

Obtención y Caracterización de Fullerenos
a través de Cromatografía

FÍSICA - EXPERIMENTAL

Autores

Jorge Allan Gómez Mercado

Fernando Xavier Rivero
López

Asesor

1257 - Escuela Tomás Alva Edison

CIN2018A20189

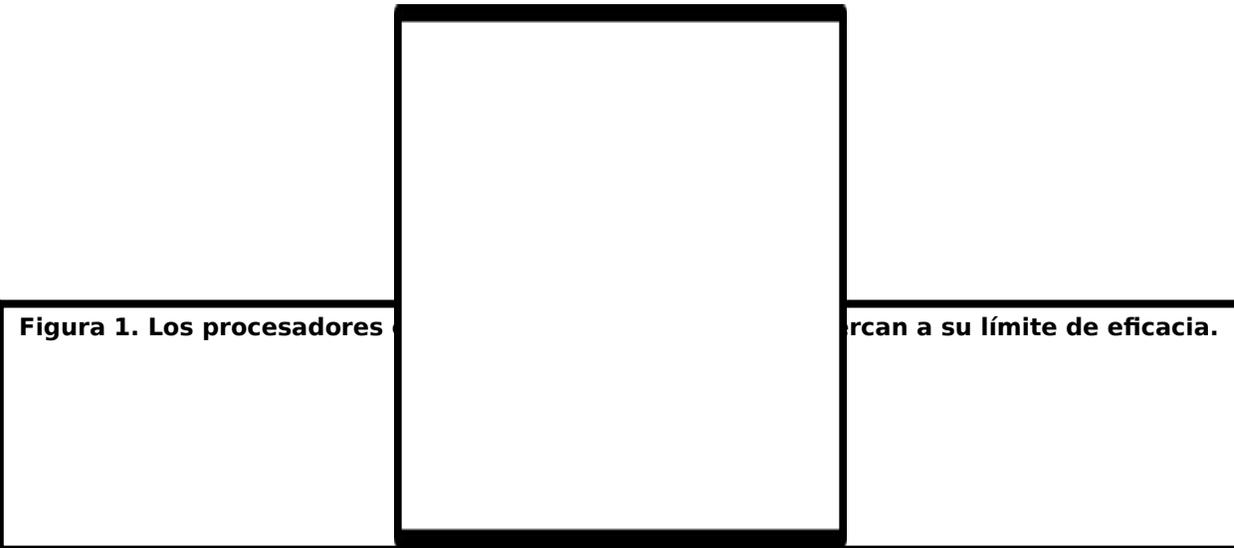
Ciudad de México

16 de febrero de 2018

Índice temático

Resumen ejecutivo.....	2
Resumen español.....	3
Resumen inglés.....	4
Introducción.....	4
Planteamiento del problema.....	4
Objetivo general.....	5
Fundamentación teórica.....	5
Hipótesis o conjeturas.....	5
Justificación y sustento teórico.....	5
Fullerenos.....	5
Cromatografía.....	7
Metodología.....	9
Resultados.....	10
Conclusiones.....	11
Aparato crítico.....	12

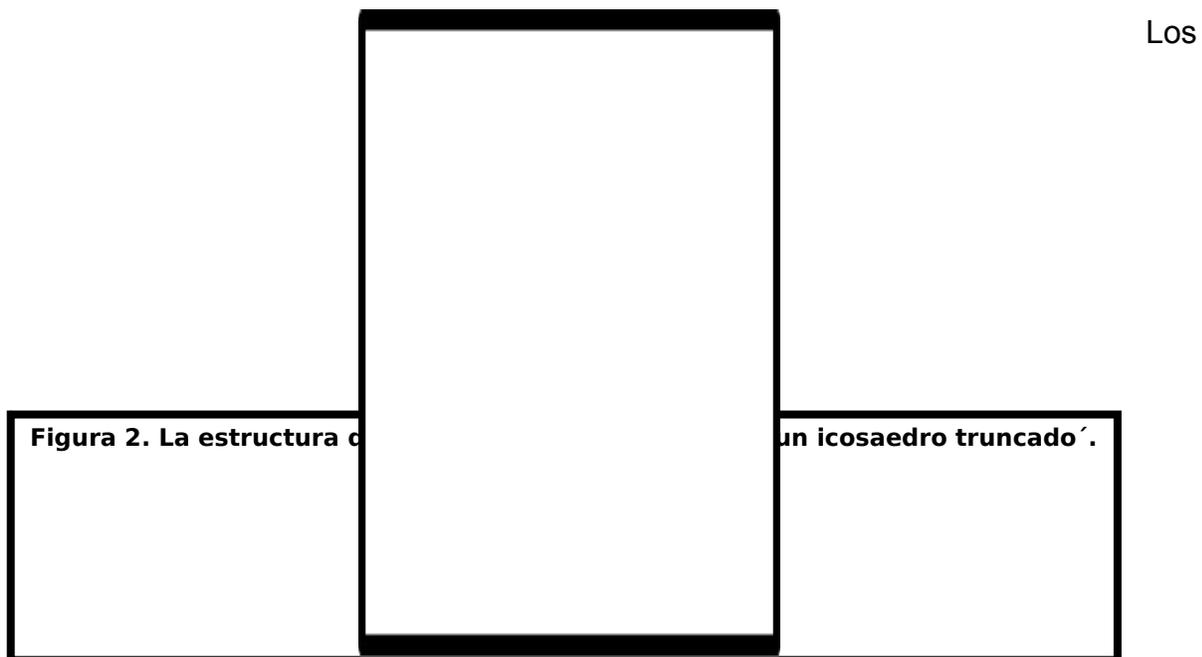
Resumen ejecutivo



Dada la naturaleza de los circuitos y su dirección en el futuro, se necesita mayor velocidad de

procesamiento, lo cual significa mayor potencia de conductividad para que las operaciones se realicen cada vez más rápido. En un mundo donde cada vez existen más datos, más información que procesar y más eficacia, se necesitan nuevos materiales para lograr dichas metas.

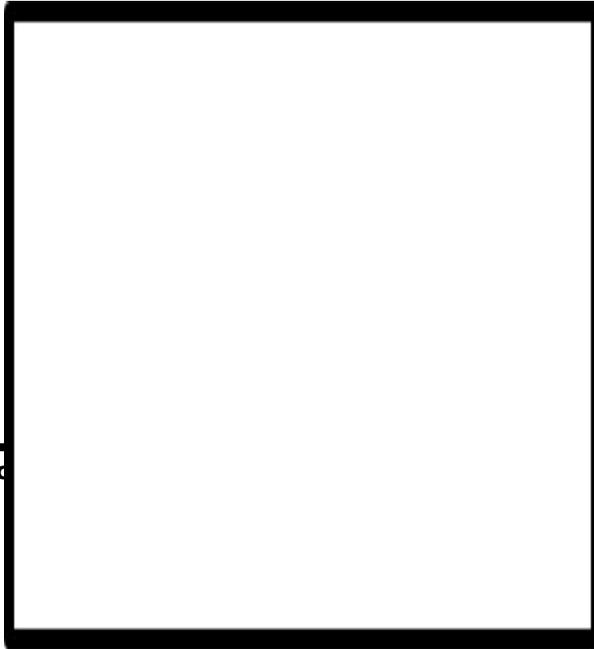
Desde la década de los 1970, cuándo se lograron crear los primeros microprocesadores basados en silicio, no ha existido mucho cambio en el uso de materiales para la creación de microprocesadores. Con los años, se ha logrado reducir el tamaño de los componentes de silicio que forman parte del microprocesador, llegando a ser microscópicas, para una mayor eficacia, sin embargo, parece que cada vez nos acercamos a no poder ir más allá con la reducción de estos componentes, es por ello que es vital usar materiales que resulten más eficaces. Un perfecto contendiente, el fullereno.



fullerenos prometen un gran avance para la ciencia, ya que su estructura da características especiales a este material. El fullereno es una forma alotrópica del carbono, lo cual significa que es una agrupación de átomos de carbono en una estructura única, en este caso el de un icosaedro truncado. Una de las características principales, es la superconductividad, ya que con esta se podría evolucionar en los materiales utilizados en la industria de la tecnología, ya que el silicio no tiene las mismas propiedades electromagnéticas que el fullereno,

Actualmente, sólo se ha logrado obtener fullerenos con 98.9% de pureza, y se realiza mediante cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Con este proceso se puede lograr la separación de fullerenos. En nuestro caso, se trata de pequeñas cantidades,

ya que tanto su obtención cómo su separación necesita de mucha energía. Al separar los fullerenos se busca identificar su comportamiento físico en su utilización cómo material.



Para el experimento, en una atmósfera de helio se le aplicó una descarga eléctrica a una muestra de carbón, con lo cual se presume se han formado fullerenos, aunque no se ha logrado una eficacia tan grande, como la de 98.9%, para la obtención de fullerenos puros. Y debido a las limitaciones del experimento, aún se debería

de observar la muestra ante un microscopio para verificar los resultados y observar los fullerenos.

El siguiente paso, para demostrar aún mejor la comparación entre materiales, sería construir un circuito básico, uno de control y otro con el uso de fullerenos, así se darían datos más concretos sobre las posibilidades de este material frente a los utilizados actualmente en la industria de la tecnología.

Resumen español

Los fullerenos son una forma alotrópica del carbono que dada su estructura ofrece grandes posibilidades para innovar en diferentes campos de la ciencia, en el caso de este trabajo, el de la electricidad. Se cree que sus diversas características especiales, especialmente su superconductividad, puedan significar la mejora en la eficacia de las computadoras al remplazar otros conductores, como el silicio.

Para demostrar sus propiedades y delimitar sus cualidades, se obtendrán fullerenos dentro de una atmósfera de helio por medio de una muestra de grafito que recibirá una descarga de un arco eléctrico, que provendrá de una bobina de ignición. Posteriormente, se caracterizarán por medio de la Cromatografía Líquida de Alta Eficacia. A través de este proceso, se podrá saber exactamente qué tan eficaces serán los fullerenos en comparación a los demás materiales usados actualmente en el mundo de la tecnología.

Resumen inglés

Fullerenes are a carbon allotropic form that given its structure offers great possibilities to innovate in different fields of science, in the case of this work, that of electricity. It is believed that its diverse special characteristics, especially its superconductivity, it can mean the improvement in the efficiency of computers when replacing other conductors, such as silicon.

To demonstrate its properties and delimit its qualities, fullerenes will be obtained by placing a graphite sample in a helium atmosphere.

Afterwards, it will receive an electric arc discharge, which will come from an ignition coil. Subsequently, they will be characterized by the method of High Efficiency Liquid Chromatography.

Through this process, it will be possible to know exactly how effective the fullerenes when compared to other materials currently used in the world of technology.

Introducción

Planteamiento del problema

Los fullerenos son una forma alotrópica de carbono, está en especial presenta forma de icosaedro truncado. La obtención de fullerenos puros es realmente imposible con la mejor tecnología, pero se puede llegar hasta a un 98.9% de pureza. La separación de fullerenos de otras moléculas se llevan a cabo por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). ¿Qué propiedades de los fullerenos permiten su obtención y separación? ¿Qué nos dicen estas propiedades acerca de su comportamiento físico en la utilización como material?

Figura 4. El carbón

mas alotrópicas.

Objetivo general

Caracterizar fullerenos obtenidos a través de cromatografía de columna para la identificación de sus propiedades físicas.

Fundamentación teórica

Hipótesis o conjeturas

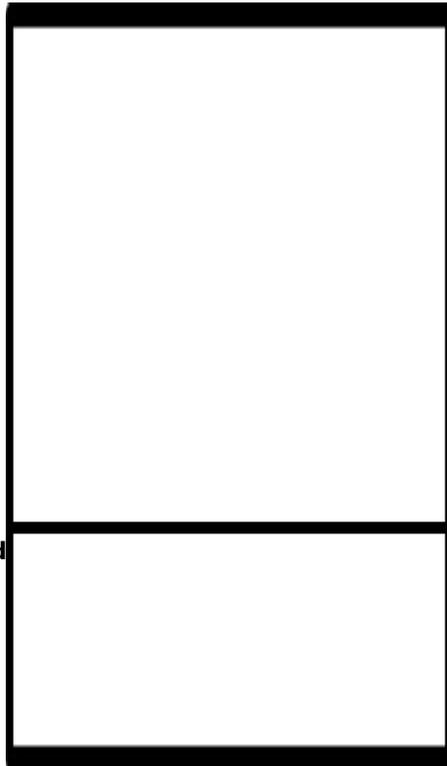


Figura 5. El carbón amorfo. Al aplicársele energía sus partículas se ordenan formando alótropos.

Las

Figura 6. La superconductividad para la innovación en circuitos.

propiedades eléctricas de los fullerenos a comparación con las del carbón amorfo, debido a su estructura ordenada y simétrica tendrán mejores propiedades eléctricas.

Justificación y sustento teórico

Fullerenos

En 1985 los químicos Harold Kroto, Robert Curl y Richard Smalley descubrieron los fullerenos, por lo cual fueron galardonados con el Premio Nobel de Química en 1996. Se trató de un descubrimiento accidental al tratar de analizar el carbono interestelar.

Recrearon las condiciones del carbono en nucleación dentro de las estrellas gigantes rojas. Para ello se contaba con un disco de grafito, al que se le fue incidido a la exposición de un rayo láser. Al cristalizarse el residuo, se encontró un resultado muy distinto al que se esperaba obtener. Si bien se pensaba en que se encontrarían nuevas formas alotrópicas del carbono, pensaron que éstas serían largas y no de forma esférica. Al analizar detenidamente su estructura, ligaron su parecido con la cúpula geodésica construida en la Exposición Universal de Montreal de 1967, obra del arquitecto *Buckminster Fuller*, con lo cual la molécula fue bautizada como *Buckminster fullereno*, con el tiempo siendo llamado sólo *fullereno*.

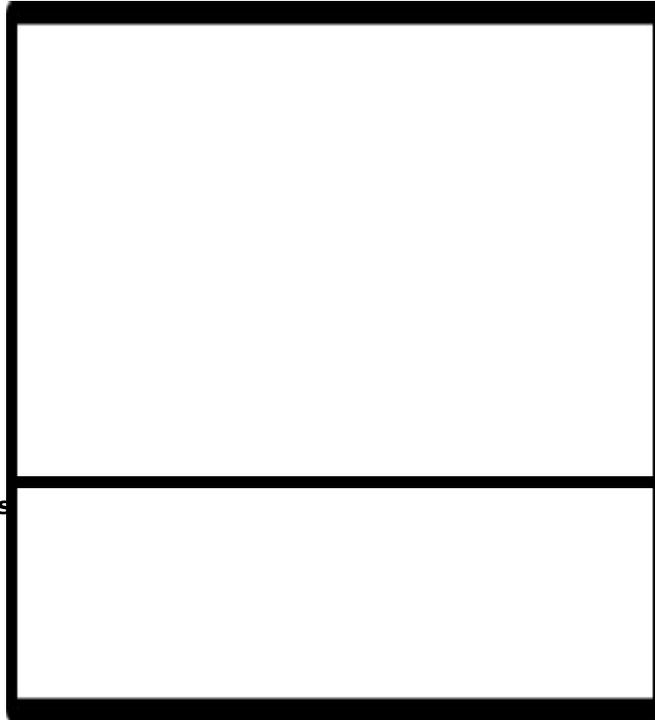


Figura 7. La cúpula geodésica del fullereno fue nombrado.

El fullereno no es la única forma alotrópica del carbono. Hasta mediados del siglo XX, sólo se conocían dos formas alotrópicas: el grafito y el diamante, sin embargo se han encontrado otras estructuras moleculares para el carbono, como lo son el grafeno, la lonsdaleita y el nanotubo de carbono. Algunos de estos alótropos han mostrado tener gran potencial, y es justo el fullereno una de las mayores esperanzas. Éste alótropo, con el que también se le encuentra parecido con un balón de football soccer, es una estructura constituida por 60 átomos de carbono, formando hexágonos que se unen a través de dobles enlaces. Esta estructura le da características especiales. Superconductividad, elasticidad, flexibilidad, solubilidad, son sólo algunas de sus prometedoras características.

Para un mayor estudio, el Instituto Max Planck realizó pruebas de identificación más profundo en estructuras desde el C_{16} hasta el C_{60} . Se creó una atmósfera de helio con disolución de tolueno, en la cual fueron aplicadas descargas eléctricas con electrodos de grafito. A través de la espectrometría infrarroja-resonancia magnética

nuclear y difracción de rayos X, se consiguió describir más detalladamente la estructura del fullereno, siendo este formado por 12 pentágonos y 20 hexágonos.

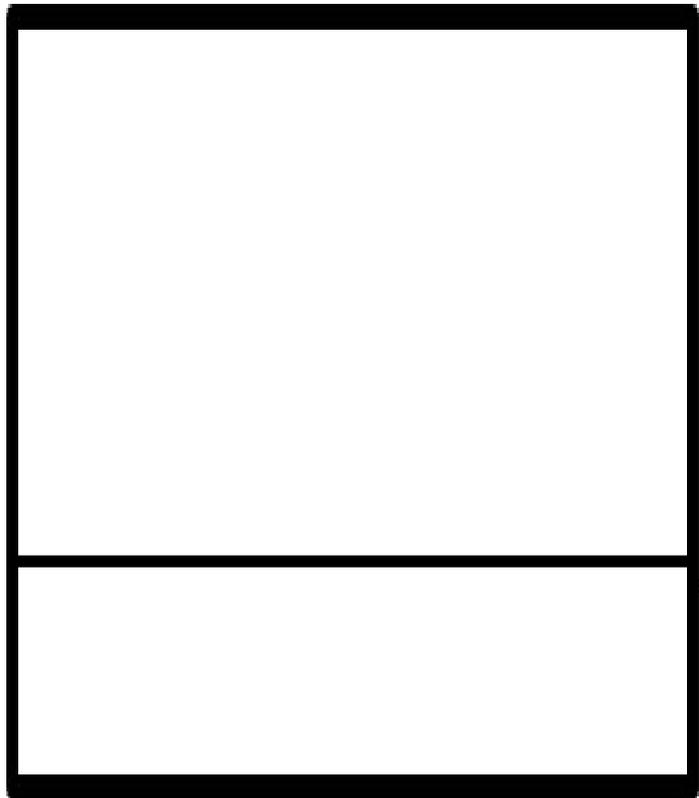
Los fullerenos muestran ser prometedores en campos de la ciencia, en este caso, la electricidad. Este es un campo de la física de las tecnologías del futuro por lo que se puede explotar. Los fullerenos brindarán mayor eficiencia a computadoras con elementos actuales limitantes como el silicio.

Cromatografía

Los métodos de separación de materiales son diversos, siendo la cromatografía uno de los más eficientes. La cromatografía es un método físico para caracterizar por sus componentes a mezclas complejas a través de la asignación de colores. Fue por primera vez usada en 1906 por Mijaíl Tsvet, usándola en el campo de la botánica. Sin embargo,

esta técnica estaba limitada a sólo la caracterización de lípidos, no fue hasta la década de 1940 cuando se logró ampliar el rango de compuestos que permitía separar. La evolución de este método continuó con el remplazo del papel toche, con técnicas más completas, como la del uso de una placa de vidrio con una capa de celulosa para un análisis más rápido y sensible.

Figura 8.



a líquida.

Sin embargo, éstos métodos aún resultarían muy primitivos para caracterizar estructuras tan complejas cómo lo es el fullereno, por ello, se desarrolló a mediados del siglo XX se desarrolló un tipo de cromatografía más potente, la *Cromatografía líquida de Alta Eficacia*, o *HPLC*, por sus siglas en inglés (*high pressure liquid chromatography*).

Lo primero que hay que saber de este tipo de cromatografía es que se divide en dos fases: la estacionaria y la móvil. La fase estacionaria se compone de un cilindro rodeado de partículas esféricas donde pasará el compuesto, mientras que la fase móvil se trata de pasar la columna cromatográfica por altas presiones.

Existen principalmente cuatro parámetros que considerar al aplicar este tipo de cromatografía, ellos son el diámetro interno, la medida de las partículas, el tamaño del poro y la presión del sistema.

El diámetro interno se refiere al diámetro de la columna de HPLC, las cuáles van de . 3mm a 10mm, el cuál determinará la capacidad de material que podrá portar. El diámetro normalmente ronda los 4mm a 5mm. La medida de las partículas es importante para la fase estacionaria. Las partículas, usualmente de sílica, son sujetadas al exterior, siendo partículas más pequeñas mejores para la separación. Los poros también son parte importante de la fase estacionaria, ya que a mayor entre más pequeños sean los poros, mayor superficie, sin embargo, poros más grandes ofrecen mejor movilidad de las partículas, por lo que depende del experimento a realizar. Finalmente, la presión del sistema suele ser de 400 atmósferas, aunque existen nuevos que resisten presiones mucho mayores.

Para el *HPLC* existen cuatro tipos de escala según la información que se desee obtener: escala analítica, escala semipreparativa, escala preparativa. Estas escalas se refieren a la cantidad que se desea separar. La escala semipreparativa es aquélla que brinda información de cantidades menores a .5 gramos, la preparativa es mayor a .5 gramos, mientras la analítica no presenta límite definido,

Pueden ser encontrados varios tipos de *HPLC*, siendo los dos más importantes la fase reversa y el intercambio iónico. La fase reversa consiste en contar con una fase estacionaria no polar y una fase móvil acompasadamente polar. El intercambio iónico tiene como base la diferencia de cargas en el soluto y la fase estacionaria.

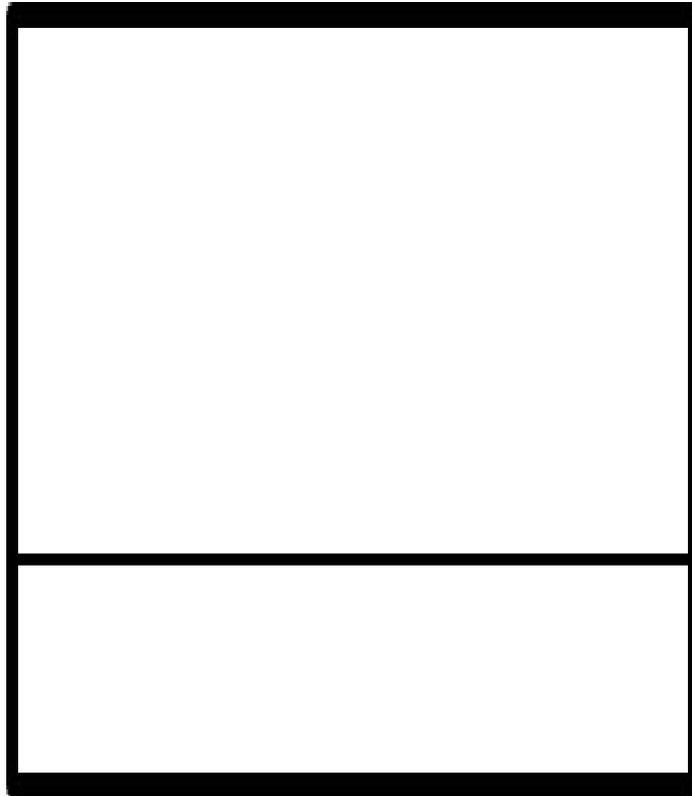


Figura 9. Tanque de helio, con el que la

opicias para la obtención de

Metodología

Para realizar el experimento, antes, se construyó un sistema para obtener los fullerenos necesarios para realizar las futuras pruebas. Se obtuvo una olla de metal que pudiese soportar altas presiones dentro de la olla y estar totalmente aislado del ambiente. A la misma olla se le hicieron orificios para poder conectar los tubos hacia un tanque de helio y una bomba de vacío. La bomba de vacío se utilizó para extraer todo el oxígeno posible dentro de la olla, porque al haber oxígeno dentro de la olla y altas temperaturas, el carbón se oxidaría y no se lograría la formación de fullerenos.

El tanque de helio se utilizó para que alguna molécula que sobrase dentro de la olla de oxígeno o algún otro gas entrara en contacto fuera desplazada a las orillas de la olla y

ninguna molécula interactuara con el experimento, ya que el helio es un gas noble. Después se le hizo otro hoyo a la olla para introducir los cables de la bobina de ignición conectada a una batería de carro. Esta bobina de ignición nos permite mantener un voltaje alto para producir el arco eléctrico necesario para alcanzar las temperaturas necesarias para formar los fullerenos. Uno de los polos de la bobina se conectó a la olla para hacer tierra y el otro polo de la bobina se colocó encima de la placa de metal. Dentro de la olla se colocó una placa de metal sostenida por una base de metal para estar conectada a la olla y al mismo tiempo al otro polo de la bobina.

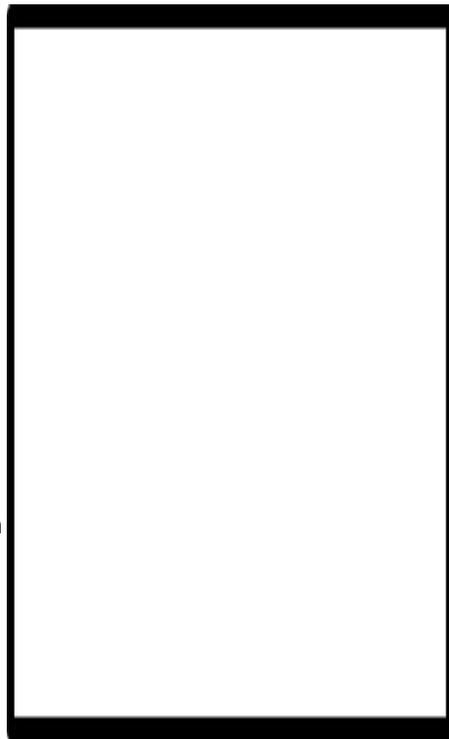


Figura 10. La bobina de ignición

para la formación de fullerenos.

Sobre de esta placa de metal se colocó carbono para realizar el experimento. Fuera de la olla se colocó una pequeña cadena que podía estar conectada a una ventana o una estructura de metal que estuviera sobre el suelo para hacer tierra y descargar la olla para evitar posibles accidentes.

El primer paso fue colocar la muestra de carbono en la placa; segundo, se cerró la olla sellándola para evitar cualquier fuga del sistema. Después se extrajo el aire dentro de la olla con la bomba de vacío y se llenó la olla de helio. Siguió se conectó la bomba de ignición a la pila para empezar a hacer las pruebas del arco eléctrico. Todo este proceso

se realizó con las correspondientes medidas de seguridad. Las muestras obtenidas se separaron por cromatografía de columna, ya que se forman diferentes tipos de fullerenos de diferentes tamaños. Al final con todas las muestras separadas se disolvieron en un disolvente orgánico, el cual, se filtró para después eliminar ese disolvente orgánico por otro método de separación para obtener en su mayor pureza la cantidad de fullerenos obtenidos.

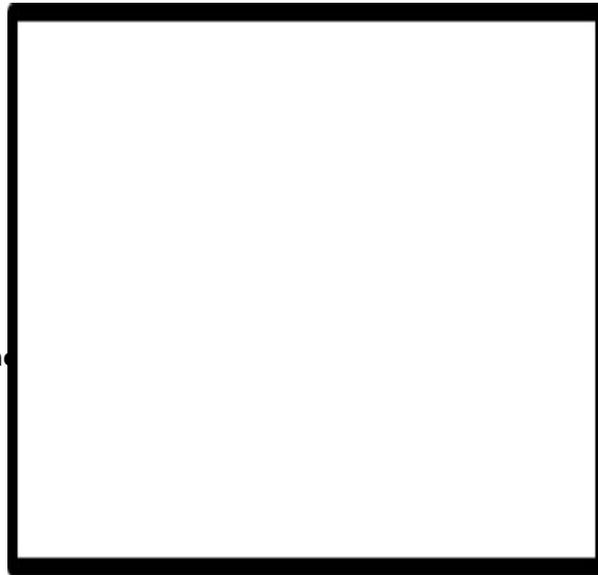


Figura 11. El arco eléctrico da la energía necesaria para que el carbono se vaporice y forme una estructura ordenada.

Resultados

Los resultados del experimento aún son concluyentes ya que se necesitaría observar las muestras obtenidas bajo un microscopio, lo cual nos permitiría observar la estructura de nuestras muestras y determinar si en efecto son fullerenos completos y no solamente muestras de carbón.

Pese a las limitaciones de resultados, se están haciendo comparaciones entre muestras de fullerenos creadas por nosotros y muestras de fullerenos que se sabe que se obtienen de manera segura, como lo es una planta de soldar, ya que igual alcanza temperaturas altas, lo cual el carbono del aire lo convierte en fullerenos, y esto se puede observar en el tizne que se forma al soldar. Se cree que en el primer experimento se crearon fullerenos ya que al exponer el carbón a altas temperaturas sin que se oxide se forman fullerenos, además que el experimento que realizó el investigador Kroto, fue el mismo que se realizó en este proyecto.

Conclusiones

Al realizar el experimento se obtuvieron muestras de diferentes pesos dentro de la

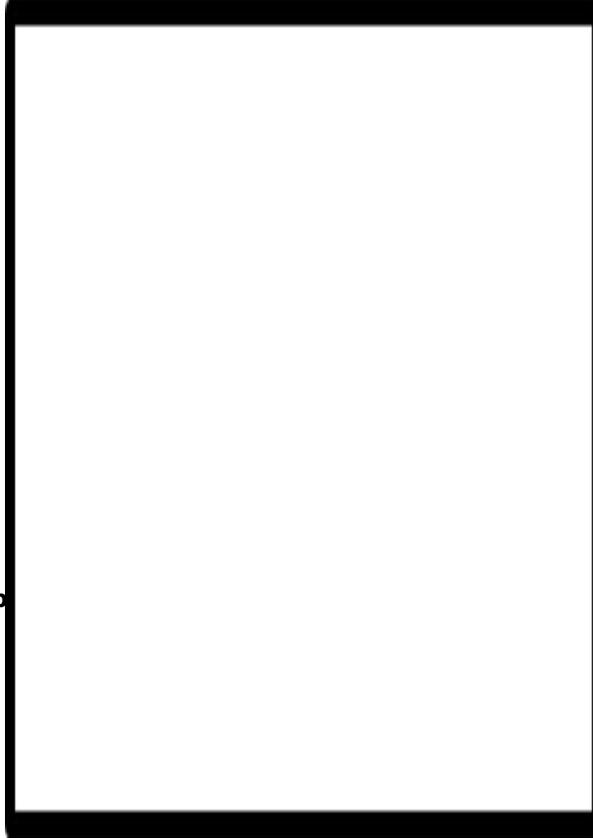


Figura 12. Los fullerenos deb **er un análisis más profundo.**

cromatografía, lo que se sabía antes que era provocado por los diferentes tamaños de fullerenos que se forman en este proceso, por lo que se tiene cierta seguridad de que se formaron los fullerenos.

Se propone formar un arco eléctrico de mayor tamaño para que abarque mayor cantidad de fullerenos y evitar que se tengan muestras solamente de carbón. Se seguirán realizando pruebas en las que cada vez se obtengan mayor cantidad de fullerenos puros para realizar la caracterización correspondiente y en un futuro cercano se propone darle un uso sobre algún circuito básico comparándolo con otro circuito normal y así demostrar la mejora que se tiene de un circuito sin fullerenos a uno con fullerenos.

Aparato crítico

Alegret, N., Rodríguez-Forteza, A., Poblet, J.,(2014) *Sinfonía de fullerenos: la magia de la encapsulación* © 2014 Real Sociedad Española de Química 110(2), 121, 130.

Hewitt, P. G. (2014). *Conceptual Physics* (12° ed.). San Francisco, Estados Unidos de América: Pearson Education Limited.

Suchocki, J. A. (2013). *Conceptual Chemistry* (5° ed.). S.I.: Pearson.

Pénicaud, A. (1996). *Viaje al centro de la materia, pequeña reseña histórica de la cristalografía* (1° ed) Ciudad de México, México: Facultad de Química, UNAM.

Domínguez, J., Mondragón, K., García, O., & Mendoza, R. (2013, agosto). Los fullerenos, una maravillosa forma del carbono. Consultado Febrero 16, 2018, de <https://goo.gl/RNXdxh>

Gómez, I. (2012, Octubre 02). Los materiales del futuro: Carbono, Grafeno, Fullerenos y Nanotubos. Consultado Febrero 16, 2018, de <https://goo.gl/PfACpG>

Gutiérrez-Zorrilla, J. (2015, Julio 12). El C60, un descubrimiento estelar para un año internacional. Consultado Febrero 16, 2018, de <https://goo.gl/JqmWUq>