post-consumo vs PVC



ANEXO F. DISPERSIONES

Foto 6. Dispersión de ABS post-consumo en Acetona.



Foto 7. Dispersión de ABS post-consumo en Xileno.



Foto 8. Dispersión de ABS post-consumo en Tolueno.



Foto 9. Dispersión de ABS post-consumo en Estireno.



ANEXO G. DISPERSIÓN DE ABS POST-CONSUMO EN ESTIRENO

Foto 10. Dispersión con exceso de agente dispersante



Foto 11. Dispersión con exceso de agente disperso



Foto 12. Dispersión límite de ABS post-consumo en Estireno

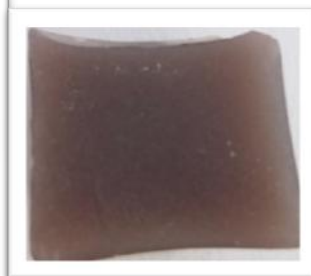


**ANEXO H. ABS-Es POST-CONSUMO EN RESINA POLIÉSTER
PREACELERADA**

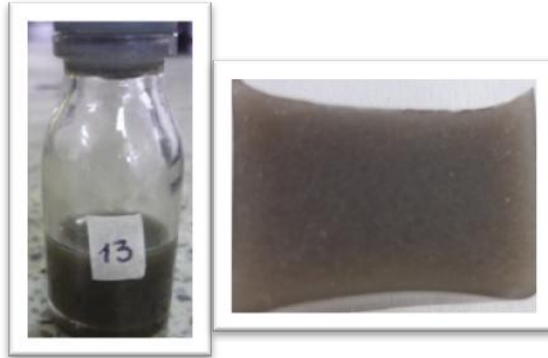
Foto 13. Fraguado y corte transversal muestras con exceso de agente dispersante



Muestra 1



Muestra 2



Muestra 3



Muestra 4

Foto 14. Fraguado y corte transversal muestras con exceso de agente disperso



Muestra 6



Muestra 7



Muestra 8



Muestra 9

Foto 15. Fraguado y corte transversal de la ABS-Es-RPP límite



Muestra 5

**ANEXO I. OBTENCIÓN DE AGLOMERADOS A PARTIR DE LA ABS-ES-RPP
REFORZADA CON CASCARILLA DE ARROZ**

Foto 16. Muestras de aglomerados con cascarilla de arroz sin pulverizar



Muestra 1



Muestra 2



Muestra 3



Muestra 4

Foto 17. Muestras de aglomerados con mezcla de cascarilla de arroz sin pulverizar y pulverizada



Muestra 1



Muestra 2



Muestra 3



Muestra 4



Muestra 5



Muestra 6



Muestra 7



Muestra 8



Muestra 9



Muestra 10



Muestra 11

Foto 18. Muestras de aglomerados con cascarilla de arroz pulverizada



Muestra 1



Muestra 2



Muestra 3



Muestra 4



Muestra 5



Muestra 6



Muestra 7

ANEXO J. CARACTERIZACIÓN DE LOS AGLOMERADOS

Foto 19. Resistencia a Ácido Sulfúrico

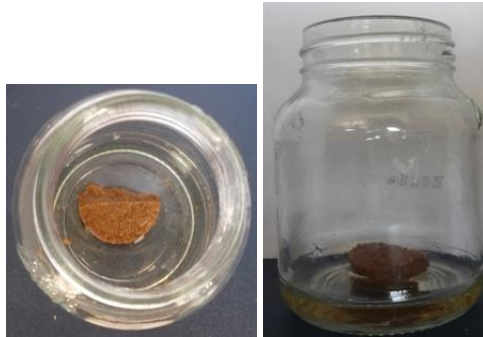
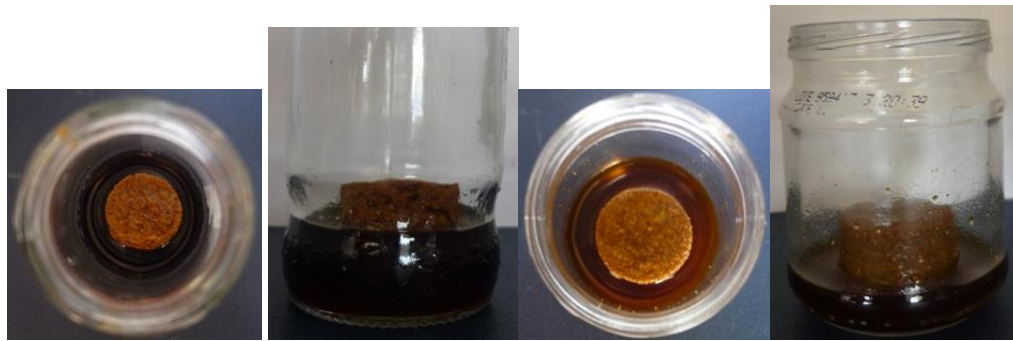
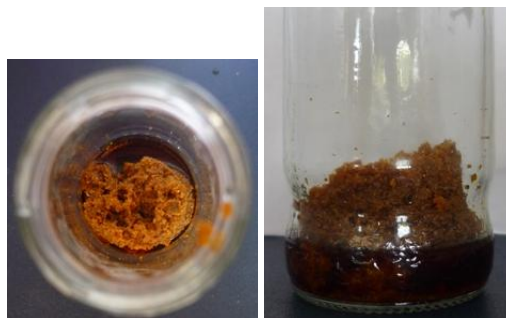


Foto 20. Resistencia a Hidróxido de Sodio



Muestra 3

Muestra 4



Muestra 5

Foto 21. Prueba de Ignición



Muestra 3



Muestra 4



Muestra 5

Foto 22. Resistencia a la compresión.



Muestra 3



Muestra 4



Muestra 5

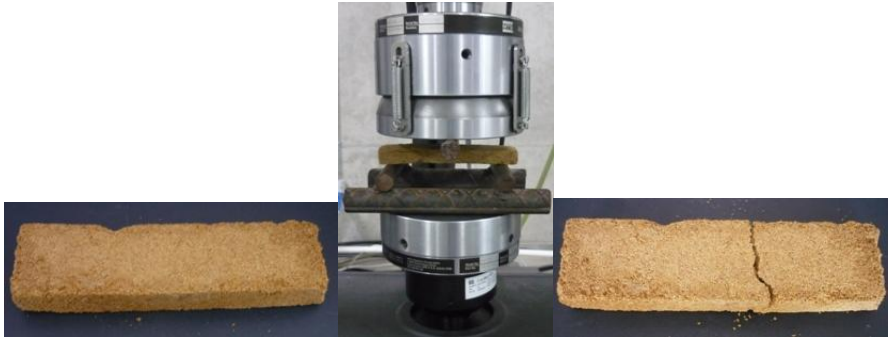
Foto 23. Resistencia a la flexión



Muestra 3



Muestra 4



Muestra 5

Foto 24. Resistencia al impacto



Muestra 3



Muestra 4



Muestra 5

ANEXO K. EQUIPOS UTILIZADOS

Foto 25. Molino de cuchillas



Foto 26. Equipo para impacto



Foto 27. Equipo para compresión y flexión



ANEXO L. ANÁLISIS ESPECTROSCOPIA INFRARROJO

Figura 17. IR ABS post-consumo

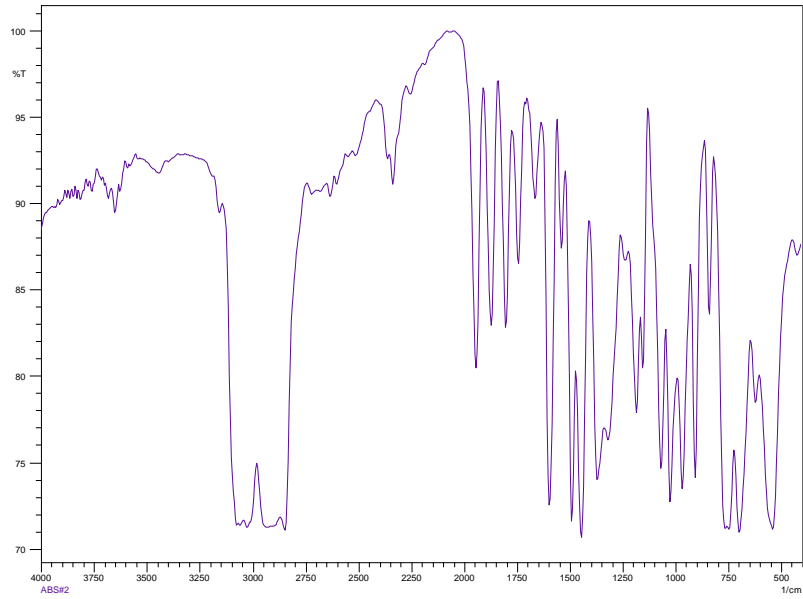


Figura 18. IR ABS puro

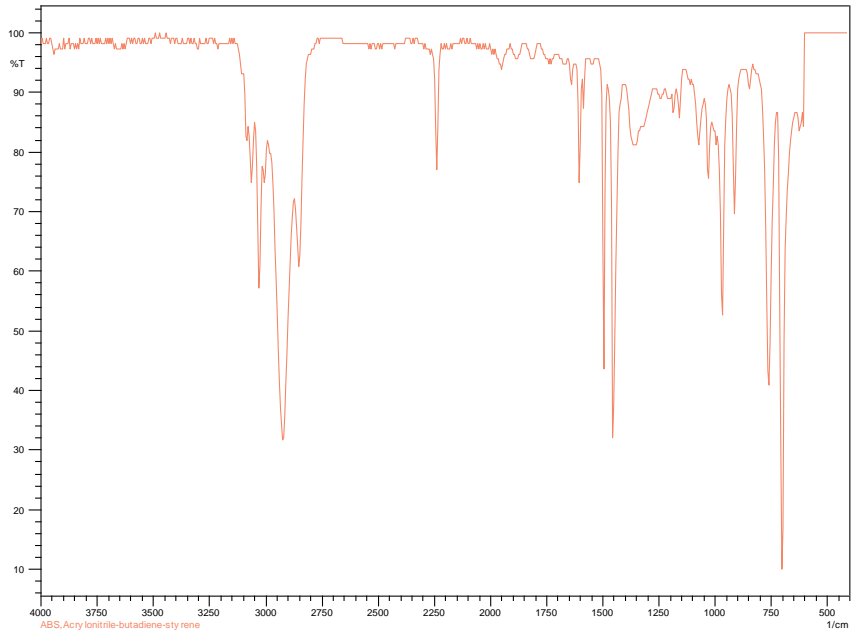


Figura 19. IR ABS-Es

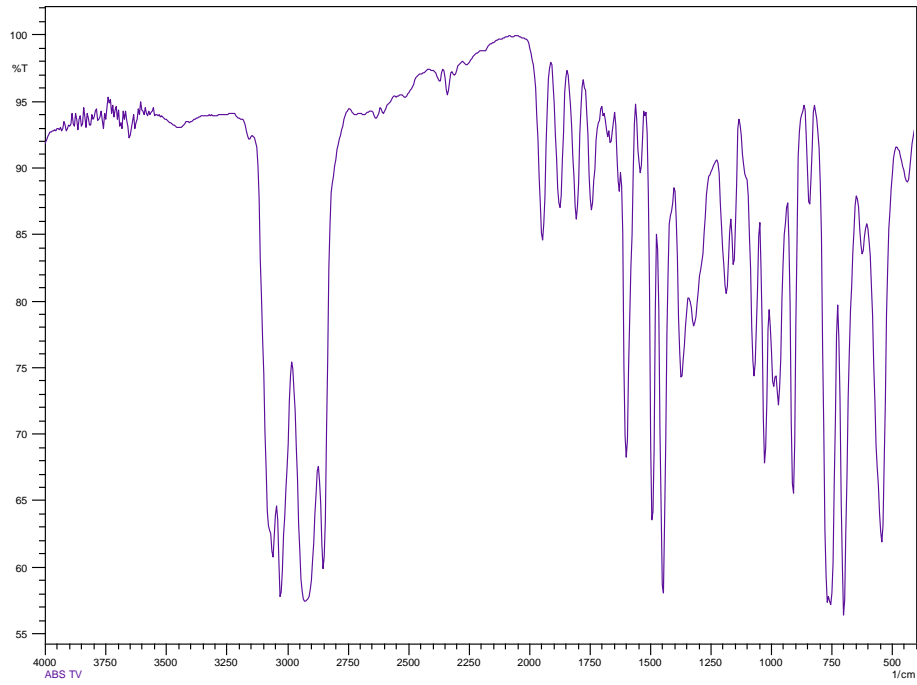


Figura 20. IR RPP

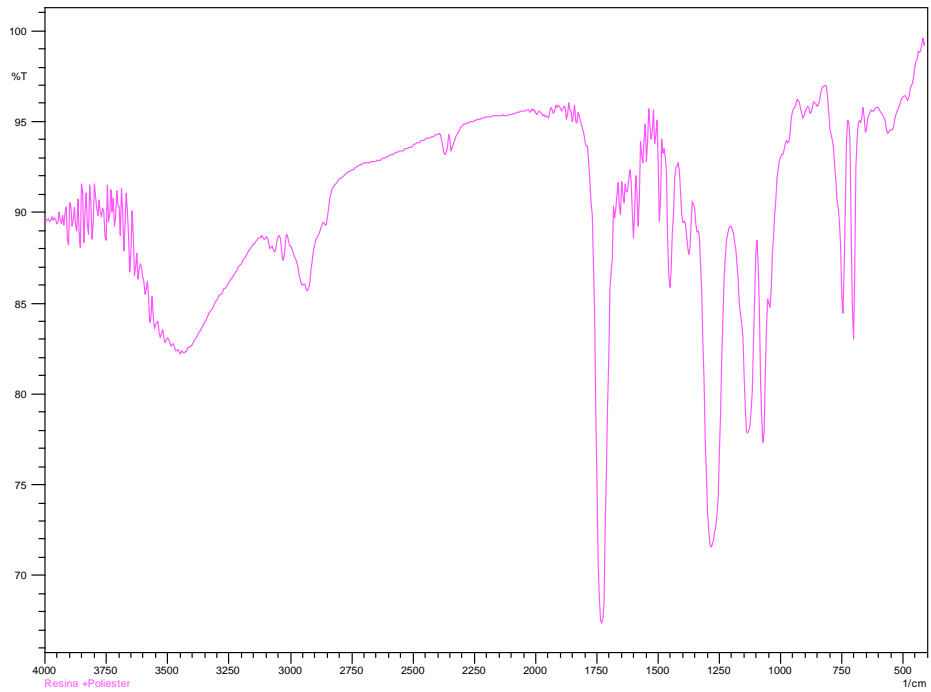
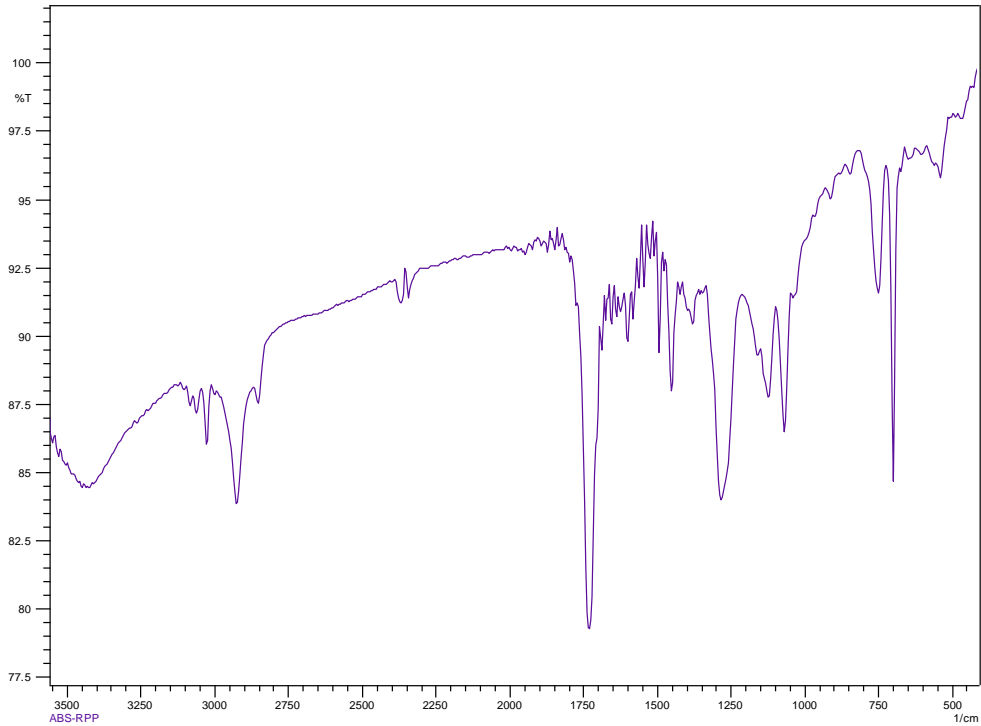


Figura 21. IR ABS-Es-RPP



ANEXO M. NORMAS ASTM

ENSAYO A FLEXION

NORMA D-790.

Este método cubre la determinación de las características del ensayo de flexión de plásticos reforzados y no reforzados, incluyendo los compuestos de alto módulo y materiales de aislamiento eléctrico. Para esta prueba Las probetas usadas son de forma de barra rectangular.

El método para esta prueba es aplicable generalmente a materiales rígidos y semirrígidos. Sin embargo la fuerza a flexión no se puede determinar para materiales que no se rompan o que no fallen en la superficie externa del espécimen dentro del 5% del límite de la tensión.

Este método utiliza un sistema en el que hay dos apoyos y una carga aplicada a una viga. Los valores indicados para esta prueba se dan en unidades del sistema internacional. Esta norma no pretende tratar las condiciones de seguridad asociadas a su uso. Es la responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y de salud y determinar la aplicabilidad de limitaciones reguladoras para su uso.

RESUMEN DE LA PRUEBA.

La sección transversal de una barra de geometría rectangular es puesta sobre dos apoyos y es sometida a una carga colocada a mitad de la distancia entre los apoyos hasta que el espécimen experimente rotura en la superficie externa en este punto se dice que la tensión es máxima. Las dimensiones de las muestras usadas en el ensayo dependen de las limitaciones y el criterio de la máquina utilizada para tal fin.

SIGNIFICANCIA Y USO

Las características de flexión determinadas por este método son útiles especialmente para los propósitos y especificaciones de control de calidad. Los materiales que no fallan por la tensión máxima permitida bajo estos métodos se tiene que realizar la prueba de la curva. La diferencia básica entre estos dos métodos está en la localización del momento de flexión máximo y de las tensiones axiales máximas de la fibra.

CONDICIONAMIENTO

Se condicionan los especímenes a fallar a una temperatura de $\pm 23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y 50.5 % de humedad relativa.

PROCEDIMIENTO

Medir la anchura y profundidad del espécimen a fallar, así como las distancias de a los extremos de sus apoyos y la distancia entre los apoyos, estas medidas son importantes ya que permiten realizar cálculos matemáticos que conducirán a la medida de la resistencia a la flexión.

Alinear la carga justo en la mitad de los apoyos, los apoyos deben estar paralelos entre sí, lo cual se puede comprobar mediante una placa con surcos paralelos en la cual los apoyos estarán alineados si están en una posición correcta.

Centrar la muestra en los apoyos y en la carga.

Aplicar la carga especificada hasta romper la superficie exterior de la muestra o antes de alcanzar la tensión máxima., tomando datos simultáneos de la desviación de la carga.

CALCULO

Los valores en la ruptura no serán calculados para ninguna muestra que se rompa por un cierto defecto obvio, fortuito.

Cuando un material elástico homogéneo es se prueba en el ensayo de flexión como viga simple apoyada en dos puntos y cargada en el punto medio, la tensión máxima en la superficie externa de la muestra ocurre en el punto mediano. Esta tensión se puede calcular para cualquier punto en la curva carga-desviación por medio de la siguiente ecuación.

$$\sigma_f = \frac{3Pl}{2bd^2}$$

σ_f : Tensión en las fibras externas en el punto medio, MPa [PSI]

P: Carga impuesta en el punto medio dado de la curva Carga-Desviación, N [lbf]

l: Distancia entre los soportes, mm

b: Ancho de la muestra, mm

d: Profundidad de la muestra, mm.

Se aplica para los materiales en los cuales la tensión es lineal proporcional a la tensión hasta el punto de ruptura. La ecuación es valida para obtener datos de comparación.

ENSAYO DE IMPACTO

NORMA D-256.

Este método utilizado para la prueba de impacto cubre la determinación de la resistencia de plásticos. Consiste en montar la muestra en una máquina estandarizada que luego es fallada por la oscilación de un péndulo que golpea la muestra con una energía determinada. Los resultados de esta prueba pueden verse afectados por el tratamiento que se le haga a la muesca y la calidad de la muesca, esto en el caso de que se haga necesario realizar este tipo de abertura al material, esto se hace para materiales de gran ductilidad. Los valores arrojados por esta prueba deben darse en unidades del sistema internacional.

SIGNIFICANCIA Y USO

Antes de proceder con la realización de esta prueba, se debe especificar el material a fallar. La prueba de impacto de péndulo indica la energía necesaria para romper una muestra a fallar, esta energía depende del tamaño y geometría de la probeta, de la realización o no de la muesca y de la velocidad de impacto, así como de las especificaciones de la máquina donde se realizará la prueba.

Para materiales relativamente frágiles, para los cuales la energía de propagación de la fractura es pequeña en comparación con la energía de iniciación de la fractura, la energía indicada de impacto absorbida es en todos los casos la suma de estos factores.

El tipo de falla para cada muestra será registrada como una de las cuatro categorías enumeradas como sigue:

- **Completo:** Cuando la rotura de la muestra es total y se separa en dos o más pedazos.

- Abisagrar: Cuando hay rotura incompleta, tal que una porción de la muestra no puede apoyarse horizontalmente cuando la otra parte se lleva verticalmente.
- Parcial: Rotura incompleta que ha fracturado por lo menos el 90% de la distancia entre la cima de la muesca y del lado opuesto.
- No: Rotura incompleta donde la fractura es menos amplia del 90% de la distancia entre la cima de la muesca y el lado opuesto.

Para materiales resistentes el péndulo puede no tener la energía necesaria para terminar de romper la muestra.

ESPECIFICACIONES DE LAS MUESTRAS

Las muestras tendrán una anchura entre 3.0 y 12.7 mm. Siendo la abertura de la muesca de aproximadamente de 0.05mm, la longitud de ± 63.5 mm, siendo la longitud de la muesca y uno de los lados extremos de 31.8mm y un espesor de 10.6mm. La forma de estas muestras a fallar es paralelepípeda.

CONDICIONAMIENTO

Se deben condicionar las muestras a una temperatura entre 23 y 25°C y 50.5% de humedad.

PROCEDIMIENTO

Se preparan muestras con iguales dimensiones y se acondicionan en la máquina elegida para realizar la prueba, esta elección debe estar de acuerdo a la energía que tiene el péndulo para romper la muestra.

La prueba comienza cuando el péndulo inicia su movimiento desde una altura inicial describiendo un arco y posteriormente golpea y rompe la probeta llegando a una altura final

La prueba debe ser realizada con una velocidad constante para cada una de las muestras a fallar. Es importante tener en cuenta que al usar un péndulo muy pesado esto reducirá la sensibilidad de la lectura del ensayo.

ENSAYO A COMPRESIÓN

NORMA D-695

SIGNIFICADO Y USO

Las pruebas de compresión proporcionan información sobre las propiedades de compresión de plástico, cuando se utilicen en condiciones semejantes a aquellas en las que se realizan las pruebas.

Propiedades de compresión incluyen el módulo de elasticidad, límite de elasticidad, la deformación más allá de un límite de elasticidad, y resistencia a la compresión (a menos que el material sólo se aplane, pero no de fracturas). Materiales que poseen un bajo nivel de ductilidad, no pueden presentar un límite de elasticidad. En el caso de un material que falla en la compresión por una fractura de rotura, la resistencia a la compresión tiene un valor muy definido.

En el caso de un material que no falla en la compresión de una fractura de rotura, la resistencia a la compresión es arbitraria, dependiendo del grado de distorsión que se considera como un indicador de falla total del material.

Las pruebas de compresión proporcionan un método estándar de obtención de datos para la investigación y desarrollo, control de calidad, de aceptación o de rechazo en virtud del pliego de condiciones, y con fines especiales. Las pruebas no se pueden considerar significativas para el diseño de la ingeniería en usos que se diferencian extensamente de la escala de carga – tiempo de la prueba estándar. Estas aplicaciones requieren pruebas adicionales, tales como el impacto, la fluencia y la fatiga.

Antes de continuar con este método de ensayo, debe hacerse referencia a la especificación ASTM para el material sometido a ensayo.

ÁMBITO

Este método de ensayo cubre la determinación de las propiedades mecánicas de de plásticos rígidos reforzados y no reforzados incluidos los compuestos de alto módulo, cuando se cargan en compresión a tasas uniformes bajo esfuerzo o carga.

PROCEDIMIENTO

Las Probetas que se emplean en el ensayo estándar pueden ser sometidas hasta una carga de 41.370 MPa (6,000,000 psi). Los valores indicados se dan en unidades del Sistema Internacional las dimensiones de las probetas a fallar deben estar sometidas a las especificaciones del equipo a utilizar para esta prueba, la geometría de cada una de las muestras es cilíndrica.

ANEXO N. FICHAS DE SEGURIDAD

METIL ETIL CETONA	
DESCRIPCIÓN	
Sinónimos	Metiletilcetona-Etil Metil Cetona Butanona-2-Butanona-Metil Acetona-Metil 2-Propanona-MEK
Fórmula Química	C4H8O
Peso Molecular	72,11
Número CAS	78-93-3
Número UN	1193

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	
Riesgo Principal	Inflamable
Riesgos Secundarios	Nocivo, Irritante y Reactivo
Símbolos de peligro	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> Salud 2 </div> <div style="text-align: center;"> inflamable 3 </div> </div>
Clasificación de riesgos 0. No especial 1. Ligero 2. Moderado 3. Severo 4. Extremo	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> reactivo 2 </div> <div style="text-align: center;"> contacto 2 </div> </div>
Rótulo de Transporte	<div style="text-align: center;"> LIQUIDO COMBUSTIBLE 3 </div>
Clase	3

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	
Estado Físico	Líquido
Apariencia	Incoloro
Olor	Ligero olor a Acetona
Ph	Probable neutro
Temperatura de Ebullición	79,6 C
Temperatura de Fusión	-86,7
Densidad	0,805 Kg/L a 20 C
Presión de Vapor	77,5 mgHg a 20 C
Densidad de Vapor	2,41
Solubilidad	Apreciable solubilidad en Agua (27-29 g por 100 ml de Agua a 20 C). Soluble en Alcohol Etilico, Acetona, Eter Dietílico y Benceno.

CONTROL DE EXPOSICIÓN

Medidas de Control	<p>Trabajar en un lugar con buena ventilación. Utilizar cabinas o campanas de laboratorio con extracción forzada. Sistema eléctrico y alumbrado a prueba de explosión. Aplicar procedimientos de trabajo seguro. Capacitar respecto a los riesgos químicos y su prevención. Contar con ficha de seguridad química del producto y conocer su contenido. Mantener los envases con sus respectivas etiquetas. Respetar prohibiciones de no fumar, comer y beber en el lugar de trabajo. Utilizar elementos de protección personal asignados.</p>
---------------------------	---

RIESGOS PARA LA SALUD

EFECTOS DE SOBREEXPOSICIÓN	
Inhalación	Nocivo-Afecta al sistema nervioso central. Irritaciones en el tracto respiratorio desde 100 ppm. Dolor de cabeza y náuseas a partir de los 200 ppm. Vértigo y vómitos. Fatiga y confusión. Inconciencia.
Contacto con la piel	Irritaciones. Enrojecimiento, comezón y dolor.
Contacto con los ojos	Irritaciones con concentraciones de 200-350 ppm. Enrojecimiento y dolor.
Ingestión	Tóxico- Afecta el sistema nervioso central. Dolor de cabeza, vértigos, náuseas y vómitos. Fatiga y confusión. Irritaciones. Fallas respiratoria y cardíaca con posibilidad de muerte DL 50(oral-rata):2737 mg/Kg.
Otros Efectos	
Cancerígeno	No hay evidencias
Mutageno	No hay evidencias
Teratogeno	En estudio
Otros Efectos	Sensibilización de la piel- Dermatitis. Afecta al sistema nervioso central

RIESGO DE REACTIVIDAD

Estabilidad Química	Moderada Estabilidad.
Incompatibilidades	Agentes oxidantes fuertes, como Peróxidos, Nitratos y Percloratos(riesgo de ignición). Ácidos fuertes (generación de calor y presión). Bases fuertes (reacción vigorosa o explosiva).
Peligro de Polimerización	No ocurre
Productos Peligrosos en Descomposición	Monóxido de Carbono. Dióxido de Carbono y Peróxido de Metil Etil Cetona.
Condiciones a evitar	Calor-Llamas y otras fuentes de ignición.

RIESGO DE INCENDIO

Condición de Inflamabilidad	Inflamable en grado severo.
Temperatura de Infamación	2 a -9 °C (crisol cerrado)
Temperatura de Autoignición	404 -515 °c
Límites de Inflamabilidad	1,8%-10,0%
Productos de Combustión	Monóxido de Carbono y Dióxido de Carbono.
Medios de Extinción	Uso de extintores de polvo químico seco, Espuma Química y/o Anhídrido Carbónico. Aplicar Agua en forma de neblina solo para enfriar medios contenedores.

MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS	
Inhalación	Trasladar a la persona donde exista aire fresco. En caso de paro respiratorio emplear método de reanimación cardio pulmonar. Si respira dificultosamente se debe suministrar oxígeno. Conseguir asistencia médica de inmediato.
Contacto con la Piel	Lavar con abundante Agua, lo menos por 10 minutos. Utilizar de preferencia una ducha de emergencia. Sacarse la ropa contaminada y luego lavarla o desecharla. De mantener la irritación, recurrir a una asistencia médica.
Contacto con los Ojos	Lavarse con abundante Agua, separando los párpados. De persistir la irritación, ir a un centro de atención médica.
Ingestión	Lavar la boca con bastante Agua, beber de 240 a 300 ml de Agua. Control de shock, manteniendo a la persona abrigada. No inducir al vómito. Enviar al servicio de atención médica inmediatamente.

ESTIRENO	
DESCRIPCIÓN	
Sinónimos	Feniletileno, Vinilbenceno, Cinameno
	Estireno monómero
Fórmula Química	C₆H₅CH:CH₂
Peso Molecular	104,1
Número CAS	100-42-5
Número UN	2055

DISPOSICIÓN DE RESIDUOS QUÍMICOS
<p>En general, los residuos químicos se pueden eliminar a través de una alternativa segura, una vez que se acondicionen de forma tal de ser inocuos para el medio ambiente.</p> <p>Alternativas: Ver la posibilidad de recuperar por medio del proceso de destilación u otra alternativa segura. También se pueden evaporar en pequeñas cantidades y con precaución bajo campana de laboratorio o traten en una planta incineradora autorizada. Es importante considerar para la eliminación de residuos, que se realice conforme a lo que disponga la autoridad competente respectiva, solicitándose previamente la autorización correspondiente.</p>

MEDIDAS PARA EL CONTROL DE DERRAMES O FUGAS
<p>PROCEDIMIENTO</p> <p>Contener el derrame o fuga Ventilar y aislar el área crítica Utilizar elementos de protección personal- Nivel de protección B o C. Alejar y/o apagar cualquier fuente de ignición Contar con algún medio de extinción de incendios. Absorber el derrame con un material o producto inerte. Recoger el producto a través de una alternativa segura. Disponer el producto recogido como residuo químico. Lavar la zona contaminada con Agua.</p>

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	
Estado Físico	Líquido
Apariencia	Incoloro
Olor	Desagradable, agudo, sofocante
Ph	7
Temperatura de Ebullición	145,2 C
Temperatura de Fusión	-30,6
Densidad	0,906 g/ml a 20 C
Presión de Vapor	600 Pa(20C)
Densidad de Vapor	3,6
Solubilidad	Solubilidad en Agua: 0,29g/L a 20 C: 0,6 g/L a 65 C Soluble en muchos disolventes orgánicos

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	
Riesgo Principal	Inflamable
Riesgos Secundarios	Nocivo, Irritante y Reactivo
Símbolos de peligro	
Clasificación de riesgos	
0. No especial	
1. Ligero	
2. Moderado	
3. Severo	
4. Extremo	
Rótulo de Transporte	
Clase	3

RIESGOS PARA LA SALUD	
EFFECTOS DE SOBREEXPOSICIÓN	
Inhalación	La inhalación provoca vértigo, náuseas, dolores de cabeza, sueño e irritación respiratoria, además pérdida de la coordinación y la memoria.
Contacto con la piel	Irritación leve. Enrojecimiento.
Contacto con los ojos	Irritación leve. Daños reversibles.
Ingestión	Tóxico- Afecta el sistema nervioso central. Dolor de cabeza, vértigos, náuseas y vómitos. Fatiga y confusión. Irritaciones. Fallas respiratoria y cardiaca
Otros Efectos	
Cancerígeno	No hay evidencias
Mutageno	No hay evidencias
Teratogeno	En estudio
Otros Efectos	Sensibilización de la piel- Dermatitis. Afecta al sistema nervioso central

RIESGO DE INCENDIO	
Condición de Inflamabilidad	Inflamable en grado severo.
Temperatura de Infamación	32°C
Temperatura de Autoignición	490 C
Límites de Inflamabilidad	1,1%-6,1%
Productos de Combustión	Desprende humos o gases tóxicos e irritantes
Medios de Extinción	Uso de extintores de polvo químico seco, Espuma Dióxido de Carbono,halones. No Aplicar Agua.

RIESGO DE REACTIVIDAD	
Estabilidad Química	Moderada Estabilidad.
Incompatibilidades	Ácidos fuertes, sales metálicas, Peróxidos
Peligro de Polimerización	Peligrosa. Resulta posible con un catalizador y calor.
Productos Peligrosos en Descomposición	Vapores y gases inflamables.
Condiciones a evitar	Calentamiento, pueden producir polimerización ligada a fornaón de calor.

CONTROL DE EXPOSICIÓN	
Medidas de Control	Proveer una ventilación adecuada. Para ello se debe realizar una buena ventilación local y se debe disponer de un buen sistema de extracción general. Si estas medidas no bastan para mantener la concentración de vapores por debajo de los límites de exposición durante el trabajo, deberá utilizarse un equipo de protección respiratorio adecuado.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL	
Ropa de Trabajo	Usar ropa antiestática hecha de fibra natural o de fibra sintética resistente a altas temperaturas. Instalar duchas de emergencia en las proximidades de la zona de utilización . El uso de cremas protectoras puede ayudar a proteger las áreas expuestas de la piel. No deberán aplicarse cremas protectoras una vez se ha expuesto.
Protección Respiratoria	Protección de las vías respiratorias: en caso de sobrepasar el valor límite establecido filtro A(para vapores y gases orgánicos). Usar mascarilla de carbón activo.
Guantes de Protección	Guantes de goma o plástico. Natural, Nitrilo, Neopreno, PVC,PVA y Viton.
Lentes Protectores	Uso de lentes de seguridad resistentes contra salpicaduras y proyecciones de la sustancia química. Instalar fuentes oculares de emergencia.
Calzado de Seguridad	Utilizar calzado cerado, no absorbente, con resistencia química y de planta baja.

MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS	
Inhalación	Sacar al afectado de la zona contaminada y trasladarlo al aire libre. Si la respiración es irregular o se detiene, aplicar respiración artificial. Si esta inconsciente, colocarlo en posición de recuperación apropiada. Mantenerlo cubierto con ropa de abrigo mientras se procura atención médica.
Contacto con la Piel	Sacarse la ropa contaminada y lavar abundantemente con agua y jabón
Contacto con los Ojos	Lavarse con abundante Agua, separando los párpados. De persistir la irritación, ir a un centro de atención médica.
Ingestión	Requerir asistencia médica inmediata. No provocar el vómito, debido al riesgo de aspiración. Mantener al afectado en reposo.

MEDIDAS PARA EL CONTROL DE DERRAMES O FUGAS
<p>PROCEDIMIENTO</p> <p>Contener el derrame o fuga Ventilar y aislar el área crítica Utilizar elementos de protección personal- Nivel de protección B o C. Alejar y/o apagar cualquier fuente de ignición Contar con algún medio de extinción de incendios. Absorber el derrame con un material o producto inerte como arena seca o tierra. Recoger el producto a través de una alternativa segura. Evitar el ingreso del producto en drenajes y cursos de agua. Disponer el producto recogido como residuo químico. Lavar la zona contaminada con Agua.</p>

DISPOSICIÓN DE RESIDUOS QUÍMICOS
<p>En general, los residuos químicos se pueden eliminar a través de una alternativa segura, una vez que se acondicionen de forma tal de ser inocuos para el medio ambiente.</p> <p>Alternativas: Ver la posibilidad de recuperar por medio del proceso de destilación u otra alternativa segura. También se pueden evaporar en pequeñas cantidades y con precaución bajo campana de laboratorio o trataren una planta incineradora autorizada. Es importante considerar para la eliminación de residuos, que se realice conforme a lo que disponga la autoridad competente respectiva, solicitándose previamente la autorización correspondiente.</p>

NAFTENATO DE COBALTO	
DESCRIPCIÓN	
Sinónimos	Naftenato Cobaltoso Sales de Cobalto, ácidos nafténicos Nafta cobalto, naftolita
Fórmula Química	Co(C ₁₁ H ₁₀ O ₂) ₂
Peso Molecular	407
Número CAS	61789-51-3
Número UN	2001

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	
Estado Físico	Líquido-Polvo
Apariencia	Marrón o rojo azulado
Olor	Inodoro
Ph	No aplicable
Temperatura de Ebullición	268 C
Temperatura de Fusión	140 C
Densidad	0,9 g/ml
Presión de Vapor	1 mmHg a 25C
Densidad de Vapor	0,95 g/ml
Solubilidad	No es soluble en Agua

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS	
Riesgo Principal	Inflamable
Riesgos Secundarios	Nocivo, Irritante y Reactivo
Símbolos de peligro	
Clasificación de riesgos	
0. No especial	
1. Ligero	
2. Moderado	
3. Severo	
4. Extremo	
Rótulo de Transporte	
Clase	3

RIESGOS PARA LA SALUD

EFECTOS DE SOBREEXPOSICIÓN

Inhalación	Tos, dolor de garganta, irritación de la nariz El aerosol irrita los ojos y el tracto respiratorio esto para una exposición de corta duración. Los efectos de exposición prolongada o repetida puede producir Sensibilización de la piel.
Contacto con la piel	Irritación, alegría en la piel con picazón y erupciones.
Contacto con los ojos	Enrojecimiento, dolor Enrojecimiento y dolor.
Ingestión	Tóxico. Dolor de cabeza, vértigos, y vómitos. náuseas Fatiga y confusión. Irritaciones. Fallas respiratoria y cardiaca
Otros Efectos	
Cancerígeno	No hay evidencias
Mutageno	No hay evidencias
Teratogeno	No hay evidencias
Otros Efectos	El Cobalto y sus compuestos podrían causar cáncer de pulmón en humanos

RIESGO DE INCENDIO

Condición de Inflamabilidad	Inflamable .
Temperatura de Infamación	49 C
Temperatura de Autoignición	276 C
Límites de Inflamabilidad	1%-6%
Productos de Combustión	Humos tóxicos
Medios de Extinción	Polvo, agua pulverizada, espuma, dióxido de carbono arena

RIESGO DE REACTIVIDAD

Estabilidad Química	Moderada Estabilidad.
Incompatibilidades	Es incompatible con agentes oxidantes tales como: percloratos, peróxidos, permanganatos, cloratos nitratos, cloro, bromo y flúor, y ácidos fuertes tales como clorhídrico, sulfúrico y nítrico
Peligro de Polimerización	No ocurre
Productos Peligrosos en Descomposición	Monóxido de Carbono. Dióxido de Carbono Evitar las llamas, no producir chispas, no fumar.
Condiciones a evitar	Evitar la generación de cargas electrostáticas(por ejm: mediante conexión a tierra). Evitar el depósito del polvo, sistema cerrado, equipo eléctrico y de alumbrado, a prueba de explosión del polvo.

CONTROL DE EXPOSICIÓN

Medidas de Control	Proporcione ventilación de escape o de controles de ingeniería para mantener las concentraciones de los vapores inferiores a los límites. Asegúrese que las estaciones de lavajos y duchas de seguridad estén cerca de la ubicación del área de trabajo.
---------------------------	--

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Ropa de Trabajo	Toda la ropa de protección (trajes, guantes, calzado, protección para la cabeza) debe estar limpia, disponible todos los días y debe ponerse antes de comenzar a trabajar
Protección Respiratoria	Si existe la posibilidad de sobreexposición al naftenato de cobalto, use un equipo de respiración purificador de aire de presión negativa con filtro de partículas y máscara completa, respirador de vapor
Guantes de Protección	Utilización de guantes de caucho o nitrilo.
Lentes Protectores	Usar protección para los ojos resistentes a los impactos con protectores laterales o gafas cuando trabaje no se debe usar lentes de contacto.
Calzado de Seguridad	Utilizar calzado cerrado, no absorbente, con resistencia química y de planta baja.

MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación	Si se inhala mueva al aire fresco. Si no respira, dar respiración artificial. Si la respiración es difícil dar oxígeno. Mantener al paciente caliente. Dar atención médica.
Contacto con la Piel	Lavar con agua y jabón. Cubrir la piel irritada con un emoliente. Atención médica si se desarrolla irritación.
Contacto con los Ojos	En caso de contacto, inmediatamente lave los ojos con abundante agua durante 15 min. Atención médica si se produce irritación
Ingestión	No inducir al vómito a menos que lo indique el personal médico. No dar nada por boca a una persona inconsciente. Aflojar las ropas apretadas tales como collares, corbatas, cinturones. Atención médica.

MEDIDAS PARA EL CONTROL DE DERRAMES O FUGAS

<p>PROCEDIMIENTO</p> <p>Barrer la sustancia derramada e introducirla en un recipiente precintable.</p> <p>Recoger cuidadosamente el residuo y trasladarlo a continuación a un lugar seguro. (Protección personal adicional: respirador de filtro P2 contra partículas nocivas).</p> <p>Alejar y/o apagar cualquier fuente de ignición</p> <p>Contar con algún medio de extinción de incendios.</p> <p>Absorber el derrame con un material o producto inerte.</p> <p>Recoger el producto a través de una alternativa segura.</p> <p>Disponer el producto recogido como residuo químico.</p> <p>Lavar la zona contaminada con Agua.</p>
--

DISPOSICIÓN DE RESIDUOS QUÍMICOS

En general, los residuos químicos se pueden eliminar a través de una alternativa segura, una vez que se acondicionen de forma tal de ser inocuos para el medio ambiente.

RESINA POLIÉSTER INSATURADA





DESCRIPCIÓN

Fórmula Química	(C8H6O2,C8H16O4,C5H12O2,C4H2O3)n
Peso Molecular	20000
Número CAS	100-42-5
Número UN	2055

PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Estado Físico	Líquido viscoso
Apariencia	Amarillo claro
Olor	Aromático, característico del estireno
Ph	No disponible
Temperatura de Ebullición	145,2 C (Estireno)
Temperatura de Fusión	-30 C (Estireno)
Densidad	1,05 a 1,15
Presión de Vapor	4.5 mmHg a 20 C
Densidad de Vapor	3,6 (Estireno)
Solubilidad	Ligeramente soluble en Agua Soluble en la mayoría de solventes orgánicos

IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Riesgo Principal	Inflamable
Riesgos Secundarios	Nocivo, Irritante y Reactivo
Símbolos de peligro	 
Clasificación de riesgos	 
	<p>0. No especial</p> <p>1. Ligero</p> <p>2. Moderado</p> <p>3. Severo</p> <p>4. Extremo</p>
Rótulo de Transporte	
Clase	3

RIESGOS PARA LA SALUD	
EFFECTOS DE SOBREEXPOSICION	
Inhalación	Nocivo si se inhala. Los efectos de la exposición pueden incluir dolores de cabeza, fátiga, náuseas, depresión del sistema nervioso central y edema pulmonar irritación de las mucosas e incluso pérdida del sentido.
Contacto con la piel	Nocivo si se absorbe a través de la piel. El contacto directo con este mineral causa irritación cutánea. El contacto repetido o prolongado con la piel puede ocasionar el desengrase y resecamiento de la piel.
Contacto con los ojos	Nocivo para los ojos. El contacto directo con este material causa irritación ocular. Los síntomas pueden incluir picazón, lagrimeo, enrojecimiento e hinchazón.
Ingestión	Nocivo si se ingiere. La toxicidad de la dosis oral única es baja. No es probable que la ingestión Fatiga y confusión. pequeñas durante la manipulación normal cause efectos nocivos; la ingestión de cantidades grandes puede ser nociva. Los efectos de la exposición por ingestión pueden incluir perturbaciones gastrointestinales, dolor y malestar. Los efectos de la exposición por digestión también pueden incluir aquellos indicados por la vía de inhalación.
Otros Efectos	
Cancerígeno	No hay evidencias
Mutageno	No hay evidencias
Teratogeno	No hay evidencias
Otros Efectos	Puede agravar desórdenes preexistentes en el sistema nervioso central, efectos sobre la audición y daño a las vías respiratorias.

RIESGO DE INCENDIO	
Condición de Inflamabilidad	Inflamable en grado severo.
Temperatura de Infamación	31 C (Estireno)
Temperatura de Autoignición	490 C (Estireno)
Límites de Inflamabilidad	0,9%-6,8%
Productos de Combustión	Monóxido de Carbono y Dióxido de Carbono. vapores tóxicos o irritantes, gases y partículas.
Medios de Extinción	Agua como niebla, espuma, dióxido de carbono, polvo químico seco.

RIESGO DE REACTIVIDAD	
Estabilidad Química	Moderada Estabilidad.
Incompatibilidades	Ácidos fuertes, peróxidos y agentes oxidantes.
Peligro de Polimerización	Puede ocurrir.
Productos Peligrosos en Descomposición	Monóxido de Carbono. Dióxido de Carbono vapores orgánicos irritantes y tóxicos.
Condiciones a evitar	Evitar las altas temperaturas(calor), fuentes de ignición como flama abierta, usar herramientas a prueba de chispas y equipos a prueba de explosiones, no utilice recipientes o tuberías de cobre o que estén fabricadas con aleación del mismo.

CONTROL DE EXPOSICIÓN

Medidas de Control	La ventilación ocal puede ser necesaria durante las operaciones, es seguro mantener las concentraciones por debajo de los límites de exposición recomendados. Uso de equipos a prueba de explosión y equipos de ventilación.
---------------------------	--

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

Ropa de Trabajo	Uso de indumentaria de trabajo resistente al químico. Ropa de material impermeable (POVC o caucho) los equipamientos deben ser lavados frecuentemente. Es aconsejable el uso de guantes interiores de algodón que deberán ser lavados frecuentemente para mantener la absorción y la flexibilidad, una vez que la elevada transpiración causada por el uso de guantes plastificados puede provocar infecciones cutáneas.
Protección Respiratoria	No use un filtro respiratorio purificador de aire. Si la exposición supera el PEL/TLV se recomienda el uso de máscara respiratoria aprobada y con aimentación de aire.
Guantes de Protección	Guantes impermeables(PVC o caucho). El equipamiento debe ser sometido a una limpieza rigurosa después de cada utilización.
Lentes Protectores	Gafas de protección antisalpicaduras para productos químicos y /o máscara protectora de la cara siempre que exista posibilidad de contacto debido a la pulverización del líquido, partículas en el aire, salpicaduras o vapor. No utilizar lentes de contacto.
Calzado de Seguridad	Botas impermeables de caucho.

MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Inhlación	Si se verifica una reacción negativa a la exposición, retire inmediatamente a la víctima a un lugar alejado. Recorra a aplicación de oxígeno o respiración artificial si es necesario. Recorra a asistencia médica de emergencia. Es esencial una acción rápida.
Contacto con la Piel	En caso de contacto con la piel, quite de inmediato la ropa contaminada. Lave la piel cuidadosamente con agua tibia. No hacer uso de disolventes orgánicos. si hay irritación, recurrir a una asistencia médica.
Contacto con los Ojos	Lave inmediatamente con agua limpia durante 20-30min contraer los párpados frecuentemente. Recorra a asistencia médica de emergencia.
Ingestión	De a beber agua tibia(0,5 l) desde que la víctima este plenamente consciente y alerta. No provoque el vómito pues el peligro de daños pulmonares excede al riesgo por envenenamiento. Asistencia médica.

MEDIDAS PARA EL CONTROL DE DERRAMES O FUGAS

PROCEDIMIENTO

Contener el derrame o fuga
Ventilar y aislar el área crítica
Utilizar elementos de protección personal- Nivel de protección B o C.
Alejar y/o apagar cualquier fuente de ignición
Contar con algún medio de extinción de incendios.
Absorber el derrame con un material o producto inerte.
Recoger el producto a través de una alternativa segura.
Disponer el producto recogido como residuo químico.
Lavar la zona contaminada con Agua.

DISPOSICIÓN DE RESIDUOS QUÍMICOS

En general, los residuos químicos se pueden eliminar a través de una alternativa segura, una vez que se acondicionen de forma tal de ser inocuos para el medio ambiente.

El producto, suelo y agua contaminados pueden constituir residuos peligrosos debido a su potencial de generación interna de calor. Pueden desecharse los sólidos en vertidos autorizados. Use los servicios o transportes autorizados. Asegúrese de que las emisiones del producto están de acuerdo con los reglamentos respectivos. Evite sobrecargar o envenenar la biomasa de la estación. Asegúrese de que los efluentes están de acuerdo con los respectivos reglamentos