



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ

IMPLEMENTACIÓN DE ANÁLISIS DE CARBÓN ACTIVADO EN EL LABORATORIO DE INDUSTRIAS ISLAS.

REPORTE FINAL DE RESIDENCIA PROFESIONAL QUE PRESENTA:

LAURA JANETH PEREZ BERNAL

Como requisito para acreditar la Residencia Profesional de la Licenciatura
en:

INGENIERÍA QUÍMICA

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas 15 de febrero de 2024



AGRADECIMIENTOS

Le dedico este trabajo a mi familia, en especial a mis padres, que fueron y son una fuente de inspiración para mi superación quiero agradecer el esfuerzo y apoyo que siempre me brindaron durante mi proceso de formación. Me han enseñado a ser la persona que soy, los valores con los que profeso, mi empeño y perseverancia, todo esto gracias al amor que ellos me ofrecen.

Agradezco a Dios por permitirme alcanzar un logro más en mi vida y por todos los buenos y malos momentos vividos en esta etapa.

También quiero agradecer a cada uno de mis profesores por el aprendizaje transmitido con la paciencia y sabiduría adecuada durante este proceso.

Por último, me doy las gracias a mí misma por el esfuerzo, desempeño, compromiso y dedicación hacia este trabajo.



RESUMEN

El objetivo de este trabajo es implementar una metodología basada en normas mexicanas en el laboratorio de Industrias Islas con la finalidad de realizar los análisis de índice de yodo, granulometría y densidad aparente con un costo inferior y un tiempo de obtención de resultados menor. Estos análisis ayudan a determinar la eficiencia del medio filtrante a través de su índice de Yodo, densidad aparente y granulometría. Usualmente la caracterización del carbón se ha realizado en un laboratorio certificado externo a la empresa generando costos elevados y un tiempo de espera prolongado para la obtención de los resultados finales; estos análisis se llevan a cabo cada semestre en cada una de las plantas que Industrias Islas opera, siendo más de 20 sitios dentro de la república mexicana. Se considera beneficioso para Industrias Islas implementar los análisis dentro de su propio laboratorio rigiéndose por las metodologías descritas en las NMX-F-296-SCFI-2011, NMX-F-287-SCFI-2011, NMX-F-282-SCFI-2011.

A manera de corroborar los resultados de Industrias Islas, se compararán con los obtenidos en el laboratorio certificado, si estos resultan no tener diferencia significativa se darán por válidos.



ÍNDICE

RESUMEN	3
ÍNDICE	4
Lista de Figuras	5
Lista de Tablas	6
INTRODUCCIÓN	7
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	8
PROBLEMA A RESOLVER	9
HIPÓTESIS	10
OBJETIVOS	10
Objetivo general:	10
Objetivos específicos:	10
JUSTIFICACIÓN	11
MARCO TEÓRICO	12
Carbón activado	12
Tamaño de poro	12
Tipos de carbón	13
Carbón activado granular	13
Obtención del carbón activado	13
Química superficial de los carbones activados	14
Características y usos del carbón activado	14
Especificaciones de calidad	15
Número de Yodo	16



Granulometría	16
Densidad aparente	16
Adsorción	17
PROCEDIMIENTO	18
Secado de muestras	18
Reducción de tamaño	19
Análisis índice de yodo.	20
Proceso Índice de Yodo	25
Granulometría	27
Análisis Densidad aparente	30
Proceso Granulometría	31
Proceso Densidad Aparente	34
RESULTADOS	36
Índice de yodo	36
Granulometría	36
Densidad aparente	37
CONCLUSIONES	38
COMPETENCIAS A DESARROLLAR	39
FUENTES DE INFORMACIÓN	40
ANEXOS	42



Lista de Figuras

Figura 1. Grupos Superficiales de Carbón.	14
Figura 2. Proceso de adsorción.	17
Figura 3. Filtros de donde se tomaron las muestras.	18
Figura 4. Muestras en capsulas y en la estufa en proceso de secado.	19
Figura 5. Muestra en el triturador.	19
Figura 6. Proceso de triturado.	19
Figura 7. Tamizado de muestra.	20
Figura 8. Obtención de muestras con tamaño uniforme.	20
Figura 9. Pesando muestra de carbón	21
Figura 10. Muestras de carbón con HCL.	22
Figura 11. Muestra de carbón con yodo	22
Figura 12. Filtrado de muestra	23
Figura 13. Tomando muestra de 50 ml	23
Figura 14. Titulando con tiosulfato de sodio.	24
Figura 15. Se añade el indicador	24
Figura 16. Resultado de la titulación.	24
Figura 17. Diagrama de flujo índice de Yodo	1
Figura 18. Muestra seca para realizar granulometría.	3
Figura 19. Pesando tamices a utilizar.	3
Figura 20. 100 mg de muestra para tamizar	4
Figura 21. Tamices apilados de mayor a menor.	4
Figura 22. Resultado del tamizado.	5
Figura 23: Diagrama de flujo, Granulometría	1
Figura 24. Peso de Probeta vacía	1
Figura 25. Probeta llena de la muestra.	2
Figura 26: Diagrama de flujo, Densidad aparente	3



Lista de Tablas

Tabla 1. Parámetros que debe cumplir un carbón activado para tratamiento de agua y norma de análisis.	15
Tabla 2. Materiales y reactivos a usar en el análisis de índice de Yodo.	21
Tabla 3. Tabla para identificar número de tamices anexa a la norma mexicana.	3
Tabla 4. Resultados obtenidos de índice de Yodo	8
Tabla 5. Resultados obtenidos de granulometría.	8
Tabla 6. Resultados obtenidos de densidad aparente	9
Tabla 7. Comparación de resultados	10



INTRODUCCIÓN

Dentro de la industria química es importante el desarrollo en las operaciones y procesos de los materiales adsorbentes ya que cuentan con múltiples aplicaciones en el campo como por ejemplo en la catálisis heterogéneo (craqueo del petróleo, eliminación de contaminantes, catálisis ambiental, reacciones de química fina, entre otros), en los procesos de separación de mezcla, tratamientos de residuos en solución acuosa, y procesos de purificación de gases y líquidos, como por ejemplo en los procesos de purificación de agua (Carriazo et al., 2008).

Los métodos de obtención de carbón activado son físicos o químicos, en el primer caso es un proceso térmico empleando una corriente gaseosa de dióxido de carbono, aire o vapor de agua como activante y en el segundo caso es también un proceso térmico donde se emplean como activantes reactivos químicos como ácido fosfórico, hidróxido de potasio y cloruro de zinc entre otros (Bansal, 2005).

La estructura porosa interna de los carbones activados les confiere aptitud de su empleo en procesos de adsorción por la característica especial de tener superficie específica y tamaño de poro ideal para la retención de compuestos contaminantes (Rodríguez Reinoso, 2007).

El carbón activado es un material micro poroso que tiene la capacidad de adsorber distintas sustancias tanto orgánicas como inorgánicas presentes en fluidos como gases o líquidos. Gracias a esta propiedad de adsorción el carbón activado es implementado ampliamente en diversos procesos industriales, ambientales y biomédicos tales como la purificación del agua y el aire, procesos de recuperación de solventes, desodorización, separación de gases, procesos de canalización.

Para determinar la calidad de adsorción del carbón activado, se suele medir su capacidad de retención de sustancias como colorantes en su superficie, algunas de las sustancias utilizadas para medir esta capacidad son el azul de metilo o el yodo, logrando así determinar la superficie de contacto y por tanto su capacidad de adsorción con la que cuenta.



DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Industrias Islas es una empresa internacional que se dedica al desarrollo de proyectos de tratamientos de agua y reúso de efluentes en modalidad llave en mano. Integran equipos en sistemas completos con tecnologías de desmineralización, filtración, potabilización, tratamiento biológico, entre otros. Algunos de los tratamientos que ofrecen son los siguientes:

Tratamiento secundario:

Tratamiento y reúso de agua residual sanitaria industrial, con tecnologías como:

- Cribas y rejillas para eliminación de sólidos gruesos.
- Sistemas de equalización de efluentes.
- Trampas de grasas y aceites.
- Sistemas de tratamiento físico-químico.
- Flotación por aire disuelto.
- Sistemas de digestión aeróbica y anaeróbica.
- Reactores biológicos de membranas.
- Reactor biológico de lecho móvil.
- Digestión y disposición de lodos.

Tratamientos terciarios:

Sistemas de potabilización de agua, desmineralización y agua ultra pura:

- Medios filtrantes como: Filtro de Arena, Multimedia, Carbón Activado.
- Filtración con membranas: Micro, Ultra y Nanofiltración.
- Intercambio iónico: Suavización, desalcalinizadores, lechos mixtos.
- Osmosis inversa (OI)
- Electrodionización (EDI)
- Desinfección: Lámparas Ultravioleta, Sistemas de cloración.



PROBLEMA A RESOLVER

Industrias Islas ubicada en el estado de Nuevo León, Santa Catarina tiene como principal servicio el tratamiento de agua a través de varios procesos, uno de ellos es el de filtración el cual opera con filtros de carbón, zeolita, resina y arena. Para que el proceso de filtración sea óptimo, Industrias Islas implementa y lleva a cabo un control de la vida activa del medio filtrante (carbón activado) con el que opera, para garantizar la calidad de agua tratada. Es por eso que deben realizarse análisis del medio filtrante a cada 6 meses, este servicio se realiza con laboratorios externos a la empresa que implican altos costos, además, el tiempo de espera para los resultados es mayor a los 30 días. Por este motivo se sugirió abordar el tema a resolver en este trabajo, para reducir tiempos y costos, brindando un servicio eficiente hacia sus clientes.

Estos análisis ayudan a conocer si el medio filtrante aún es eficiente para remover los parámetros que se desean retener con él, o para hacer el cambio de este. Los análisis a implementar son granulometría, índice de yodo y densidad aparente del carbón activado.



HIPÓTESIS

- Los resultados generados de la medición de los parámetros de índice de yodo, granulometría y densidad no tienen diferencia significativa con los obtenidos por un laboratorio certificado.

OBJETIVOS

Objetivo general:

- ✓ Implementar y validar una metodología de evaluación de desgaste del carbón activado.

Objetivos específicos:

- ✓ Desarrollar las metodologías para la evaluación de índice de yodo, granulometría y densidad aparente establecidas en las normas siguientes:
NMX-F-296-SCFI-2011
NMX-F-287-SCFI-2011
NMX-F-282-SCFI-2011
- ✓ Comparar los resultados generados por Industrias Islas contra los reportados por un laboratorio externo certificado en los métodos.



JUSTIFICACIÓN

El carbón activado tiene múltiples funciones en diferentes ramas científicas, está presente en diversas aplicaciones tales como eliminación de agentes decolorantes en la industria azucarera; mascarillas para la adsorción de gases tóxicos en la industria química; decoloración de vinos, zumos y vinagres en la industria alimentaria; eliminación de olores, sabores, cloro libre y ozono en el tratamiento de aguas.

Abordaremos el carbón activado como un medio filtrante para el tratamiento de aguas en la eliminación de olores y sabores, es importante destacar el seguimiento que el carbón debe de llevar durante su vida útil, esto para determinar su eficiencia a través del tiempo y no disminuir la calidad en el agua que se está tratando.

Existen factores que deben tomarse en cuenta dentro de este seguimiento, ya que llevarlo a cabo genera costos y tiempo para la industria. La finalidad de implementar los análisis de granulometría, índice de yodo y densidad en el laboratorio de Industrias Islas es reducir estos factores y brindar una mejor operación en cuanto al tratamiento de aguas.

Además de que Industrias Islas puede ofrecer un servicio adicional al cliente ofreciendo resultados en menor tiempo y con la certeza de que los análisis realizados son confiables. Por tal motivo se realizará la comparación de los resultados con los de un laboratorio certificado, implementando los métodos de procedimiento conforme indican las normas mexicanas NMX-F-296-SCFI-2011, NMX-F-287-SCFI-2011 y NMX-F-282-SCFI-2011.



MARCO TEÓRICO

Carbón activado

El carbón activado es el adsorbente más versátil y comúnmente usado debido a su volumen de poro, alta capacidad de adsorción, cinética rápida, fácil regeneración y alta área superficial, desde 500 a 1500 metros cuadrados por cada gramo de carbón (Peña et al., 2012). El área superficial del carbón dependerá mucho de la forma de activación de este mismo y de la materia prima utilizada, en el momento en el que la activación se da (ya sea física o química) se genera porosidad la cual es encargada de adsorber gases, líquidos, vapores o sólidos coloidales (Martínez, 2012; Lazo, 2016)

Tamaño de poro

Según el tamaño del poro que posea un carbón activado puede ser clasificado de acuerdo a su función:

- Poros de adsorción: Son los espacios entre las placas graníticas poseen una separación entre una y cinco veces el diámetro de la molécula que va a retenerse. Esta clase de poros tiene ambas placas de carbón, las cuales están lo suficientemente cerca como para ejercer atracción sobre el adsorbato y retenerlo con mayor fuerza (Lazo, 2016).
- Poros de transporte: Son poros mayores que los de adsorción ya que poseen un rango muy amplio de tamaño, que van hasta el de las grietas que corresponde a 0.1mm (límite detectable por la vista). En éstos, sólo una placa ejerce atracción sobre el adsorbato y entonces lo realiza con una fuerza menor e incluso insuficiente para retenerlo (Lazo, 2016).

Tipos de carbón

Existen dos tipos de carbón, clasificados como carbón activado en polvo el diámetro de la partícula de este carbón es menor que el tamiz de 200 y el carbón granular con un diámetro de partícula superior a los 0.10 mm (Lazo, 2016).



Carbón activado granular

Este carbón se suele utilizar en lecho filtrante para el tratamiento de aguas, extrayendo metódicamente las impurezas del agua (Lazo, 2016).

Composición química

Desde el punto de vista compositivo, el carbón activado en su mayoría es carbón puro, al igual que el diamante, grafito y varios carbones minerales o de madera, todos ellos tienen en común la propiedad de la adsorción, que es un proceso fisicoquímico en el que un sólido denominado adsorbente atrapa en los tabiques formas positivas de moléculas, denominadas adsorbatos, determinadas en un líquido o gasolina, la composición química del carbón activado es alrededor de 75-80% carbón, 60% oxígeno y 0.5% hidrógeno (Sevilla, 2011).

Obtención del carbón activado

Para la producción de carbón activado se debe partir de una materia prima con propiedades bien definidas tales como abundancia, dureza, estructura inherente de poros, alto contenido de carbono, bajo contenido de ceniza y alto rendimiento en masa durante el proceso de carbonización. Se ha demostrado que materias primas como la madera, el carbón, lignito, endocarpios y huesos de algunas frutas como el coco y las olivas, presentan buenas propiedades para la activación (Bastidas, 2009).

Las principales materias primas utilizadas en la fabricación de carbones activados granulares son el coque de petróleo, el carbón bituminoso y el lignito. Después del procesamiento preliminar antes de la cocción en un horno, estos materiales se calientan a una temperatura alta y reaccionan con vapor para desarrollar la extensa estructura de poros internos requerida para la adsorción. El procesamiento posterior incluye, clasificación, cribado y envasado (Robinson, 1974).

Química superficial de los carbones activados

En la superficie de los carbones es común encontrar una mayor o menor cantidad de otros átomos que no sean carbón (heteroátomos) en la Figura 1 se puede observar los diferentes tipos de grupos superficiales que se puede encontrar en un carbón.

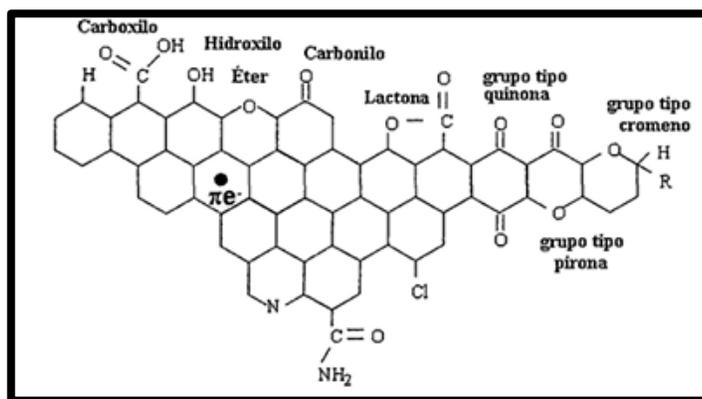


Figura 1. Grupos Superficiales de Carbón.

La mayoría de los grupos encontrados en un carbón son oxigenados ya que el carbón tiende a oxidarse aún con temperatura ambiente.

Características y usos del carbón activado

El Carbón activado cuenta con características específicas las cuales dependen de la materia prima, el proceso de carbonización y la activación química; estas propiedades le permiten a este material sea utilizado en una gran gama de aplicaciones. Este material cuenta con una elevada área superficial, alta porosidad, un buen volumen y diámetro de poros; lo que le brinda unas excelentes propiedades físicas. Además de esto también cuenta con una química superficial característica proveniente de su activación, la cual brinda ciertos grupos superficiales al Carbón Activado (Taoufik et al., 2019). Estas propiedades fisicoquímicas del carbón activado son las que proporcionan la capacidad de adsorción del material, las propiedades físicas le infieren una gran capacidad de retención y una buena difusión de moléculas al interior del CA; mientras que las químicas le proporcionan una gran afinidad hacia las moléculas debido a sus grupos funcionales situados en su superficie (Dilokekunakul et al., 2020).



En los carbones activados granulares las propiedades físicas más importantes son el tamaño de partícula y la dureza, es importante tener en cuenta que el carbón puede generar friabilidad utilizado el lecho, esto nos ayuda a determinar la velocidad con la que se rompen las partículas haciéndolas más pequeñas, dejando así las posibilidades que se escapen en el proceso de lavado del lecho o de manera natural durante el proceso en donde se ocupe.

La estructura porosa interna de los carbones activados les confiere aptitud para su empleo en procesos de adsorción por la característica especial de tener una gran capacidad de adsorción (Rodríguez-Reinoso, 2007).

Especificaciones de calidad

Como todo producto industrial, es importante conocer las diferentes propiedades del carbón activado esto se lleva a cabo con ayuda de métodos analíticos normalizados. En este caso la ASTM cuenta con métodos normalizados por este organismo que, la mayoría de fabricantes de carbón toman en cuenta para especificar el carbón que producen.

En la Tabla 1 se observan los parámetros para especificar la calidad que debe tener un carbón activado para tratamiento de aguas, encontramos el rango de valores de los parámetros y la norma en la que se basan estos rangos.

Tabla 1. Parámetros que debe cumplir un carbón activado para tratamiento de agua y norma de análisis.

Parametro	Unidades en las que se expresa	Rango de valores típicos	Ejemplo de norma que se aplica
Número de yodo	mg/g de carbón	500 a 1,200	ASTM D-4607
Área superficial	m ² /g	500 a 1,200	Adsorción de N ₂ (método BET) ASTM D-3037
Radio medio de poro y volumen total del poro	nm y cm ³	0.7 a 500.0 y 0.2 a 1.0	Porosimetría con mercurio y adsorción de N ₂ ASTM C-699
Densidad aparente	g/cm ³	0.26 a 0.65	ASTM D-2854
Dureza	Adimensional	30 a 99	ASTM D-3802
Rango de tamaño de	Malla estandar americana (U.S. Std Sieve)	4x8 a 20x50	ANSI/AWWA B604-90
Tamaño efectivo de partícula	mm	0.4 a 3.3	ANSI/AWWA B604-90
Coefficiente de uniformidad	Adimensional	menor a 2.1	ANSI/AWWA B604-90
Contenido de cenizas totales	% base seca	3 a 15	ASTM D-2866
Solubles en	% base seca	0.5 a 7	ASTM D-5029
PH del extracto acuoso	PH	2 a 11	ASTM D3838
Humedad (al empacar)	%	2 a 15	ASTM D-2867
Longitud de semidecloración	cm	2 a 10	DIN 19603

Número de Yodo

El número de yodo es un índice del área superficial de un carbón activado, esto se debe a que el yodo se adsorbe con mucha eficiencia en una capa monomolecular y su tamaño le permite alojarse hasta en los poros más pequeños en los que se lleva a cabo la adsorción. Por lo tanto, la cantidad de yodo adsorbido es proporcional al área del carbón (Marcos-Martín, 1970). El número de yodo se expresa en mg/g que es igual a miligramos de yodo adsorbidos por gramo de carbón tiene un valor aproximadamente igual al área superficial. El análisis del número de yodo suele utilizarse en los laboratorios por su bajo costo, este análisis es utilizado para el control de calidad en la producción de carbón activado y como método de evaluación .



Granulometría

Es la distribución de los diferentes tamaños de las partículas, expresado como un porcentaje en relación con el peso total de la muestra seca, para su distribución se pueden realizar dos métodos dependiendo del diámetro de las partículas. El primero es la medición y graduación de las partículas cuyo diámetro sea mayor a 0.075 mm a través de la utilización de varios tamices normados que generalmente van reduciendo sus dimensiones; el segundo se realiza cuando el diámetro de la partícula es menor a 0.075 mm por medio del análisis hidrométrico.

La granulometría de los medios granulares que se utilizan en los tratamientos de aguas son expresados por dos cifras en carbón activado o granulometría se expresa como 8x30 esto nos quiere decir que es un rango de partícula que pasa por la malla 8 y retenidas en la malla número 30.

Densidad aparente

Es el peso en g/cm³ de carbón que se encuentra totalmente seco en el aire, esto incluye el volumen de los poros y el espacio que se encuentran entre las partículas de carbón. La densidad aparente nos ayuda a determinar el volumen de cama que es necesario para contener una determinada masa de carbón activado granular, su valor determina el flujo de agua necesario para lograr un retrolavado efectivo del carbón.

Adsorción

Es el proceso por el cual los átomos que se encuentran en la superficie de un sólido, atraen y retienen moléculas de otro compuesto, fuerzas conocidas como “fuerzas de Van Der Waals”. Este fenómeno ocurre en la superficie de un sólido lo que indica que a mayor área superficial mejor será la adsorción de otros compuestos (Martínez de Yuzo ,2012).

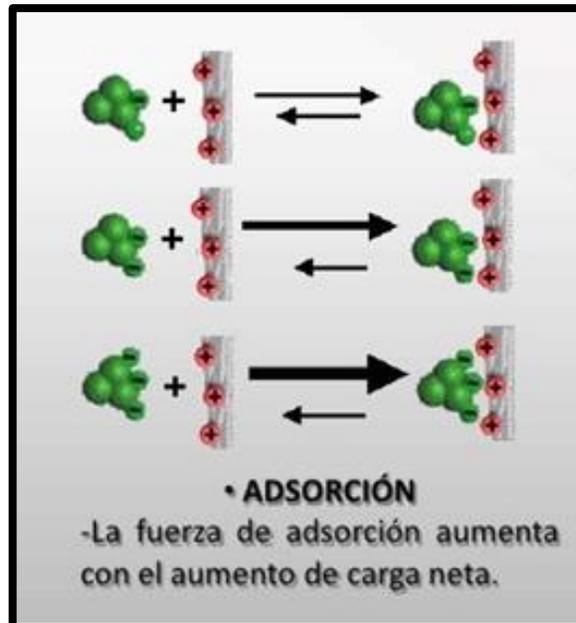


Figura 2. Proceso de adsorción.

Existen tres fases que deben cumplirse para que el proceso de adsorción se lleve a cabo (Huerta Ochoa, 1995):

1. Contacto del adsorbente en este caso Carbón activado con la solución.
2. Unión del soluto a la superficie del adsorbente.
3. Lavado del adsorbente para su reutilización provocando el proceso de desorción.

PROCEDIMIENTO

El procedimiento a seguir se basó en las normas mexicanas NMX-F-296-SCFI-2011, NMX-F-287-SCFI-2011 y NMX-F-282-SCFI-2011, ya que estas normas nos indican la metodología a seguir para la obtención de resultados de los tres análisis a implementar.

En primer lugar, se realizó el muestreo de los 6 filtros de carbón que se encuentran ubicados en Cervecería Heineken Monterrey, principal cliente de Industrias Islas, tomando dos muestras por cada filtro.



Figura 3. Filtros de donde se tomaron las muestras.

Una vez obtenidas, una muestra de cada filtro fue enviada para su análisis a la ciudad de México, lugar donde se encuentra ubicado Grupo Filtrantes (laboratorio certificado). Las muestras restantes, fueron resguardadas por Industrias Islas para su replicar los procedimientos a las que serían sometidas de acuerdo a las NOM's.

Secado de muestras

1. Se coloca una porción de carbón activado en cápsulas de porcelana y en vasos de precipitados.
2. Se precalienta la estufa a una temperatura de 110 °C.
3. Las cápsulas de porcelana se dejan dentro de la estufa durante un tiempo estimado de 24 horas o hasta que el carbón se observe totalmente seco.
4. Pasado ese tiempo las cápsulas son removidas y se dejan enfriar.



Figura 4. Muestras en capsulas y en la estufa en proceso de secado.

Reducción de tamaño

1. Una vez que las muestras se encuentren secas, son colocadas en un triturador.



Figura 5. Muestra en el triturador.

2. Se realiza el proceso de molienda o triturado.



Figura 6. Proceso de triturado.

3. El producto triturado es pasado por un tamiz malla 325 para obtener un tamaño uniforme.



Figura 7. Tamizado de muestra.

4. Se recolectan las muestras.



Figura 8. Obtención de muestras con tamaño uniforme.

Análisis índice de yodo.

Para determinar el índice de yodo de las muestras de carbón se tomó como referencia la metodología descrita en la Norma mexicana NMX-F-296-SCFI-2011, (Anexo 1).

Por cada filtro la metodología se realizó con tres repeticiones para así promediarlas y obtener un resultado final.

Material

Tabla 2. Materiales y reactivos a usar en el análisis de índice de Yodo.

Equipo y Materiales.	Reactivos.
<ul style="list-style-type: none">➤ ácido clorhídrico➤ yodo➤ tiosulfato de sodio➤ almidón	<ul style="list-style-type: none">➤ matraz Erlenmeyer con junta 24/40 de 250 ml con tapón➤ pipetas volumétricas de 10 ml, 25 ml y 50 ml➤ pinzas para matraz Erlenmeyer➤ bureta de 50 ml➤ papel filtro de poro medio➤ embudo de tallo corto➤ matraz Erlenmeyer de 125 ml➤ espátula➤ perilla➤ pinzas para bureta➤ soporte universal

Descripción del método

1. Se pesa aproximadamente 1g de carbón seco y triturado, y se coloca en un matraz de 250 ml.



Figura 9. Pesando muestra de carbón

2. Añadir 5 ml de ácido clorhídrico HCL al 5% y agitarlo hasta que el carbón se humedezca completamente.
3. Llevar a calentar el carbón con HCL, esperar a ebullición, mantenerlos así durante 30 segundos y retirar.



Figura 10. Muestras de carbón con HCL.

4. Dejar enfriar y esperar a que tomen temperatura ambiente.
5. Añadir con pipeta volumétrica 50 ml de solución estándar de yodo 0.1N.

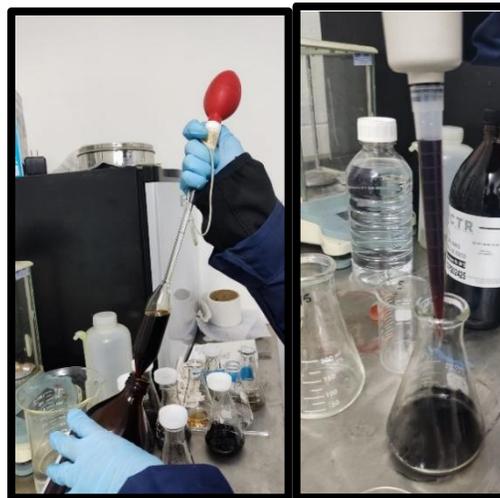


Figura 11. Muestra de carbón con yodo

6. Tapar y agitar los matraces durante 30 segundos.

7. Colocar en un vaso de precipitados seco y limpio papel filtro de poro medio, dejar filtrar por medio de gravedad la solución.



Figura 12. Filtrado de muestra

8. Descartar los primeros 15 ml esto nos servirá para enjuagar la pipeta con la que trabajaremos.
9. Del resto del filtrado, tomar 50 ml con la pipeta volumétrica y depositarlos en un matraz de 125 ml.



Figura 13. Tomando muestra de 50 ml

10. Llenar la bureta con tiosulfato de sodio al 0.1N.
11. Empezar a titular la solución del matraz de 125 ml hasta que tome un color amarillo pálido.



Figura 14. Titulando con tiosulfato de sodio.

12. Colocar unas gotas de indicador almidón, se tornará a una coloración azul.



Figura 15. Se añade el indicador

13. Seguir titulando con el tiosulfato hasta que la muestra se observe incolora, anotar el volumen gastado de tiosulfato.



Figura 16. Resultado de la titulación.

Proceso Índice de Yodo

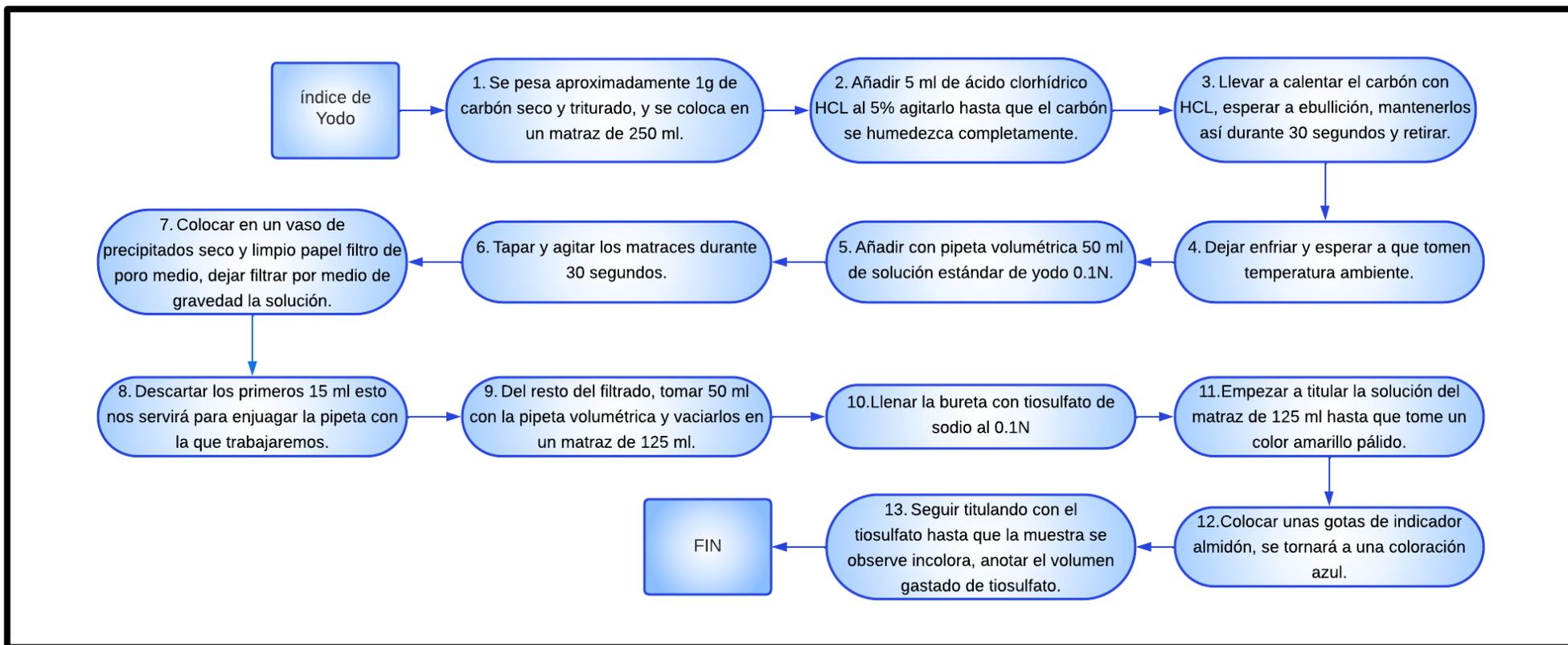


Figura 17. Diagrama de flujo índice de Yodo



Para la expresión de resultados se realizaron los siguientes cálculos:

$$\frac{X}{M} = \frac{A - [(2.2B)(mL \text{ gastados de tiosulfato})]}{(g \text{ de carbón empleados, base seca})}$$

$$C = \frac{(N_2)(mL \text{ de tiosulfato gastados})}{(25)}$$

$$\text{No. de Yodo} = \left(\frac{X}{M}\right) (D)$$

Dónde:

A: es el producto de (N1)

B: es el producto de (N2)

x/M: son los mg de yodo absorbidos por g de carbón.

C: es la normalidad residual del filtrado.

N1: es la normalidad de la solución del yodo.

N2: es la normalidad de la solución de tiosulfato de sodio.

2.2: es el factor de la alícuota cuando se emplea el HCl.

D: es el factor de corrección (Véase Tabla 2).

M: es la masa molar equivalente.

El factor de correlación se obtiene con ayuda de la tabla anexa a la norma.

TABLA 2.- Factor de corrección:

NORMALIDAD RESIDUAL FILTRADO (C)	0.0000	0.0001	0.0002	0.0003	0.0004	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009
0.0080	1,1625	1,1613	1,1600	1,1575	1,1550	1,1538	1,1530	1,1500	1,1475	1,1463
0.0090	1,1438	1,1425	1,1400	1,1375	1,1363	1,1350	1,1325	1,1300	1,1288	1,1275
0.0100	1,1250	1,1238	1,1225	1,1213	1,1200	1,1175	1,1163	1,1150	1,1138	1,1113
0.0110	1,1100	1,1088	1,1075	1,1063	1,1038	1,1025	1,1000	1,0988	1,0975	1,0963
0.0120	1,0950	1,0938	1,0925	1,0900	1,0888	1,0875	1,0863	1,0850	1,0838	1,0825
0.0130	1,0800	1,0788	1,0775	1,0763	1,0750	1,0738	1,0725	1,0713	1,0700	1,0688
0.0140	1,0675	1,0663	1,0650	1,0625	1,0613	1,0600	1,0588	1,0575	1,0563	1,0550
0.0150	1,0538	1,0525	1,0513	1,0500	1,0488	1,0475	1,0453	1,045	1,0425	1,0425
0.0160	1,0413	1,0400	1,0388	1,0375	1,0375	1,0363	1,0350	1,0333	1,0325	1,0313
0.0170	1,0300	1,0288	1,0275	1,0263	1,0250	1,0245	1,0238	1,0225	1,0203	1,0200
0.0180	1,0200	1,0188	1,0175	1,0163	1,0150	1,0144	1,0138	1,0125	1,0125	1,0113
0.0190	1,0100	1,0088	1,0075	1,0075	1,0063	1,0050	1,0050	1,0038	1,0025	1,0025
0.0200	1,0013	1,0000	1,0000	0,9988	0,9750	0,9975	0,9963	0,9950	0,9950	0,9938
0.0210	0,9938	0,9925	0,9925	0,9913	0,9900	0,9900	0,9888	0,9875	0,9875	0,9963
0.0220	0,9863	0,9850	0,9850	0,9838	0,9825	0,9825	0,9813	0,9813	0,9800	0,9788
0.0230	0,9788	0,9775	0,9775	0,9763	0,9763	0,9750	0,9750	0,9738	0,9738	0,9725
0.0240	0,9725	0,9708	0,9700	0,9700	0,9688	0,9688	0,9675	0,9675	0,9663	0,9663
0.0250	0,9650	0,9650	0,9638	0,9638	0,9625	0,9625	0,9613	0,9613	0,9606	0,9600
0.0260	0,9600	0,9588	0,9588	0,9575	0,957	0,9563	0,9563	0,9550	0,9550	0,9538
0.0270	0,9538	0,9525	0,9525	0,9519	0,9513	0,9513	0,9506	0,9500	0,9500	0,9438
0.0280	0,9488	0,9475	0,9475	0,9463	0,9463	0,9463	0,9450	0,9450	0,9438	0,9438
0.0290	0,9425	0,9425	0,9425	0,9413	0,9413	0,9400	0,9400	0,9394	0,9388	0,9388
0.0300	0,9375	0,9375	0,9375	0,9363	0,9363	0,9363	0,9363	0,9350	0,9350	0,9346
0.0310	0,9333	0,9333	0,9325	0,9325	0,9325	0,9319	0,9319	0,9313	0,9300	0,9300
0.0320	0,9300	0,9294	0,9288	0,9288	0,9280	0,9275	0,9275	0,9275	0,9270	0,9270
0.0330	0,9263	0,9263	0,9257	0,9250	0,9250					

Granulometría

Se tomó como base el método de la norma NMX-F-287-SCFI-2011 que nos indica los pasos a seguir para lograr este análisis, se realizaron 3 pruebas por cada filtro para al final obtener como promedio el resultado final.

Materiales

Equipo y Materiales.
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Recipiente para pesar la muestra ➤ Pinceles o brochas ➤ Balanza con sensibilidad de $\pm 0,1g$ máximo ➤ Tamices

Dependiendo del tipo de carbón a utilizar se seleccionan las mallas con ayuda de la siguiente tabla anexa a la norma.

Tabla 3. Tabla para identificar número de tamices anexa a la norma mexicana.

Tipo de Carbón	Malla (Tamiz)
Pulverizado	100, 200, 325 y fondo
Granular	8, 10, 12, 14, 16, 20, 30, 40 y fondo

Como el tipo de carbón que teníamos era granular, se utilizaron mallas de 8,10,12,16,20,30,40 y fondo con el procedimiento que se describe a continuación.

1. Una vez seca la muestra se extrajo la porción a utilizar.



Figura 18. Muestra seca para realizar granulometría.

2. Se pesaron los tamices a utilizar.



Figura 19. Pesando tamices a utilizar.

3. En el recipiente se pesaron 100 g de carbón granulado.



Figura 20. 100 mg de muestra para tamizar

4. Los tamices utilizados se acomodaron de mayor a menor abertura, de arriba hacia abajo, así como la tapa y el fondo.



Figura 21. Tamices apilados de mayor a menor.

5. Se colocó la muestra en el tamiz superior y se trabajaron por 10 minutos, el proceso se repitió por cada muestra.



Figura 22. Resultado del tamizado.

- Después de haber terminado el ciclo de agitación, se obtuvo el peso del carbón retenido en cada uno de los tamices.

Para la expresión de resultados se utilizaron los siguientes cálculos:

$$A_n = \left(\frac{W_1 - W_0}{M} \right) \times 100$$

Dónde:

A_n = Porcentaje de retenido de carbón

W_1 = Peso en gramos del tamiz más la muestra de carbón retenido.

W_0 = Peso en gramos del tamiz

M = Peso en gramos de la muestra $[\sum W_1 - W_0]$

n = Número de tamiz utilizado

Análisis Densidad aparente

Se utilizó el siguiente material para la obtención de datos. Se realizaron 3 pruebas por cada filtro para su repetibilidad. Conforme a lo estipulado en la norma NMX-F-282-SCFI-2011 se obtuvieron los datos para este análisis.

Proceso Granulometría

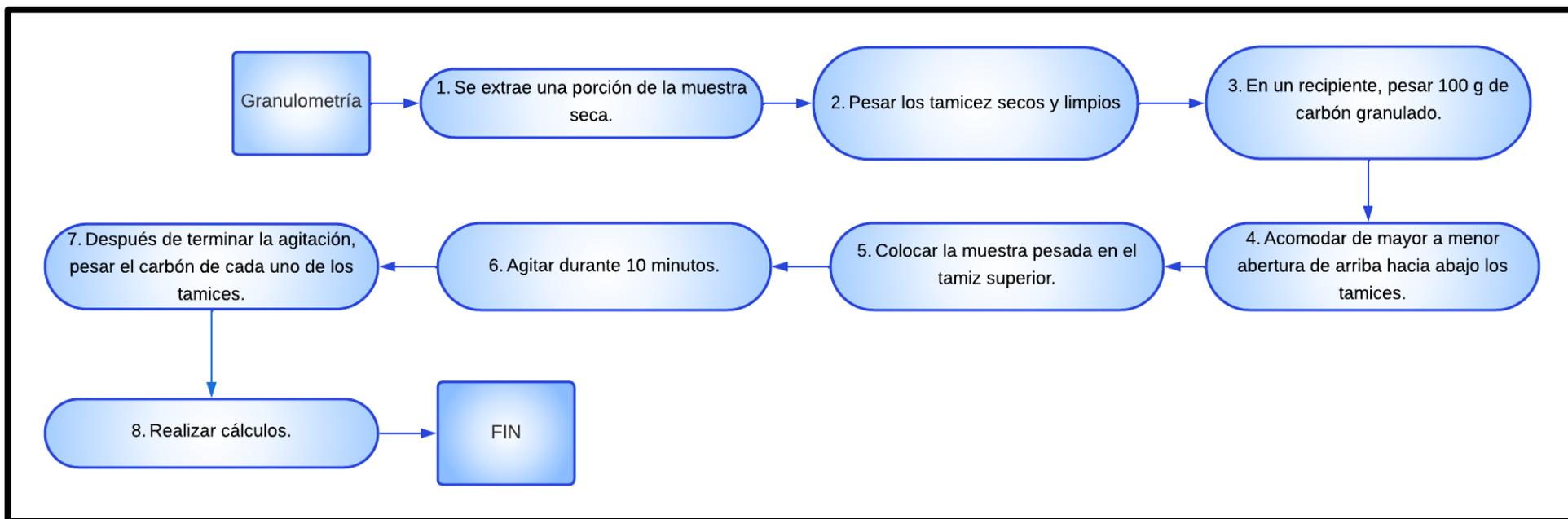


Figura 23: Diagrama de flujo, Granulometría

Equipo y Materiales.
<ul style="list-style-type: none">➤ Espátula➤ brocha➤ varilla de vidrio➤ embudo➤ soporte universal➤ cuchara➤ probeta de 50 ml➤ balanza con sensibilidad de $\pm 0,1\text{g}$ máximo

1. Se pesó la probeta vacía anotando el resultado. (G_1)



Figura 24. Peso de Probeta vacía

2. Se midió el volumen de la probeta

3. Se homogenizó la muestra perfectamente, vertiendo la muestra en la probeta hasta derramar. Se enraso con ayuda de una varilla de virio al nivel de la probeta (V)



Figura 25. Probeta llena de la muestra.

4. Se pesó la probeta con la muestra y se anotó el resultado (G_2)

Proceso Densidad Aparente

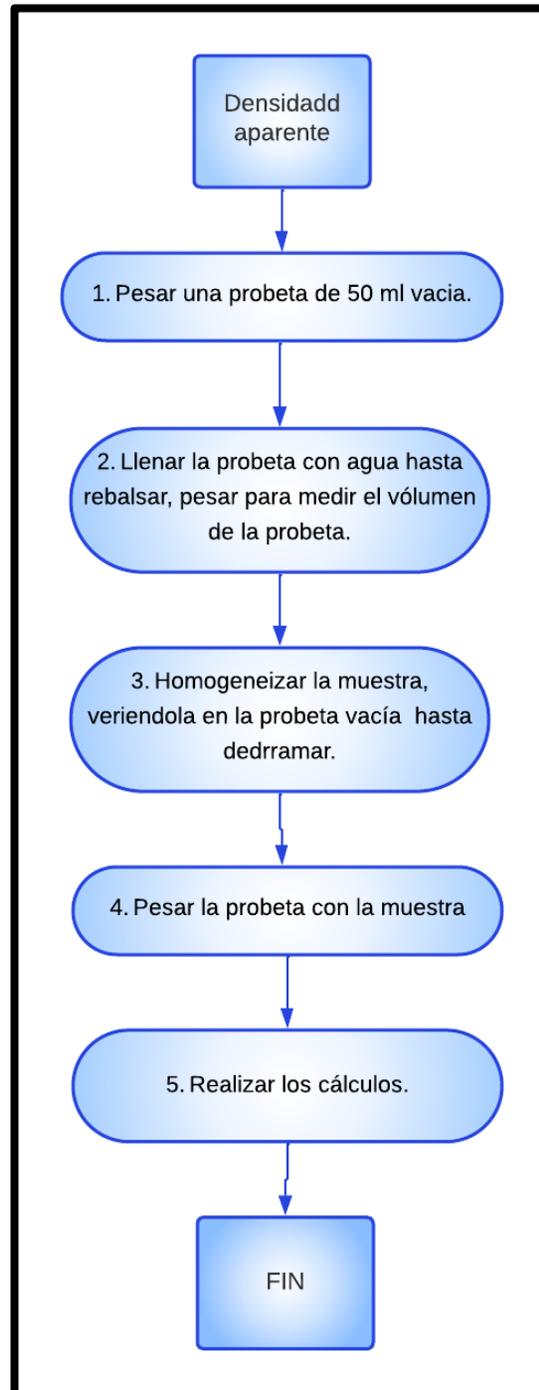


Figura 26: Diagrama de flujo, Densidad aparente



Cálculos:

$$D_a = \frac{G_2 - G_1}{V}$$

Dónde:

D_a = Densidad aparente en g/mL

G_1 = Peso de la probeta vacía, en g.

G_2 = Peso de la probeta con la muestra homogeneizada de carbón, en g.

V = Volumen de la probeta hasta el enrasedo, en ml

RESULTADOS

Los resultados obtenidos se encuentran definidos en las siguientes tablas.

Índice de yodo

En la Tabla 4 se observa el resultado de índice de yodo, obtenido a través de la media de tres repeticiones de análisis por cada una de las muestras de los filtros, según especificaciones de carbones activados por la norma estadounidense ASTM D-4607 el valor del índice de yodo debe estar en un rango de 500-1500 mg/g. En los resultados se observan del FCA1 al FCA5, se encuentran dentro del rango que marca la norma en su defecto el FCA6 no cumple con esta especificación esto nos quiere decir que el carbón ya se encuentra desgastado.

Tabla 4. Resultados obtenidos de índice de Yodo

N° FCA	Índice de yodo (mg2/g)
FCA1	587
FCA2	561
FCA3	511
FCA4	521
FCA5	541
FCA6	393

Granulometría

Los resultados obtenidos de la Tabla 5 son una media de tres repeticiones por cada muestra. El carbón activado granular se fabrica en diversos rangos de tamaño. En este caso las especificaciones son de 8x30 esto se refiere a que el carbón pasa por la malla 8 pero no por la de 30. Mientras menor es el tamaño de partícula, el carbón activado granular adsorbe con mayor rapidez, aunque ocasiona una mayor caída de presión. El coeficiente de uniformidad no debe exceder de 2.1 para carbón activado utilizado en el tratamiento de agua especificado en el estándar americano ANSI/AWWA B604-90 para carbón activado

granular. De acuerdo con lo establecido en la norma estadounidense los FCA4 y FCA6 se encuentran desgastados.

Tabla 5. Resultados obtenidos de granulometría.

N° de malla	FCA1	FCA2	FCA3	FCA4	FCA5	FCA6
8 (%)	4.7	1.9	5.7	0.2	4.9	4.6
12 (%)	7.2	12.1	15.8	13.2	11.8	18.0
14(%)	14.9	18.6	18.1	22.5	24.4	14.2
20(%)	57.3	50.5	37.7	44.3	44.5	31.3
30(%)	14.2	14.9	16.9	14.8	12.1	24.9
40 (%)	1.8	2.0	5.9	3.8	2.7	5.5
Fondo (%)	0.5	0.5	0.2	1.5	0.2	1.7

Densidad aparente

En la Tabla 6 se observan los resultados obtenidos para densidad aparente. La norma estadounidense ASTM D-2854 establece que el rango aceptable para un carbón granular es de 0.26-0.65 g/cm³, basado en la norma la densidad aparente de los FCA es aceptables siendo el FCA6 con menor densidad. Conocer la densidad del carbón nos permite determinar el volumen que contiene una porción de carbón, ayuda a conocer el volumen de agua en un retro lavado de carbón activado.

Tabla 6. Resultados obtenidos de densidad aparente

N° FCA	Densidad aparente (g/ml)
FCA1	0.51
FCA2	0.50
FCA3	0.48
FCA4	0.49
FCA5	0.50
FCA6	0.44

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos de los análisis realizados en el laboratorio de Industrias Islas cumplen con la hipótesis establecida, ya que están dentro del rango que marcan las normas americanas.

Analizando y comparando los resultados obtenidos en el laboratorio de la empresa, notamos una tendencia con los resultados del laboratorio externo certificado, se puede observar en la siguiente comparativa.

Tabla 7. Comparación de resultados

PARÁMETRO	INDUSTRIAS ISLAS	LABORATORIO EXTERNO CERTIFICADO
Índice de yodo	FCA6 no cumple con esta especificación	Filtro FC6 se encuentra por debajo del especificado
Granulometría	los FCA4 y FCA6 se encuentran desgastados.	FC6 Gastada
Densidad aparente	FCA6 con menor densidad	Densidad disminuida en FC2 y FC6

Con la Tabla 7 se puede concluir que, la metodología empleada en los análisis de índice de yodo, granulometría y densidad aparente son confiables para poder realizar en el laboratorio de Industrias Islas, dando como resultado un ahorro económico y de tiempo para la empresa, ya que los análisis requeridos a futuro serán realizados en el laboratorio de Industrias Islas.



COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Las competencias que se desarrollaron durante este trabajo fueron capacidad de analizar para llevar a cabo cada método se tuvo que analizar antes de aplicarlo o ponerlo en práctica, de comprender lo que la norma daba a entender ya que en algunas partes es un poco difícil de entender los pasos a seguir, de interpretar esta competencia fue fundamental a la hora de obtener los datos, para realizar los cálculos que en la norma están marcados para obtener el resultado final y saber qué es lo que ese resultado nos está queriendo decir, por ejemplo si el carbón a un es apto para seguir cumpliendo la función que se necesita o si hay que realizar un cambio, es fundamental tener certeza con este resultado ya que hacer el cambio de carbón tiene un costo elevado para la industria.



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Peña H., Giraldo, L., Moreno, J. (2012). Preparación de carbón activo a partir de cáscara de naranja por activación química. Caracterización física y química. *Revista Colombiana de Química*, 41(2), 311-323.
- Carriazo, J. G., Molina, R., Moreno, S., Fractal dimension and energetic heterogeneity of gold-modified Al-Fe-Ce Pilc's, *Applied Surface Science*, 255 3354-3360, 2008.
- Bansal, R.C. (2005). *Activated Carbón Adsoption*. Taylor Francis, Boca Raton, Florida United States.
- Bastidas, M., Buelvas, L., Márquez, M., Rodríguez, K. (2009) Producción de Carbón Activado a partir de Precursores Carbonosos del Departamento del Cesar, Colombia, Universidad Popular del Cesar, Centro de investigación y desarrollo tecnológico del carbón, 21(3), 87-96.
- Taoufik, N., Elmchaouri, A., Anouar, F., Korili, S. & Gil, A. (2019). Improvement of the adsorption properties of an activated carbon coated by titanium dioxide for the removal of emerging contaminants. *Journal of Water process engineering*. DOI: 10.1016/j.jwpe.2019.100876
- Dilokekunakul, W., Teerachawanwong, P., Klomkliang, N., Supasitmongkol, S. & Chaemchuen, S. (2020). Effects of nitrogen and oxygen funtional groups and pore width of activated carbon on carbon dioxide capture: Temperature dependence. *Chemical engineering Journal*. DOI: 10.1016/j.cej.2020.124413
- Martínez de Yuzo Ariza, A. (2012). Carbón Activado . En A. Martínez de Yuzo Ariza, *Desarrollo de carbones activados a partir de residuos lignocelulósicos para la adsorción recuperación de tolueno y n-hexano* (págs. 4-8). Villanueva de Gállego.



- Marco-Martín, F., "El carbón vegetal propiedades y obtención". Ed. Agroguiás mundi-prensa Año, 1970.
- Sevilla, U. (2011). Manual Del Carbón Activo. Aula.Aguapedia.Org, 1–89. http://aula.aguapedia.org/pluginfile.php/10339/mod_resource/content/1/CARBoNACTIVODEFINITIVO tar.pdf
- Rodriguez Reynoso, F., Molina Sabio, M. & Gonzalez, M.T. (1995). The use of steam and dióxido de carbono as activatingagents in the preparación of activated carbons. Carbon, p.15-23.
- J.H. Robinson, Robert E. 1974 "AWWA Estándar for Granular Activate Carbon" (págs.673-681)
- Lazo, Roberto. Operaciones y Procesos para la producción de carbón activado a partir de cáscara de Coco. Trabajo de titulación (Maestría En Investigación Y Docencia Universitaria). Callao: Universidad Nacional del Callao. 2016.
- Manual del carbón activo. "Maestría en ingeniería del agua". Universidad Politécnica de Sevilla, España. www.aguapedia.net

ANEXOS

ANEXO 1. Hojas de cálculo, para obtener resultados finales.

- Cálculos para índice de Yodo.

ID muestra	X/M Norma X/M = [A-((2.2*B)*mL Tiosulfato)]/gr carbón	lodo Residual C = (N2*mL de tiosulfato)/Vol Yodo	Factor de corrección @	No. De Yodo	Nº de filtro	RESULTADOS
1	541.1246204	0.0128	1.0838	586.4708636	FC1	587.2095801
2	543.4642935	0.0124	1.0888	591.7239228		
3	541.4700269	0.0132	1.0775	583.433954		
4	532.2585351	0.0144	1.0613	564.8859833	FC2	561.3910797
5	530.1626222	0.0148	1.0575	560.646973		
6	528.2650428	0.0148	1.0575	558.6402827		
7	490.7578829	0.016	1.0413	511.0261834	FC3	511.595489
8	494.3526657	0.0156	1.0453	516.7468415		
9	488.687655	0.0164	1.0375	507.0134421		
10	513.4958787	0.0172	1.0275	527.6170153	FC4	521.5194786
11	509.4890592	0.0176	1.0238	521.6148988		
12	501.5343275	0.0172	1.0275	515.3265215		
13	510.1834643	0.0156	1.0453	533.2947753	FC5	541.5066607
14	520.9719068	0.016	1.0413	542.4880465		
15	524.9566251	0.0156	1.0453	548.7371602		
16	424.4938604	0.03	0.9375	397.9629942	FC6	393.8795089
17	418.6551437	0.0304	0.9363	391.9868111		
18	418.9184187	0.0308	0.935	391.6887215		

- Cálculos para granulometría

Muestra 1		Filtro 1		
# Tamiz (n)	Peso Tamiz (W0)	Peso tamiz con carbón (W1)	Gramos de carbón (M)	A _g
8	456.8	461.6	4.8	4.8%
12	442.6	443.8	7.2	7.2%
14	415.8	430.4	14.6	14.6%
20	389.2	446.6	57.4	57.4%
30	377.6	391.4	13.8	13.8%
40	346.4	348.1	1.7	1.7%
Fondo	360	360.5	0.5	0.5%

Muestra 2		Filtro 1		
# Tamiz (n)	Peso Tamiz (W0)	Peso tamiz con carbón (W1)	Gramos de carbón (M)	A _g
8	456.8	461	4.2	4.2%
12	442.6	449.8	7.2	7.2%
14	415.8	431.2	15.4	15.4%
20	389.2	446.2	57	57.0%
30	377.6	392	14.4	14.4%
40	346.4	348.4	2	2.0%
Fondo	360	360.5	0.5	0.5%

Muestra 3		Filtro 1		
# Tamiz (n)	Peso Tamiz (W0)	Peso tamiz con carbón (W1)	Gramos de carbón (M)	A _g
8	456.8	461.8	5	5.0%
12	442.6	449.8	7.2	7.2%
14	415.8	430.4	14.6	14.6%
20	389.2	446.8	57.6	57.6%
30	377.6	392	14.4	14.4%
40	346.4	348.2	1.8	1.8%
Fondo	360	360.4	0.4	0.4%

Muestra 1		Filtro 2		
# Tamiz (n)	Peso Tamiz (W0)	Peso tamiz con carbón (W1)	Gramos de carbón (M)	A _g
8	456.8	458.7	1.9	1.9%
12	442.6	455	12.4	12.4%
14	415.8	434.2	18.4	18.4%
20	389.2	439.4	50.2	50.2%
30	377.6	392.4	14.8	14.8%
40	346.4	347.8	1.4	1.4%
Fondo	360	360.4	0.4	0.4%

Muestra 2		Filtro 2		
# Tamiz (n)	Peso Tamiz (W0)	Peso tamiz con carbón (W1)	Gramos de carbón (M)	A _g
8	456.8	458.8	2	2.0%
12	442.6	454.8	12.2	12.2%
14	415.8	434.4	18.6	18.6%
20	389.2	439.8	50.6	50.6%
30	377.6	392.6	15	15.0%
40	346.4	348.6	2.2	2.2%
Fondo	360	360.6	0.6	0.6%

Muestra 3		Filtro 2		
# Tamiz (n)	Peso Tamiz (W0)	Peso tamiz con carbón (W1)	Gramos de carbón (M)	A _g
8	456.8	458.6	1.8	1.8%
12	442.6	454.4	11.8	11.8%
14	415.8	434.5	18.7	18.7%
20	389.2	439.8	50.6	50.6%
30	377.6	392.4	14.8	14.8%
40	346.4	348.8	2.4	2.4%
Fondo	360	360.5	0.5	0.5%



Muestra 1		Filtro 3		
# Tamiz (n)	Peso Tamiz (W0)	Peso tamiz con carbón (W1)	Gramos de carbón (M)	\bar{A}_g
8	456.8	462.2	5.4	5.4%
12	442.6	458.8	16.2	16.2%
14	415.8	435.8	20	20.0%
20	389.2	427	37.8	37.8%
30	377.6	394.8	17.2	17.2%
40	346.4	352.2	5.8	5.8%
Fondo	360	360.2	0.2	0.2%

Muestra 2		Filtro 3		
# Tamiz (n)	Peso Tamiz (W0)	Peso tamiz con carbón (W1)	Gramos de carbón (M)	\bar{A}_g
8	456.8	462.8	6	6.0%
12	442.6	458.2	15.6	15.6%
14	415.8	431.4	15.6	15.6%
20	389.2	426.9	37.7	37.7%
30	377.6	394.6	17	17.0%
40	346.4	352.4	6	6.0%
Fondo	360	360.2	0.2	0.2%

Muestra 3		Filtro 3		
# Tamiz (n)	Peso Tamiz (W0)	Peso tamiz con carbón (W1)	Gramos de carbón (M)	\bar{A}_g
8	456.8	462.6	5.8	5.8%
12	442.6	458.2	15.6	15.6%
14	415.8	434.6	18.8	18.8%
20	389.2	426.8	37.6	37.6%
30	377.6	394.2	16.6	16.6%
40	346.4	352.4	6	6.0%
Fondo	360	360.3	0.3	0.3%

Muestra 1		Filtro 4		
# Tamiz (n)	Peso Tamiz (W0)	Peso tamiz con carbón (W1)	Gramos de carbón (M)	\bar{A}_g
8	456.8	457	0.2	0.2%
12	442.6	456	13.4	13.4%
14	415.8	436.8	21	21.0%
20	389.2	430.2	41	41.0%
30	377.6	395.2	17.6	17.6%
40	346.4	351.2	4.8	4.8%
Fondo	360	361.8	1.8	1.8%

Muestra 2		Filtro 4		
# Tamiz (n)	Peso Tamiz (W0)	Peso tamiz con carbón (W1)	Gramos de carbón (M)	\bar{A}_g
8	456.8	457	0.2	0.2%
12	442.6	455.4	12.8	12.8%
14	415.8	439.6	23.8	23.8%
20	389.2	435.4	46.2	46.2%
30	377.6	389.6	12	12.0%
40	346.4	349.8	3.4	3.4%
Fondo	360	361.4	1.4	1.4%

Muestra 3		Filtro 4		
# Tamiz (n)	Peso Tamiz (W0)	Peso tamiz con carbón (W1)	Gramos de carbón (M)	\bar{A}_g
8	456.8	457	0.2	0.2%
12	442.6	456	13.4	13.4%
14	415.8	438.4	22.6	22.6%
20	389.2	435	45.8	45.8%
30	377.6	392.4	14.8	14.8%
40	346.4	349.6	3.2	3.2%
Fondo	360	361.2	1.2	1.2%

Muestra 1		Filtro 5		
# Tamiz (n)	Peso Tamiz (W0)	Peso tamiz con carbón (W1)	Gramos de carbón (M)	\bar{A}_g
8	456.8	461.2	4.4	4.4%
12	442.6	454	11.4	11.4%
14	415.8	440.2	24.4	24.4%
20	389.2	433.8	44.6	44.6%
30	377.6	389	11.4	11.4%
40	346.4	349.4	3	3.0%
Fondo	360	360.2	0.2	0.2%

Muestra 2		Filtro 5		
# Tamiz (n)	Peso Tamiz (W0)	Peso tamiz con carbón (W1)	Gramos de carbón (M)	\bar{A}_g
8	456.8	461.8	5	5.0%
12	442.6	454.2	11.6	11.6%
14	415.8	440.6	24.8	24.8%
20	389.2	433.8	44.6	44.6%
30	377.6	391	13.4	13.4%
40	346.4	349	2.6	2.6%
Fondo	360	360.2	0.2	0.2%

Muestra 3		Filtro 5		
# Tamiz (n)	Peso Tamiz (W0)	Peso tamiz con carbón (W1)	Gramos de carbón (M)	\bar{A}_g
8	456.8	462	5.2	5.2%
12	442.6	455	12.4	12.4%
14	415.8	439.8	24	24.0%
20	389.2	433.6	44.4	44.4%
30	377.6	389	11.4	11.4%
40	346.4	349	2.6	2.6%
Fondo	360	360.3	0.3	0.3%

Muestra 1		Filtro 6		
# Tamiz (n)	Peso Tamiz (W0)	Peso tamiz con carbón (W1)	Gramos de carbón (M)	\bar{A}_g
8	456.8	461.4	4.6	4.6%
12	442.6	460.8	18.2	18.2%
14	415.8	430	14.2	14.2%
20	389.2	421	31.8	31.8%
30	377.6	402.8	25.2	25.2%
40	346.4	352	5.6	5.6%
Fondo	360	361.3	1.3	1.3%

Muestra 2		Filtro 6		
# Tamiz (n)	Peso Tamiz (W0)	Peso tamiz con carbón (W1)	Gramos de carbón (M)	\bar{A}_g
8	456.8	461.5	4.7	4.7%
12	442.6	460.8	18.2	18.2%
14	415.8	429.4	13.6	13.6%
20	389.2	419	29.8	29.8%
30	377.6	402.2	24.6	24.6%
40	346.4	353	6.6	6.6%
Fondo	360	362.3	2.3	2.3%

Muestra 3		Filtro 6		
# Tamiz (n)	Peso Tamiz (W0)	Peso tamiz con carbón (W1)	Gramos de carbón (M)	\bar{A}_g
8	456.8	461.4	4.6	4.6%
12	442.6	460.2	17.6	17.6%
14	415.8	430.6	14.8	14.8%
20	389.2	421.6	32.4	32.4%
30	377.6	402.6	25	25.0%
40	346.4	350.8	4.4	4.4%
Fondo	360	361.4	1.4	1.4%

Resultados

N° de malla	N° de muestra Filtro					
	FC1	FC2	FC3	FC4	FC5	FC6
8	4.7%	1.9%	4.7%	1.9%	4.7%	1.9%
12	7.2%	12.1%	7.2%	12.1%	7.2%	12.1%
14	14.9%	18.6%	14.9%	18.6%	14.9%	18.6%
20	57.3%	50.5%	57.3%	50.5%	57.3%	50.5%
30	14.2%	14.9%	14.2%	14.9%	14.2%	14.9%
40	1.8%	2.0%	1.8%	2.0%	1.8%	2.0%
Fondo	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%	0.5%

- Cálculos para densidad aparente

Filtro #1				
Muestra	Peso probeta (g)	Peso c/carbón (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
1	26.6	71.8	87	0.51954023
2	26.6	71.4	87	0.514942529
3	26.4	71.4	87	0.517241379
Filtro #2				
Muestra	Peso probeta (g)	Peso c/carbón (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
1	26.4	70.2	87	0.503448276
2	26.6	70.6	87	0.505747126
3	26.6	70.6	87	0.505747126
Filtro #3				
Muestra	Peso probeta (g)	Peso c/carbón (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
1	26.4	68.8	87	0.487356322
2	26.6	69	87	0.487356322
3	26.6	68.6	87	0.482758621

Filtro #4				
Muestra	Peso probeta (g)	Peso c/carbón (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
1	26.4	69.2	87	0.491954023
2	26.4	69.2	87	0.491954023
3	26.6	69.6	87	0.494252874
Filtro #5				
Muestra	Peso probeta (g)	Peso c/carbón (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
1	26.4	69.4	87	0.494252874
2	26.6	69.8	87	0.496551724
3	26.6	71	87	0.510344828
Filtro #6				
Muestra	Peso probeta (g)	Peso c/carbón (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
1	26.8	65.2	87	0.44137931
2	26.6	65.6	87	0.448275862
3	26.4	65.4	87	0.448275862

Resultados.

N° de filtro	Densidad
FC1	0.517241379
FC2	0.504980843
FC3	0.485823755
FC4	0.492720307
FC5	0.500383142
FC6	0.445977011



ANEXO 2. FICHA TECNICA DEL MEDIO FILTRANTE PROPORCIONADO POR EL PROVEEDOR.

Data Sheet



FILTRASORB® 300

Granular Activated Carbon

Applications



FILTRASORB 300 activated carbon can be used in a variety of liquid phase applications for the removal of dissolved organic compounds. FILTRASORB 300 has been successfully applied for over 40 years in applications such as drinking and process water purification, wastewater treatment, and food, pharmaceutical, and industrial purification.

Description

FILTRASORB 300 is a granular activated carbon for the removal of dissolved organic compounds from water and wastewater as well as industrial and food processing streams. These contaminants include taste and odor compounds, organic color, total organic carbon (TOC), and industrial organic compounds such as TCE and PCE.

This activated carbon is made from select grades of bituminous coal through a process known as reagglomeration to produce a high activity, durable, granular product capable of withstanding the abrasion associated with repeated backwashing, hydraulic transport, and reactivation for reuse. The raw coal is mined and subsequently manufactured into GAC in the United States to ensure the highest quality and consistency in the finished product. Activation is carefully controlled to produce a significant volume of both low and high energy pores for effective adsorption of a broad range of high and low molecular weight organic contaminants.

FILTRASORB 300 is formulated to comply with all the applicable provisions of the AWWA Standard for Granular Activated Carbon (B604) and Food Chemicals Codex. This product may also be certified to the requirements of NSF/ANSI 61 for use in municipal water treatment facilities. Only products bearing the NSF Mark are certified to the NSF/ANSI 61 - Drinking Water System Components - Health Effects standard. Certified Products will bear the NSF Mark on packaging or documentation shipped with the product.

Features / Benefits

- Produced in the United States from a pulverized blend of high quality, domestically mined bituminous coals resulting in a consistent, high quality product.
- Carbon granules are uniformly activated through the whole granule, not just the outside, resulting in excellent adsorption properties and constant adsorption kinetics.
- The reagglomerated structure ensures proper wetting while also eliminating floating material.
- High mechanical strength relative to other raw materials, thereby reducing the generation of fines during backwashing and hydraulic transport.
- Carbon bed segregation is retained after repeated backwashing, ensuring the adsorption profile remains unchanged and therefore maximizing the bed life.
- Reagglomerated with a high abrasion resistance, which provides excellent reactivation performance.
- High density carbon resulting in a greater adsorption capacity per unit volume.

Specifications¹

FILTRASORB 300

Iodine Number, mg/g	900 (min)
Moisture by Weight	2% (max)
Effective Size	0.8-1.0 mm
Uniformity Coefficient	2.1 (max)
Abrasion Number	78 (min)
Screen Size by Weight, US Sieve Series	
On 8 mesh	15% (max)
Through 30 mesh	4% (max)

¹Calgon Carbon test method

Typical Properties*

FILTRASORB 300

Apparent Density (tamped)	0.56 g/cc
Water Extractables	<1%
Non-Wettable	<1%

*For general information only, not to be used as purchase specifications.

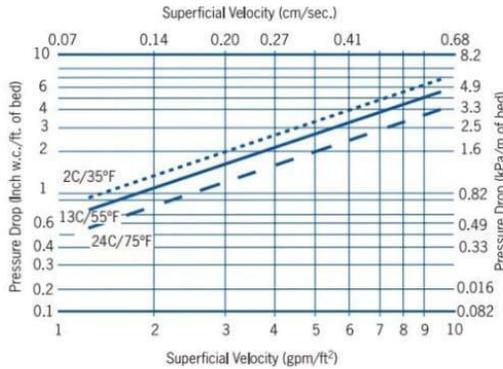
Safety Message

Wet activated carbon can deplete oxygen from air in enclosed spaces. If use in an enclosed space is required, procedures for work in an oxygen deficient environment should be followed.

1.800.4CARBON calgoncarbon.com
© Copyright 2019 Calgon Carbon Corporation, All Rights Reserved
DS-FILTRA30019-EIN-E1

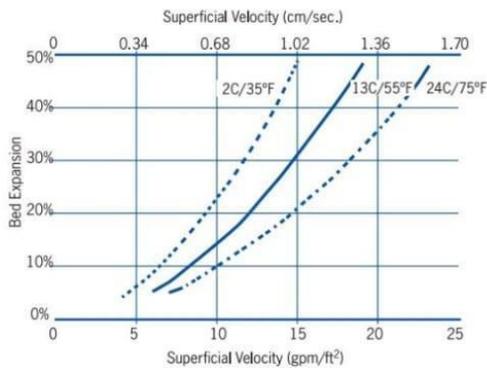
Typical Pressure Drop

Based on a backwashed and segregated bed



Typical Bed Expansion During Backwash

Based on a backwashed and segregated bed



Conditioning and Backwashing

Backwashing and conditioning fresh GAC before placing into operation is critical to GAC performance. The reasons for backwashing before placing fresh media online are to: (1) size segregate the media so subsequent backwashing will return the media to the same relative position in the bed, (2) remove any remaining air from the bed, and (3) remove media fines which can lead to excessive pressure drop and flow restriction. In addition, proper backwashing is a crucial step to collecting the most representative and meaningful post-start up data on compounds of interest, such as metals listed in the NSF/ANSI 61 standard.

Below are the recommended steps for proper conditioning and backwashing of GAC based on Filtrasorb 300 GAC being backwashed at 55°F:

1. Fully submerge GAC bed in clean, contaminant free water for at least 16 hours (overnight)
2. Open backwash inlet and begin up-flow at 5 gpm/ft² for 2 minutes
3. Increase flow to 8 gpm/ft² and maintain for 2 minutes
4. Increase flow to 11 gpm/ft² and maintain for 2 minutes
5. Increase flow to 15 gpm/ft² and maintain for 30 minutes*
6. Decrease flow to 11 gpm/ft² and maintain for 2 minutes
7. Decrease flow to 8 gpm/ft² and maintain for 2 minutes
8. Decrease flow to 5 gpm/ft² and maintain for 2 minutes
9. Close backwash inlet and stop flow

Duration representative of initial backwash conditions. Required duration during operational backwashes can be shorter but will vary by utility, solids load, and GAC throughput. Contact Calgon Carbon for more information

Design Considerations

FILTRASORB 300 activated carbon is typically applied in down-flow packed-bed operations using either pressure or gravity systems. Design considerations for a treatment system is based on the user's operating conditions, the treatment objectives desired, and the chemical nature of the compound(s) being adsorbed.

Safety Message

Wet activated carbon can deplete oxygen from air in enclosed spaces. If use in an enclosed space is required, procedures for work in an oxygen deficient environment should be followed.

1.800.4CARBON calgoncarbon.com

© Copyright 2019 Calgon Carbon Corporation, All Rights Reserved DS-FILTRA30019-EIN-E1



ANEXO 3. RESULTADOS DE LABORATORIO EXTERIOR CERTIFICADO



Ciudad de México a 04 de agosto de 2023

Industrias Islas S.A. de C.V.
Planta Santa Catarina

AT'N. Ing. Heber González
Servicios & Mantenimiento

Le envío un cordial saludo nuevamente agradeciendo su atención, el habernos enviado sus muestras y confianza que nos brindan, a continuación, presentamos los resultados de los análisis realizados a las muestras de carbón activado proporcionadas.

RESULTADOS DE LAS MUESTRAS DE CARBÓN ACTIVADO GRANULAR PROPORCIONADAS

Parámetro	Muestra Filtro FC1	Muestra Filtro FC2	Muestra Filtro FC3	Muestra Filtro FC4	Muestra Filtro FC5	Muestra Filtro FC6
Densidad (g/cc)	0.48	0.45	0.46	0.48	0.47	0.42
Número de Yodo (mgI2/g)	685	609	503	542	692	481
Malla: 8 (%)	4.2	2.8	4.4	0.9	3.3	1.3
Malla: 12 (%)	6.5	9.2	11.2	6.8	8.9	7.4
Malla: 14 (%)	14.7	13.5	16.8	20.3	19.6	21.4
Malla: 16 (%)	24.9	26.1	24.6	23.5	21.8	23.2
Malla: 20 (%)	26.6	24.3	25.2	22.8	23.3	26.2
Malla: 30 (%)	19.8	19.4	14.1	19.9	18.2	14.1
Malla: 40 (%)	2.4	3.9	3.5	4.7	4.5	5.3
Malla: -40 (%)	0.9	0.8	0.2	1.1	0.4	1.1
Muestra tomada	may-23	may-23	may-23	may-23	may-23	may-23
Código de Carbón	FILTRASORB 300					

Comentarios y Recomendaciones:

- Se observa una densidad disminuida en los filtros FC2 y FC6.
- El número de yodo en el filtro FC6 se encuentra por debajo del especificado recomendado (50 mgI2/g).
- Se puede observar granulometría 8x30, gastada en la muestra del filtro FC6.

Quedo a sus órdenes para cualquier comentario o aclaración.

Ing. Amaro César García González
Gerente General Ventas Técnicas
Profilquim de México, S.A de C.V.
acgarcia@profilquim.com.mx
Tel 55-1661-0684 Ext. 151