Reuso de finos de catalizador gastado de FCC: marco teórico

Autor: Jesús Antonio Lobo García — ¿Cómo citar este artículo?

Índice general

- Resumen
- Abstract
- Introducción
- Capítulo I: El problema
- **Capítulo II: Marco teórico**
- Capítulo III: Marco metodológico
- Capítulo IV: Presentación y discusión de resultados
- Capítulo V: Conclusiones, recomendaciones y bibliografía

Capítulo II: Marco teórico

2.1 Antecedentes de la investigación

Han sido varias las opciones de manejo, disposición y aprovechamiento de los finos de catalizador gastado de FCC en diversos sectores económicos, resumiéndose como se expresa en los antecedentes a continuación: Lobo, J. (2013) en la Universidad Bolivariana de Venezuela, desarrolló una investigación sobre un "Estudio de reuso de finos de catalizador gastado de FCC

de Refinería El Palito para su aprovechamiento en el sector alfarero como mecanismo para la minimización de riesgos ambientales", la misma argumentó que el catalizador gastado de FCC es un desecho no peligroso de acuerdo con su contenido de fluoruros y cloruros, así como en las corridas cromatograficas realizadas en muestra real para compuestos aromáticos policíclicos, análisis de metales en lixiviados y en muestra real (exceptuando el cromo) según lo establecido en el Decreto N° 2.635.

La investigación resume que las empresas alfareras no pueden reusar y/o aprovechar los finos de catalizador gastado de FCC debido a que no generó la dureza aceptable en los productos elaborados, viéndose afectada su calidad debido a impurezas que alteran el aspecto estético y que además pudiesen generar reacciones químicas secundarias en los procesos industriales debido a la presencia de escorias; lo que constituye una situación riesgosa para su incorporación porque ello podría implicar afectaciones en lo relativo a problemas operacionales en maquinarias y equipos.

De acuerdo con la misma investigación, el riesgo a la salud humana y al ambiente asociado a los finos de catalizador gastado de FCC no está en función de su manipulación por contacto directo, sino más bien por su capacidad de esparcimiento por el aire debido a su fina granulometría de 5 a 20 micrones, siendo esta una condición que puede controlarse usando el equipo de protección respiratorio adecuado.

El hecho de que la referida investigación haya argumentado no poder utilizar los finos de catalizador gastado de FCC para su reuso en el sector alfarero, deja un antecedente evidente que permite a PDVSA evaluar otras opciones de reuso y recuperación del mismo desecho, siendo muy conveniente no solo para Refinería El Palito, sino para el circuito de refinación nacional.

En febrero 2013 se celebró el encuentro N° 21 del Simposio Ambiental Japonés celebrado en Qatar, donde se trató lo relativo a "Soluciones de reuso de catalizador gastado de FCC" y se describió su potencial aprovechamiento en: manufactura de cemento, bloques huecos de albañilería, pavimentación con asfalto, concreto y componente base de mezcla para construcción; todo esto, de acuerdo a previos análisis de laboratorio sobre resistencia mecánica y durabilidad con resultados dentro de los límites ambientales permisibles.

El referido encuentro destacó el logro de la empresa petrolera de Omán, Orpic (Ornan Oil Refineries and Petroleum Industries Company), la cual en cooperación con una empresa portuguesa de cemento, comenzaron en 2011 a reusar el catalizador gastado de FCC generado como desecho en la respectiva empresa petrolera.

Torres, J., Izquierdo S., Trochez, J., Mejía, R., (2012) en un estudio comparativo de pastas de cemento adicionadas con catalizador de craqueo catalítico usado FCC en Colombia, se encargaron de evaluar el desempeño de un residuo de una refinería de petróleo, como adición al cemento Portland con el fin de establecer la viabilidad de su aplicación en materiales de construcción. Se analizó la hidratación en pastas de cemento adicionadas con el catalizador de

FCC, y se hizo una comparación con la adición de metacaolín (MK).

Para realizar el estudio, se prepararon pastas de cemento Portland Ordinario, adicionadas en porcentajes del 10 y 20% de FCC y MK como reemplazo de cemento. La actividad puzolánica de las adiciones y el tipo de productos de hidratación se determinaron mediante las técnicas de difracción de rayos X (DRx) y del análisis termogravimétrico (TG/DTG). Como fases principales del proceso de hidratación en las pastas adicionadas con FCC se encontraron silicatos calcicos hidratados (CSH), aluminatos calcicos hidratados (CAH), y silico-aluminatos calcicos (CASH), productos similares a los obtenidos en pastas adicionadas con metacaolín.

A partir de los resultados, se concluyó que el residuo de catalizador de craqueo catalítico evaluado, presenta una alta reactividad que se vio reflejada en el consumo del hidróxido de calcio proveniente de la hidratación del cemento; este comportamiento mejoró con el porcentaje de adición y el tiempo de curado. Con los resultados obtenidos, se comprobó la efectividad puzolanica del residuo FCC, lo cual corrobora las ventajas de su aplicación en morteros y concretos.

Es importante indicar que la utilización de este material tiene un efecto ambiental doble, debido a la posible disminución en el consumo de cemento y el uso que se le puede dar a un residuo industrial, que en la actualidad está siendo dispuesto en rellenos.

En especial para Colombia, esta aplicación es importante, al permitir la valorización de este residuo industrial y su potencial aplicación en el sector de la construcción.

Bastos et al (2011), en un estudio desarrollado a través de PDVSA-Intevep y titulado: "Caracterización química de catalizadores gastados de las unidades de craqueo catalítico (FCC) de las refinerías de El Palito y Amuay, para estudiar su potencial utilización en la formulación de lechadas de cemento para pozos de hidrocarburos y/o gas", argumentan que en PDVSA Intevep se han realizados estudios sobre la evaluación de materiales puzolánicos en lechadas de cemento, utilizando para ello arcillas calcinadas y zeolitas gastadas. Aún cuando ambos materiales tienen composición similar y están disponibles en el país, el uso de los catalizadores gastados presentan ventajas tales como, la baja o nula necesidad de someter el material a un proceso secundario de activación (no se requiere calcinación, molienda o tamizado). Es un material disponible en la industria, cuya composición y tamaño de partícula otorga alta reactividad.

La investigación refiere que a partir de los estudios realizados, se puede concluir que el origen y los distintos procesos a los que han sido sometidos los catalizadores no presentan diferencia en composición y reactividad puzolanica. Por lo tanto, los residuos de catalizador estudiados pueden ser utilizados de forma independiente o en mezclas en la formulación de lechadas, considerando el material como producto de sustitución hasta 20% y que para esta concentración muestran una satisfactoria activación química con el hidróxido de calcio [Ca(OH)2] producido durante la etapa de hidratacion de las lechadas de cemento Portland.

En resumen, la investigación argumenta que los residuos de catalizadores procedentes de las refinerías de El Palito y Amuay pueden ser mezclados o usarse independientemente como sustitutos del cemento Portland en lechadas de cemento para pozos de abandono ya que al ser caracterizados, su composición química y propiedades físicas no afecta su actividad puzolanica. Según los resultados obtenidos del estudio se concluye que los desechos de catalizadores de las refinerías de El Palito y Amuay pueden ser sustituidos hasta en un 20% de la cantidad de cemento Portland requerido en una lechada de cemento.

Trochez et al (2010) de la Universidad de Antioquia-Colombia, en una investigación titulada: Estudio de la hidratacion de pastas de cemento adicionadas con catalizador de craqueo catalítico usado (FCC) de una refinería colombiana, analizaron el efecto de la incorporación de un residuo industrial de una refinería de petróleo colombiana, conocido como catalizador de craqueo catalítico usado (FCC), en el proceso de hidratacion de pastas cementicias. Para tal efecto, se prepararon pastas de cemento Portland ordinario (OPC) adicionadas en porcentajes del 10 y 20% de FCC como reemplazo de la cantidad de cemento.

La investigación refiere que la reactividad puzolanica del material y el tipo de productos de hidratacion se determinó mediante difracción de rayos X (DRX) y análisis termogravimétrico (TG/DTG). Adicionalmente, se determinó el calor de hidratacion liberado con base en la norma ASTM C186. Los resultados indican que el proceso de hidratacion de pastas adicionadas con FCC es altamente exotérmico como consecuencia de su actividad puzolanica a cortas edades.

Los productos de hidratacion formados a partir de la reacción puzolánica del FCC son el gel de silicato calcico hidratado (CSH), la etringita, aluminatos calcicos hidratados (CAH) y silicoaluminatos calcicos hidratados (CASH), siendo estos productos similares a los que se forman en un sistema metacaolín-cemento.

Se confirma además, la potencial utilización de este material como adición al cemento Portland, para la producción de morteros y concretos de altas prestaciones y su aplicación reviste importancia al permitir la valorización de un residuo industrial.

Torres, N. y Torres, J. (2010), en un artículo publicado sobre el uso del catalizador gastado de craqueo catalítico (FCC) como adición puzolánica, concentran su estudio en la descripción del catalizador usado (FCC), donde se reportan las investigaciones realizadas al respecto cuando éste es utilizado como reemplazo de material cementante.

Argumentan que su uso es importante desde el punto de vista ambiental y económico, pues además de ser un residuo industrial, su inclusión en las mezclas como reemplazo de material cementante llevará al desarrollo de concretos de alto desempeño. De allí su interés a nivel local y mundial.

El artículo refiere que se han llevado a cabo análisis comparativos del catalizador usado de FCC

con respecto al metacaolín (MK) y argumenta que Paya J. et al. en 2003, establecieron que el catalizador usado de FCC es similar al MK tanto en su composición química como en su actividad puzolánica y señalan que esta comparación fue realizada en pastas de cemento, encontrando un porcentaje óptimo del 15 al 20% de reemplazo de cemento por FCC.

Se concluye que el catalizador gastado de FCC es un material puzolánico muy activo, el cual presenta alta reactividad a edades tempranas y su uso o inclusión en morteros y concretos de cemento Portland, contribuye a mejorar las propiedades mecánicas y de durabilidad de estos materiales. Los productos de hidratacion en pastas de cemento adicionadas con catalizador usado de FCC son muy similares a los producidos en un sistema cemento- metacaolín.

El artículo expone que entre los productos de reacción se mencionan CSH, CAH y CASH, de ahí que el comportamiento mecánico de los morteros adicionados con catalizador usado de FCC sea similar o aún superior a los adicionados con MK y también expresa que los resultados expuestos contribuirán a la conservación y preservación del medio ambiente, así como a la obtención de mejores prestaciones en morteros y concretos de cemento adicionados con este residuo.

El potencial aprovechable de los finos de catalizador gastado de FCC dado su composición silico-aluminosa es evidenciado para diversas aplicaciones como por ejemplo se expresa en el estudio de Basaldella E. en 2010 sobre la síntesis de compuestos zeolíticos y materiales relacionados para su empleo en procesos de purificación de medios fluidos mediante técnicas de adsorción e intercambio iónico, donde se argumenta que la zeolita MCM-22, es un material de última generación y que reviste potenciales aplicaciones como base para la obtención de catalizadores o adsorbentes en procesos químicos medioambientales.

La investigación plantea la utilización de catalizadores FCC agotados como materia prima la síntesis de zeolitas aluminosilíceas. Se realizan modificaciones en el proceso de síntesis con el objeto de dirigir la cristalización hacia la obtención de un sólido rico en zeolita tipo A, X o Y para probar su eficiencia en la eliminación de cationes Cr+ de soluciones acuosas mediante técnicas de intercambio catiónico. A su vez se propone inmovilizar el cromo a través de la inclusión del sólido producto del intercambio iónico en matrices cementíceas.

La investigación referida sugiere que el contenido de sílice y alúmina y las propiedades zeolíticas de catalizadores agotados, le revisten de utilidad para diversos fines industriales, razón por la cual la presente investigación sustenta el reuso de los finos de catalizador gastado de FCC en un proceso diferente al de su génesis, es decir, para aprovechamiento como agregado en morteros de revestimiento.

Paya, J. et al en 2009 en España, en una investigación titulada: Estudio del comportamiento de diversos residuos de catalizadores de craqueo catalítico (FCC) en cemento Portland, expresan que el catalizador de craqueo catalítico (FCC) es un residuo de la industria del petróleo que posee una elevada reactividad puzolanica y en matrices cementicias mejora de manera importante los

aspectos mecánicos, así como de durabilidad. En este trabajo se realiza un estudio comparativo sobre residuos de catalizador de distintos orígenes, para poder conocer si se pueden utilizar conjuntamente de forma indiscriminada o por el contrario hay que catalogarlos según su origen.

Se realizó un estudio sobre cinco residuos de catalizador de craqueo catalítico distintos, suministrados por diferentes empresas y se estudiaron sus características fisicoquímicas, reactividad puzolanica a través de estudios termogravimetricos y la evolución de las resistencias mecánicas en morteros. Tras analizar todos los aspectos se concluye que no existen diferencias entre los distintos catalizadores empleados.

De los estudios realizados a los cinco residuos de catalizador en cuanto a caracterización, reactividad puzolanica en pastas y resistencia mecánica en morteros, se concluye que el origen y los distintos procesos a los que han sido sometidos los catalizadores no provocan distinto comportamiento, ya que los cinco materiales estudiados presentan una reactividad puzolanica similar. Por ello, todos los residuos de catalizador estudiados son válidos para ser utilizados como adición mineral activa en la fabricación de morteros y hormigones. La investigación sustenta las propiedades puzolánicas del catalizador de FCC, lo cual lo reviste en importancia por considerarse un agregado que pudiese adicionarse a mezclas con cemento para su aprovechamiento y solucionando el problema ambiental que implica la disposición final del desecho que además trae consigo un elevado impacto económico considerable.

2.2 Revisión bibliográfica

Asumiendo que la investigación se vincula con un desecho industrial con potencial recuperable, generado en la Unidad de Craqueo Catalítico Fluidizado FCC de la Refinería El Palito, es necesario indicar que PDVSA-Refinería El Palito se encuentra ubicada en la costa norte de Venezuela, específicamente en el sector Punta Chávez, en las cercanías de la población de El Palito, Carretera Nacional Puerto Cabello- Morón, Municipio Juan José Flores de Puerto Cabello, estado Carabobo (Ver Figura N° 1), ocupando una amplia extensión costera, dentro de la cuenca de los ríos Sanchón y Aguas Calientes.

Figura N21.- Vista de planta de Refinería El Palito Fuente: Sistema Satelital Internacional Google Earth. Vista de Planta de la Refinería El Palito. (2014).

Según la Superintendencia de Programación y Economía en 2013, la Refinería El Palito entrega los productos requeridos por la Región Central a través de un sistema de bombas y poliductos que cubre una extensión de mas de 200 Km., dando suministro a diez (10) estados de la geografía nacional, siendo estos: Aragua, Apure, Barinas, Carabobo, Cojedes, Falcón, Guárico, Portuguesa, Lara y Yaracuy, con una capacidad diaria de producción de 140.000 Barriles por día (BPD).

El proceso productivo de Refinería El Palito, según la Superintendencia de Ingeniería de Procesos en 2012, está integrada por las siguientes unidades productivas:

- Reformación Catalítica de Nafta: El proceso de esta Unidad permite mejorar el octanaje de las naftas y obtener mezclas de aromáticos de alta calidad para ser usados como materia prima en los procesos petroquímicos (BTX).
- Destilación Atmosférica: Su objetivo es fraccionar el petróleo crudo proveniente de los campos de producción en diversas corrientes que serán alimentadas a otros sistemas aguas abajo mediante el proceso de destilación simple.
- Destilación al Vacío: Obtiene productos de valor agregado (gasóleos) al destilar las fracciones más pesadas del crudo de petróleo a presiones más bajas. La alimentación es el producto de fondo (crudo reducido) de la unidad de Destilación Atmosférica.
- Desintegración catalítica: La Unidad de Fraccionamiento de Craqueo Catalítico (FCC) transforma gasóleos pesados en productos de mayor valor comercial como: gas combustible, gasolina de exportación, gasolina para el mercado interno, diesel y olefinas para las unidades de Alquilacion y Oxigenados.
- Solventes Industriales: Produce solventes aromáticos de uso industrial para satisfacer el mercado local: pinturas, lacas, tintas, insecticidas, resinas y esmaltes.
- Complejo BTX: Produce Benceno, Tolueno y ortoxileno de alta pureza, a partir de una corriente de nafta reformada proveniente de la Unidad PTR.
- Alquilacion: Su objetivo es producir un combustible de alto octanaje, denominado alquilato, a partir de la reacción de Olefinas desde FCC en presencia de un catalizador de la reacción. Este puede ser: ácido fluorhídrico (HF) o ácido Sulfúrico (H2S04).
- Oxigenados: Su objetivo es producir un componente oxigenado de alto octanaje, para la formulación de gasolinas de exportación, denominados metil-terbutil-éter (MTBE) y ter-amil-metil-éter (TAME), a partir de la reacción de isolefinas provenientes de FCC y metanol, a través de un catalizador sólido.

La estructura organizativa de las unidades de producción en Refinería El Palito, puede verse en la Figura N° 2, mostrada a continuación.

Figura N° 2: Unidades de Producción en Refinería El Palito

Fuente: Superintendencia de Programación y Economía. REP (2014).

Una vez referenciado el ciclo productivo de Refinería El Palito y considerando que el catalizador de la Unidad de Craqueo Catalítico Fluidizado (FCC) de la Refinería El Palito de PDVSA, posee un elevado contenido de alúmina en su composición y previene del desgaste continuo que sufre el propio catalizador de dicha unidad de proceso de refinación, se hace necesario, a manera de entender el sentido de la presente investigación, dar una descripción en forma detallada de la unidad de Craqueo Catalítico Fluidizado (FCC).

Dicha unidad es la fuente generadora del desecho que estudia la presente investigación, con la cual se busca, ubicar una alternativa de su recuperación o reuso como agregado de morteros para revestimiento debido a la presencia de materiales con propiedades puzolanicas (alúmina y sílice)

que pueden servir de materia prima en la mezcla con cemento y arena.

De acuerdo con la fuente anterior, las diferentes secciones por las cuales está conformada la Unidad de Craqueo Catalítico Fluidizado en la REP son: Sistema de precalentamiento de la carga; Sistema de Reacción (Ver Figura N° 3).

Figura N2 3. Unidad de FCC-Sistema Reactor Regenerador

Fuente: Ingeniería de Procesos (2009) de Refinería El Palito.

El craqueo catalítico fluidizado (FCC), de acuerdo con el Manual de Refinación, es un proceso en el que los productos excedentes (gasóleos combinados) obtenidos por medio de los procesos primarios de destilación (atmosférica y vacío), son convertidos en productos de mayor valor comercial: gasolinas y olefinas C3/C4/C5 para las unidades de alquilacion y oxigenados. (Ver Figura l\|2 4). El proceso consiste en la desintegración de las moléculas de gasóleo en presencia de un catalizador sólido en forma de partículas esféricas, el cual se comporta como un fluido cuando se airea con vapor, es por ésta razón que deriva su nombre de craqueo catalítico fluidizado.

Figura N°4. Suministros y secuencia operacional de planta de FCC

Fuente: Manual de Refinación. Ingeniería de Procesos (2009).

Tipo de catalizador utilizado

El catalizador de la Unidad de FCC, según el Manual de Refinación, es el corazón del proceso, se fabrica en forma esférica y cuando se desgasta a finos (catalizador gastado), se convierte en un polvo fino con un diámetro promedio de partícula en el rango de 5 a 20 micrones (u.m). Un catalizador moderno de FCC tiene cuatro componentes principales: zeolita, matriz, aglomerante y soporte.

Zeolita: Las zeolitas presentes en los catalizadores de FCC son versiones sintéticas de las faujasitas, siendo el ingrediente principal con la finalidad de proveer el craqueo selectivo y gran parte de la actividad, considerando que el desempeño del catalizador depende en buena parte de la naturaleza y calidad de la zeolita presente en el mismo.

Según Mora, las zeolitas (aluminosilicatos con alto orden estructural) tienen poros con dimensiones en el orden de los nanómetros (10"9m), y de allí su clasificación como tamices moleculares, en donde la posibilidad de penetración de las moléculas de reactantes en estos catalizadores zeolíticos depende del diámetro de los poros. La zeolita puede definirse como un polímero inorgánico cristalino compuesto por redes de tetraedros formados por Al04 y Si04 unidos por un oxígeno compartido. Las principales zeolitas utilizadas en FCC son las faujasitas

del tipo X, Y, pudiéndose ver en la Figura N° 5 sobre "Estructura de una zeolita faujasita" y ZSM-5, mostrada en la Figura N° 6.

"Clasificación de algunas zeolitas".

Las tierras raras, como componente de la estructura molecular del catalizador, sirven de puente para estabilizar los átomos de alúmina en la estructura de la zeolita. Con lo cual se evita que los átomos de alúmina salgan de la estructura de la zeolita cuando el catalizador es expuesto a altas temperaturas en presencia de vapor en el regenerador. El sodio disminuye la estabilidad hidrotérmica de la zeolita y además reacciona con los sitios ácidos de la zeolita reduciendo la actividad.

Figura N° 5. Estructura de una zeolita faujasita.

(b) Representación simplificada del cuboctaedro (a), en el que aparecen los átomos de oxígeno y los de aluminio o silicio. Esto cubos octaedros unidos forman a la zeolita faujasita (c) Fuente: Sánchez, E. (1994).

Figura N°6. Clasificación de algunas zeolitas

Fuente: Sánchez, E. (1994).

Matriz: De acuerdo con el Manual de Refinación, la matriz ofrece al catalizador de FCC beneficios como los siguientes.

- Provee sitios accesibles para el craqueo de moléculas grandes de alto rango de ebullición.
- Es relativamente estable ante el ataque del vanadio y bajo condiciones de severidad hidrotérmica.
- No presenta limitaciones por difusión en el craqueo de moléculas de alto rango de ebullición.
- Los sitios ácidos de la matriz actúan como trampa de sacrificio para los compuestos básicos presentes en la carga, protegiendo a la zeolita.

Debido a su composición y estructura, las matrices no se desactivan por el Vanadio como lo hace la zeolita. Sin embargo, la matriz sirve al Níquel como soporte para dispersarse, lo cual incrementa su actividad deshidrogenante, con un impacto negativo en la producción de gas seco y coque.

La matriz provee una reducción en el rendimiento de fondos y mejora la resistencia a la contaminación por Vanadio.

Aglomerantes y soportes: De acuerdo con el Manual de Refinación, el aglomerante sirve como

un pegamento para mantener a la zeolita, la matriz y el soporte unidos, además que puede o no tener actividad catalítica y su importancia se hace predominante con catalizadores que contienen altas concentraciones de zeolita.

El soporte es una arcilla incorporada al catalizador para diluir su actividad, generalmente se utiliza caolín.

Las funciones del aglomerante y el soporte son proveer resistencia física al catalizador (densidad, resistencia a la fricción, distribución de tamaño de partícula, etc.), servir de medio de transferencia de calor y de fluidización, sobre los cuales se dispersa el componente más valioso: la zeolita.

Reacciones Desfavorables: De acuerdo con el Manual de Refinación, los catalizadores de Craqueo Catalítico Fluidizado son desactivados por el proceso de coquificación que ocurre durante la reacción de craqueo, por los efectos de la regeneración y los contaminantes de la carga (azufre y metales pesados). La desactivación puede ser de manera temporal o permanente, dependiendo del tipo y causa del proceso de desactivación.

Catalizador gastado de FCC y componentes de un mortero para revestimiento

El catalizador gastado de la unidad de Craqueo Catalítico Fluidizado (FCC), es básicamente un material de sílico-aluminoso, que se puede considerar como una arcilla refractaria con 80% de alúmina, siendo un sólido particulado de color gris, con una granulometría entre 5 micrones a 20 micrones.

Durante el craqueo de hidrocarburos pesados en el proceso de FCC, según el Manual de Refinación de Refinería El Palito, se depositan metales tales como níquel y vanadio en el catalizador, perdiendo de esta manera su capacidad de intervenir en las reacciones químicas involucradas. Para evitar tal situación, la regeneración del catalizador, que es un proceso llevado a cabo hasta que termine la vida útil del mismo y tenga que ser reemplazado totalmente, actúa quemando el lecho de carbón formado sobre el mismo, originándose C02 y ayudando al balance térmico de la unidad.

Es sabido que el catalizador gastado de FCC por su composición sílice-aluminosa posee propiedades puzolanicas, por lo tanto, Salazar A. (2012), refiere que una puzolana es un material esencialmente silíceo o aluminosilíceo que finamente dividido no posee ninguna propiedad hidráulica por sí sola, pero posee constituyentes (sílice - alúmina) capaces, a la temperatura ordinaria, de fijar el hidróxido de cal para dar compuestos estables con propiedades hidráulicas y conglomerantes.

Es considerable referir que las puzolanas se han utilizado históricamente para producir cemento, desde la antigüedad romana hasta la invención del cemento Portland en el siglo XIX.

Las puzolanas pueden clasificarse:

- Puzolanas naturales: Materias de origen volcánico y materias sedimentarias de origen animal o vegetal.
- Puzolanas artificiales: Materias tratadas (tratamiento térmico 600 y 9005C), subproductos de fabricación industrial, cenizas volantes, humo de sílice, arcillas naturales (subproductos de la industria del ladrillo cocido), ceniza de cascarilla de arroz y escorias granuladas de industrias metálicas no ferrosas.

Por lo general las propiedades puzolánicas son utilizadas ampliamente para la elaboración de cementos, y de acuerdo con Cortés V (2012), España es un caso de ejemplo donde se utiliza para elaboración de cemento puzolánico donde la proporción de puzolana empleada puede ser de hasta 55% según regulaciones locales. De acuerdo con esto es importante inferir que las propiedades puzolánicas que le confieren al cemento puzolánico ventajas sobre el cemento tradicional son las siguientes:

- Mayor defensa frente a los sulfatos y cloruros.
- Mayor resistencia frente al agua de mar.
- Aumento de la impermeabilidad ante la reducción de grietas en el fraguado.
- Reducción del calor de Hidratación.
- Incremento en la resistencia a la compresión.
- Aumenta la resistencia a la abrasión.
- Aumento en la durabilidad del cemento.
- Disminuye la necesidad de agua - Reducción de la porosidad (mejora la impermeabilidad).
- Mejora la adherencia del mortero.

Según, Soriano (2007), el uso de puzolanas y materiales cementantes en la industria del cemento y del hormigón ha ido cobrando importancia cada vez mayor en las últimas décadas, siendo varios los beneficios conseguidos con su uso y destacándose la mejora de las resistencias mecánicas, el aumento de la durabilidad y en muchos casos beneficios económicos y ecológicos. Se considera que en el futuro, un hormigón sin adiciones puzolánicas o materiales cementantes sería una excepción a la regla.

Además el uso de estos materiales residuales puzolánicos supone un beneficio ambiental doble, por un lado en sustituir parte del cemento cuya fabricación produce emisiones de dióxido de carbono, y por otro lado el consumo de los materiales residuales de otros procesos industriales, que de no utilizarse, tendrían que almacenarse en verteros controlados o rellenos sanitarios.

Según Viewpoint (1998), el C02 pertenece al denominado grupo GHG (greenhouse gas, gases invernaderos) que son en parte responsables del temido cambio climático, y desde hace unos años se está intentando conseguir que disminuya su emisión, con restricciones impuestas a nivel

internacional, recogidas entre otros tratados por el Protocolo de Kyoto.

La comunidad científica internacional estima que en los próximos 100 años la temperatura media global de planeta subirá entre 1,4-5,82C, según Rehan y Hendi (2005).

La industria del cemento es uno de los mayores emisores de los GHG, particularmente del C02. La producción de cemento es un proceso que utiliza mucha energía y que por cada tonelada de cemento Pórtland producido libera aproximadamente una tonelada de C02.

La emisión de S02 es también elevada, dependiendo del tipo de combustible usado, además se emiten a la atmósfera cantidades menores de NOx y CH4 durante la producción de cemento. El consumo de engría es del orden de 100-1.500 Kwt/Ton de cemento producido, según Anand (2006).

A continuación en la Figura N° 7 se muestra la emisión global de C02 en el año 2000 y la contribución de la producción de cemento.

Figura N°7. Emisión global de C02 en el año 2000.

Fuente. Soriano (2007), adaptado de "Toward a Sustainable Cement Industry: Climate Change, Substudy, Humphrey K, y Mahasenan M., 2002.

La producción de C02 a nivel mundial por concepto de quema de combustibles fósiles y fabricación del cemento para el periodo 1990-2011 se muestran en la Figura N°. 8

Figura N2 S.Produccion de C02 por quema de combustibles fósiles y fabricación de cemento.

Fuente: , 2012).

De acuerdo con referido en líneas anteriores, las propiedades puzolánicas le confieren a los finos de catalizador gastado de FCC como desecho industrial, la particularidad de sustituir al cemento en una relación de mezcla que la presente investigación describe, asumiendo su uso como agregado de morteros para revestimiento.

De acuerdo con lo anterior, según Medrano, K. (2010), se conoce como revestimiento a "todo elemento superficial que aplicado sobre la cara de otro elemento constructivo, mejora su aspecto estético y otras propiedades". El revestimiento se aplica con la finalidad de cubrir superficies, transfiriéndole unas cualidades que el soporte base por si mismo no tiene, o bien mejorando las propiedades del mismo, debiendo resistir el ataque de agentes o productos químicos e impactos o desgaste por abrasión, ser impermeable, además de tener función estética y protectora.

De acuerdo con lo referido, se resume que dentro de la presente investigación, se concibe al

revestimiento como una función del mortero que en su estado plástico es aplicado como recubrimiento para proteger o adornar una superficie.

En línea con lo anterior, un mortero se define como la mezcla compuesta de una o varios conglomerantes orgánicos, áridos, y a veces de adiciones y/o aditivos, que sólo requiere en el lugar de su aplicación la añadidura del agua necesaria para su correcto amasado y el desarrollo de todas sus propiedades (Grupo Cementos Portland Valderrivas, 2010).

Las propiedades de un mortero de cemento que dentro de la investigación están sujetas a estudio y observación son, en su estado plástico, (la manejabilidad) y en su estado seco: resistencia a la compresión, adherencia a la tracción, durabilidad y apariencia.

De acuerdo con la Asociación Nacional de fabricantes de Mortero Seco en España.

(2010), se concibe que la manejabilidad es la medida de la facilidad de colocación de la mezcla, relacionada directamente con la consistencia o su fluidez en tanto que este dura o blanda.

La resistencia a la compresión es una propiedad mecánica relacionada a la cohesión interna del mortero e indica así su capacidad de soportar presiones sin disgregarse.

La adherencia a la tracción es la capacidad que tiene el mortero para absorber tensiones normales y tangenciales a la superficie de unión con la estructura, la cual determina si puede resistir cargas transversales, excéntricas y pandeo. Para optimizar esta capacidad se recomienda que la mampostería en la superficie de unión sea rugosa La durabilidad es la resistencia del mortero a los agentes externos como la temperatura, agua, retracción, eflorescencia, abrasión, agentes corrosivos y choques térmicos sin deterioro de sus condiciones físico-químicas.

La apariencia se refiere al aspecto estético del mortero en obra que se coloca como revestimiento y al acabado del mismo.

Consideraciones generales sobre catalizadores gastados y posibles tratamientos de disposición.

De acuerdo con la Asociación Regional de Empresas de Petróleo y Gas Natural en Latinoamérica y El Caribe (ARPEL) en 2008, las refinerías usan un gran número de catalizadores para una variedad de propósitos: descomposición térmica, reformación, polimerización, extracción de contaminantes indeseables y craqueo de moléculas como el caso del catalizador usado para la unidad de FCC, y objeto de estudio del presente trabajo de investigación.

La mayoría de los catalizadores poseen una base de alúmina y sílice, a los cuales se le han agregado metales, y no solamente sus composiciones son diferentes, sino que también reciben acumulaciones de diversos contaminantes. Además algunos son arrojados fuera de las unidades de operación en un estado sin regeneración, creando un peligro de incendio. Sin embargo, de

acuerdo con la investigación, el catalizador gastado de FCC ya ha pasado por una etapa de regeneración que le desprende el coque formado a los mismos.

En Refinería El Palito, de acuerdo a previas caracterizaciones realizadas a los finos de catalizador gastado de FCC, éste se constituye en un desecho inerte y no peligroso, siendo manejado en términos de envasado, de acuerdo con las directrices del Decreto N° 2.635 sobre el manejo de los desechos peligrosos, a los fines de garantizar una mejor disposición y un mayor resguardo de los elementos del ambiente. Sin embargo, PDVSA como corporación, ha aprobado en febrero del 2014 gracias al Comité Técnico de Normas Ambientales (CNTA), la norma MA-01-02-11 "Gestión integral de materiales peligrosos recuperables y desechos peligrosos" donde cataloga al catalizador gastado de FCC como un desecho peligroso recuperable, refiriendo que una estrategia en su manejo se orienta a su regeneración, reuso o reciclado.

Lo anterior permite evidenciar que existe una inconsistencia de criterios en la homologación de la clasificación del desecho, pero que sin embargo, indistintamente de su acepción como desecho peligroso o no, el mismo de por si, posee características recuperables que determinan su reuso.

La acepción del desecho como peligroso recuperable de la actual y aprobada norma PDVSA MA-01-02-11, afianza mas la aprobación de su manejo dentro de la industria cementera bajo co-procesamiento, siendo una situación que la presente investigación permitiría cambiar.

Siguiendo la discusión sobre la clasificación del desecho, se refiere que en algunas oportunidades ha sido dispuesto de forma final en el vertedero La Paragüita de Morón- edo. Carabobo, de acuerdo a caracterizaciones previas que han indicado su condición no peligrosa.

En función de los anterior, el Decreto N° 2.216 refiere una definición de desecho, como la siguiente:

> "Material o conjunto de materiales resultantes de cualquier proceso u operación que esté destinado al desuso, que no vaya a ser utilizado como materia prima para la industria, reutilizado, recuperado o reciclado".

Retomando la definición anterior, el Decreto N° 2.635, refiere que un desecho es un "material, sustancia, solución, mezcla u objeto para los cuales no se prevé un destino inmediato y deba ser eliminado o dispuesto en forma permanente.

Siguiendo con lo relativo al manejo del catalizador gastado de FCC como un desecho, se refiere que retomando los planteamientos de ARPEL (2008), todos los recipientes contentivos de catalizadores gastados enviados para disposición final fuera de las instalaciones de la refinería

asociada como fuente generadora, deben estar claramente etiquetados señalando el tipo de contenido y las precauciones sobre la salud, seguridad.

En cuanto a los mecanismos de su disposición, es de referir según la citada fuente, que una proporción relativamente significante de catalizador gastado se elimina en sitios de confinamiento sanitario, que pueden recibir el material aun estando mojado, sin embargo, la tendencia es evitar usar el método de confinamiento. La fijación química por su parte, es un método que se usa algunas veces y la eliminación seca, así como el cultivo de suelos no se recomiendan, dado la presencia de metales pesados de mayor preocupación como el níquel, vanadio y antimonio, dado que la lixiviación asociada es un problema potencial.

El catalizador gastado no necesariamente es un desecho, sino un residuo sólido, siendo una práctica que aún prevalece, el vender éstos catalizadores gastados en equilibrio a otra refinería que pueda aprovechar sus propiedades. Otra opción es la desmetalización del catalizador y regresarlo a la unidad, así como también está, el reuso en otro sector ajeno al de refinación, para usos diversos como los reseñados en la sección de antecedentes de la presente investigación.

De acuerdo con lo anterior, la Ley de Gestión Integral de la Basura de 2010, refiere que un residuo sólido es un "material remanente o sobrante de actividades humanas, que por sus características físicas, químicas y biológicas puede ser utilizado en otros procesos.

Considerando todas las anteriores argumentaciones referidas por ARPEL en 2008, y considerando la definición del catalizador gastado de FCC como un residuo sólido, se expresa también, dentro del mismo orden de ideas, que la eliminación del desecho mediante una mezcla agregada de concreto es posible, pero una opción más aceptable para el medio ambiente es la recuperación de la alúmina; ingrediente necesario para la fabricación del cemento Portland. Mediante el consumo químico del catalizador no se crean responsabilidades en el futuro, debido a que el cemento se calcina a temperaturas cercanas a 2.000 ^{o}c, los metales se vaporizan y se extraen de los gases de la chimenea del horno. Pruebas realizadas en Europa han mostrado que el catalizador gastado se puede mezclar en el cemento en concentraciones de hasta un 6%.

Retomando lo anterior, el objetivo clave en la investigación es determinar la proporción idónea de catalizador gastado de FCC así como la mezcla adecuada con componentes como el cemento, agua y arena, para el reuso del desecho como agregado de morteros para revestimiento. Ello permitirá a Refinería El Palito como unidad generadora del desecho, considerar no seguir disponiendo el desecho mediante la técnica de por co-procesamiento térmico, sino más bien, reusarlo y así contribuir a la conservación ambiental.

De acuerdo con lo anterior, Thomas, R. (2009), define al co-procesamiento térmico como el uso y aprovechamiento de residuos como materia prima o fuente de energía (sirviendo como combustible alterno) en procesos industriales (elaboración del clínker del cemento), para el reemplazo de recursos naturales no renovables, como minerales y combustibles fósiles, tales

como carbón, petróleo o gas natural.

Según Geocyle (2010), el co-procesamiento se aprovecha de la energía y los minerales que están presentes en los residuos, consiguiéndose en un mecanismo en donde las cenizas generadas se integran al proceso de fabricación de cemento, pero generando gases contaminantes con restos de material particulado. Estas características son la principal diferencia entre en co-procesamiento y la incineración convencional. En esta última los residuos generan cenizas que posteriormente requieren un tratamiento seguro.

De acuerdo con lo anterior, la Figura N° 9, muestra el proceso de fabricación del cemento, donde se evidencia la valorización de desechos debido a su adición en la mezcla para la obtención del clínker del cemento.

Figura N°9. Proceso de Fabricación del cemento

Fuente: Enciclopedia Británica (2007).

Manejo actual del catalizador gastado de FCC en Refinería El Palito.

PDVSA Refinería El Palito anualmente posee una disponibilidad financiera para la compra de catalizador nuevo que es indispensable para el proceso de Craqueo Catalítico Fluidizado FCC, y luego derivado del proceso respectivo, el catalizador se desgasta en finos, constituyéndose en un desecho al cual se le debe ser manejado.

Hasta el momento el manejo del catalizador gastado de FCC en PDVSA Refinería El Palito, se realiza por disposición final en el Verterlo La Piragüita-Morón (en caso de emergencias) pero primordialmente mediante la técnica de co-procesamiento térmico, siendo una situación que puede cambiar lentamente, al ir encontrando el reuso del desecho en otros sectores industriales.

El reuso del catalizador gastado de FCC permite concebirlo como un residuo con potencial valorizable, para lo cual, PDVSA Refinería El Palito pudiese considerar no continuar disponiéndolo como un desecho mediante la técnica de co-procesamiento térmico a través de la cementera estatal INVECEM.

Retomando lo anterior, al respecto la Fundación Cema-España (2012) en su página Web conceptualiza la valorización como "cualquier operación cuyo resultado principal sea que el residuo sirva a una finalidad útil".

De igual forma, en el Informe de Gestión del Gobierno de Navarra-España del año 2012 expresa: "La valorización es cualquier operación cuyo resultado material sea que el residuo sirva a una finalidad útil al sustituir a otros materiales que de otro modo se habrían utilizado para cumplir una función particular, o que el residuo sea preparado para cumplir esa función, en la instalación

o en la economía en general." De acuerdo con la definición anterior, la Figura N° 7, muestra el estado actual y futuro en el reuso de los finos de catalizador gastado de FCC.

Figura N°10. Estado actual y futuro en el reuso del catalizador gastado de FCC

Fuente: El Autor (2014).

Dentro de PDVSA, según la norma MA-01-02-11 "Gestión integral de materiales peligrosos recuperables y desechos peligrosos", el esquema en el manejo de desechos como los finos de catalizador gastado de FCC debe ser el siguiente:

Figura N2 ll. Gestión integral de desechos en PDVSA.

Fuente: Norma PDVSA MA-01-02-11 (2014).

Producción de cemento en el mercado nacional e internacional y la importancia del uso de sustitutos.

De acuerdo con una nota de prensa emitida por la Agencia Venezolana de Noticias en (2012), los reportes del Banco Central de Venezuela indican que la producción acumulada de cemento en Venezuela entre agosto 2011 - agosto 2012 fue de 8.275.893 Ton, la cifra más alta registrada para este sector en un periodo de doce meses.

El consumo per cápita de cemento es medido por el número de kilos consumidos por habitantes en un año determinado. Para el año 2000, el consumo per cápita-año se ubicaba en 159 Kg/hab-año. Se vio seriamente disminuido en el año 2002-2003 debido al paro patronal y sabotaje petrolero cerrando para ese año a 106 Kg/hab-año.

El repunte de los niveles de producción gracias a las inversiones en mejoras operativas en plantas y a la política nacional de fortalecer el consumo nacional, el consumo per cápita de cemento se incremento para el año 2012 a 286 Kg/hab-año. Mediante las inversiones aprobadas se prevé incrementar para el año 2015 hasta 383 Kg/hab-año.

Gracias a esto, la capacidad nominal de producción de cemento se ubicará en el año 2015 a 12,89 MMTon/año. Teniendo como meta para el año 2019 contar con una capacidad productiva nacional que permita llevar el consumo per cápita a 500 Kg/hab- año lo cual permitirá asegurar este producto estratégico a las obras de infraestructura, las grandes misiones del gobierno revolucionario y el acceso a toda la población.

Es sabido que Venezuela redujo a cero sus exportaciones de cemento y que antes de la nacionalización de la industria cementera, se exportaba el 51% del cemento producido en Venezuela, pero a partir de 2008, la producción de cemento se destina totalmente para el mercado

nacional.

Se conoce que Venezuela cuenta con 9 plantas cementeras y ocho pertenecen al Estado venezolano, y que la mayor proporción de cemento se destina a las obras sociales del gobierno, quedando poca disponibilidad para el sector construcción privado y menos para particulares que requieren de dicho insumo.

La sustitución del cemento en obras civiles por desechos aprovechable como el catalizador gastado de FCC, en una proporción de mezcla que la investigación describe, es una propuesta a futuro, luego de investigaciones profundas al caso, que se traduce en un beneficio no solo ambiental, sino también social, por cuanto contribuirá a solventar la situación actual de la escasez de cemento..

De acuerdo con la Federación Interamericana de Cemento (2013), el consumo de cemento para América Latina y el Caribe en el periodo 2010-2012 ha venido en aumento, y se refleja en la siguiente Figura N° 12.

Figura N°12. Consumo de cemento en América Latina y el Caribe en 2010-2012.

Fuente: Informe Estadístico 2013 de la Federación Interamerica de Cemento FICEM.

Se evidencia que el consumo de cemento en Venezuela pasó en 2010 de 7.120.000 Toneladas a 8.280.000 Toneladas en 2012.

Así mismo, el consumo per cápita en Venezuela pasó en 2010 de 250 Kg/habitante a 277kg/habitante en 2012, y se evidencia en la Figura N° 13.

Figura N2 13. Consumo per cápita (Kg./Hab.) de cemento en América Latina y el Caribe en 2010-2012.

Fuente: Informe Estadístico 2013 de la Federación Interamerica de Cemento FICEM.

Por otro lado, la evolución de la producción de cemento en el mundo para el periodo 2001- 2012, se evidencia en la Figura N2 14.

Figura N° 14. Evolución de la producción de cemento en el mundo para el periodo 2001- 2012 (Millones de Toneladas, Base 2001=100).

Fuente: The European Cement Association (CEMBUREAU).

CIS= Asociación Industrial Serbia del Cemento. Es un Miembro asociado de la CEMBUREAU..

En el reporte de actividades de CEMBUREAU (Asociación de Cemento Europeo) del año 2012, se estima que la producción global de cemento en ese año alcanzó los 3,6 billones de toneladas, lo que se traduce en un incremento del 3% en comparación con el año anterior. China experimentó un incremento anual de 3,6%, inferior al 9,6% registrado en 2011. No obstante, China representó el 59,3% del total de la producción global de cemento, por encima del 56% alcanzado en 2011.

Excluyendo a China, la producción global de cemento aumentó en un 1,8%, inferior al crecimiento del 2,8% registrado en 2011. A pesar del declive económico global, el volumen de producción de cemento de las economías del G20 superó con ventaja el volumen producido en economías avanzadas. En términos generales estos países registraron un incremento del 3,35 anual, en comparación a la reducción del -0,9% en la economías del G7. De acuerdo a cifras provisionales, las tasas mas altas fueron registradas en Sudáfrica, Indonesia, Brasil y la India, en tanto que la Federación Rusa y Argentina, en donde la producción de cemento aumentó a altas tasas en años anteriores, sufrieron una recesión.

Entre los países del G7, la recuperación en la producción de cemento ganó impulso en Estados Unidos y Japón, lo que resulto en incrementos anuales de 9,15 y 6,1% respectivamente. En Canadá, la producción de cemento registró un aumento moderado de 1,6%, mientras que los países europeos pertenecientes al G7 reportaron fuertes retrocesos en las tasas anuales de crecimiento.

La producción continuó en aumento en 2012 en comparación con los años anteriores en América del Sur, África y Asia. Estas regiones fueron responsables del 3%, 4% y 80% de la producción de cemento respectivamente, los países que pertenecen a la CEMBUREAU representaron aproximadamente el 6% de la producción mundial y la proporción de la producción mundial atribuible a los miembros de la UE se redujo alrededor de 4,3%.

Es evidente que el consumo de cemento a nivel nacional e internacional en líneas generales tiende al alza, siendo un insumo indispensable en el sector construcción. Esta demanda particularmente en Venezuela, entres varios factores concatenados, se traduce en escasez del mismo.

Por lo anterior, evaluar el reuso de desechos industriales con contenido aprovechable es un aspecto indispensable de la investigación científica, tendiente a incorporar aspectos ambientales y sociales que le asignan al aprovechamiento de éstos desechos una condición favorecedora.

Los finos de catalizador gastado de FCC como un desecho industrial y por sus características puzolánicas pudiese constituirse en un sustituto de parte del cemento en una mezcla tradicional para morteros de revestimiento, e incluso para morteros de concreto, todo esto, mediante investigaciones profundas a futuro que logren ser concluyentes en sus respectivas aplicaciones.

2.3 Bases legales

La investigación se alinea a las directrices que la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, asigna a cada ciudadano de proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí mismo y del mundo futuro, de acuerdo con lo estipulado en el artículo l\|2 127, Capítulo IX" De los Derechos Ambientales", como un derecho y un deber consagrado que el Estado Venezolano a través de sus órganos jurisdiccionales sabrá canalizar.

Aunado a lo anterior el mismo artículo expresa que "es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación..., de conformidad con la ley". Lo anterior resalta la importancia y el compromiso que el investigador como ciudadano y como trabajador de la Refinería El Palito, se ve en el compromiso de canalizar las acciones pertinentes a la defensa y mejoramiento del ambiente.

Siguiendo lo anterior, la Ley Orgánica del Ambiente, en su Capítulo V, "De la Prohibición o Corrección de Actividades Susceptibles de Degradar el Ambiente", Art. N° 19, refiere que se consideran actividades susceptibles de degradar el ambiente, a aquellas actividades que propenden a la acumulación de residuos, basuras, desechos y desperdicios, por ello es pertinente la debida gestión de manera ambientalmente segura de los desechos industriales provenientes de la Unidad de Craqueo Catalítico Fluidizado FCC de la Refinería El Palito.

Igualmente la Ley Sobre Sustancias, Materiales y Desechos Peligrosos, establece las normas para el uso, manejo, transporte y almacenamiento y la disposición final de las sustancias y desechos peligrosos que en ella se regulan, a fin de proteger el ambiente y la salud. Adicional a esto, la investigación se enmarca dentro del Decreto N° 2.216 sobre "Normas para el Manejo de los Desechos Sólidos de Origen Doméstico, Comercial, Industrial o de cualquier otra naturaleza que no sean peligrosos", dado que el catalizador de FCC es considerado como un desecho industrial inerte y no peligroso.

Asumiendo que el catalizador gastado de FCC posee la capacidad de esparcirse por el aire dado su fina granulometría, pudiese generar afecciones a la salud de los trabajadores y la comunidad cercana al área de influencia de la REP; no existen registros científicos que así lo demuestren, y es por este motivo que son manejados en términos de envasado, bajo las consideraciones establecidas en el Decreto N° 2.635, (quien refiere los criterios para determinar la peligrosidad de desechos industriales) sobre "Normas para el Control de la Recuperación de Materiales Peligrosos y el Manejo de los Desechos Peligrosos".

Considerando lo anterior es importante referir que el citado Decreto N° 2.216 expresa en la Sección Vil: Del reciclaje, reutilización y aprovechamiento, en el artículo N° 24, que los desechos sólidos cuyas características lo permitan, deberán ser reciclados y aprovechados utilizándolos como materia prima, con el fin de incorporarlos al proceso industrial de producción de bienes, además que estos desechos denominados reciclables no deberán representar riesgos a la salud y al ambiente. Esto permite evidenciar la importancia de visualizar el reuso de los finos catalizador

gastado de FCC en otro proceso diferente al de su génesis, y considerando su naturaleza no peligrosa.

El reuso de los finos de catalizador gastado de FCC como gestión oportuna en su manejo, permitiría concebirlo como un residuo sólido (con potencial valorizable) para lo cual la Ley de Gestión Integral de la Basura del 2010 en su artículo Nº 6 lo define como "un material remanente o sobrante de actividades humanas, que por sus características físicas, químicas y biológicas puede ser utilizado en otros procesos", para lo cual su aplicación para morteros de revestimiento determinaría su utilidad práctica.

2.4 Definición de términos básicos

Arena: Conjunto de partículas de rocas disgregadas cuyo tamaño varía entre 0,063 y 2mm, compuesto principalmente por sílice en forma de cuarzo.

Acabado: Apariencia estética del mortero seco.

Aditivo: Sustancia química que se agrega a la mezcla del concreto para modificar sus propiedades y lograr condiciones específicas, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades de los materiales conglomerados en estado fresco.

Agregado: Material granular de composición mineral (arena, gravas, roca triturada, etc.) que se mezcla en distintos tamaños junto con cemento y agua, para formar concreto. Su función dentro del concreto se basa fundamentalmente, en proporcionar una masa de partículas capaces de resistir las acciones de desgaste o de la intemperie que puedan actuar sobre el concreto.

Características peligrosas: Son las definidas por las Naciones Unidas para el transporte de mercancías y que el Decreto Nº 2.635 refiere en su artículo Nº 6.

Catalizador: Es una sustancia sólida o líquida, que tiene por finalidad inducir y acelerar reacciones químicas específicas, sin alterar permanentemente su estructura y funcionalidad.

Catalizador gastado: Es un catalizador que, después de un tiempo de uso, disminuye o pierde sus propiedades químicas, debiendo ser reemplazado por otro nuevo (fresco), disminuyendo su granulometría (finos).

Cemento Pórtland: Conglomerante hidráulico mas usual en la construcción que cuando se mezcla con áridos y agua tiene la propiedad de conformar una masa pétrea resistente y duradera.

Fue inventado en 1824 en Inglaterra por el constructor Joseph Aspdin y su nombre se debe a la semejanza en aspecto con las rocas que se encuentran en la isla de Pórtland, en el condado de Dorset.

Cemento Pórtland tipo I: Cemento de uso general en la construcción que se emplea cuando no se requiere de propiedades y características especiales que lo protejan del ataque de factores agresivos como sulfatos, cloruros y temperaturas originadas por calor de hidratación, teniendo propiedades de mayores resistencias iniciales y menores tiempos de fraguado.

Cemento Pórtland con Adición de Caliza CPCA2: Es aquel cuyo contenido de caliza u otro material calcáreo es mayor a 15% y menor o igual a 30% del peso total, (de acuerdo con norma COVENIN 3134).

Clínker: Mezcla mineralógica formada por la calcinación de caliza y arcilla a una temperatura entre 1350 y 1450 ^{o}c. El clínker es el producto del horno que se muele para fabricar el cemento Pórtland.

Curado: Proceso de protección del mortero que hace posible el endurecimiento de la mezcla en condiciones óptimas. Un curado adecuado del mortero determina su buen comportamiento físico y mecánico y será determinante en la resistencia del mismo. El curado se realiza durante el proceso de fraguado del mortero para asegurar su adecuada humedad, adoptando las medidas oportunas durante el plazo que se establezca en las prescripciones y técnicas, en función del tipo, clase y categoría del cemento, de la temperatura y grado de humedad del ambiente.

Desecho Peligroso: Desecho en cualquier estado físico sólido, líquido o gaseoso que presenta características peligrosas o que está constituido por sustancias peligrosas y que no conserva propiedades físicas ni químicas útiles y por lo tanto no puede ser reusado, reciclado, regenerado u otro diferente.

Fraguado: Endurecimiento de los materiales aglomerados en un mortero y pérdida de su plasticidad debido a fenómenos fisicoquímicos.

Mampostería: Obra de construcción hecha con ladrillos o bloques de concreto que se colocan uno sobre otro de forma que queden bien aplomados, nivelados y alineados, para construir muros o paredes.

Pandeo: Es un fenómeno de inestabilidad elástica que puede darse en elementos comprimidos esbeltos, y que se manifiesta por la aparición de desplazamientos importantes transversales a la dirección principal de compresión.

Residuo: Material en estado sólido, líquido o gaseoso, que ha sido desechado y que puede ser susceptible de ser valorizado o requiere sujetarse a tratamiento o disposición final.

Reuso de un desecho: Es el empleo de un desecho en otro ciclo de producción diferente al que le dio origen.