

Esfera de Dyson y Mundo Anillo

Jorge Balej

Esfera de Dyson

"Sentado en su habitación, volvió a escuchar la grabación del informe sobre el primer pasaje a través de la Esfera de Dyson. Lo había escuchado ya tantas veces que estaba idiotizado, pero a su vez sorprendido por lo que el análisis posterior había revelado. Él creía que el interior de la esfera estaba totalmente exento de vida, el detalle de los datos más avanzado mostró una variedad - casi infinita según Picard - de plantas y vegetación."

Charles Pellegrino y George Zebrovsky - "Dyson Sphere"

¿Que es una esfera de Dyson?, imagine un objeto tan inmenso que es capaz de contener al Sol en su interior y aun así queda espacio para colocar, si lo desea, millones de soles mas.

Esta maravilla fue propuesta por el físico estadounidense Freeman Dyson en 1959 en "Search for Artificial Stellar Sources of Infrared Radiation" (Science) como una alternativa para el aprovechamiento total de la energía solar y una solución, vía fuerza bruta podríamos decir, del problema de la superpoblación ya sea por vivir en el interior mismo de la esfera o en una nube de planetoides en sus márgenes.

También es un concepto utilizado por la ciencia ficción. Los treekies recordaran el capítulo "Relics" de Star Trek: The Next Generation donde la nave Enterprise (en su eterno viaje para explorar nuevos mundos y contactar nuevas civilizaciones) se topaba con un objeto de este tipo.

En realidad, existen tres tipos de esferas de Dyson. El primero es simplemente una densa nube de planetoides en órbitas keplerianas alrededor del sol. Esta nube no cubriría completamente al astro pero seria relativamente sencilla de construir y aprovecharía eficazmente la energía. Además los planetoides podrían ser habitables. El segundo tipo corresponde a nuestra idea inicial, una esfera rígida cubriendo completamente al sol. El tercero requiere la construcción de velas solares, estas son enormes extensiones de membrana reflectante (su tamaño debería ser de cientos de kilómetros cuadrados) que se mantendrían estáticas y en equilibrio debido a la compensación entre la fuerza de gravedad del sol y la repulsión producida por la presión de la luz sobre las velas.

Bien, se entiende que una esfera de Dyson debe ser grande, pero ¿que significa grande?. En primer lugar, su radio debería ser del orden del radio de una órbita planetaria. Si partimos de la hipótesis de que la esfera es sólida o bien esta constituida por módulos conformando hábitats, la distancia de estos al Sol debe ser tal que permita vivir cómodamente a sus inteligentes constructores. Supongamos que nuestra civilización poseyera la tecnología para construir una esfera como ésta. Evidentemente su radio debería ser igual al radio promedio de la órbita de la Tierra ya que ésta es la distancia al Sol adecuada para sustentar la vida en nuestro planeta. Debería ser, entonces, aproximadamente $R \gg 150000000$ km. Con este radio la superficie total ($S = 4\pi \cdot R^2$) sería $S \gg 7 \times 10^{16} \text{ km}^2$. Si tenemos en cuenta que la superficie de la Tierra es de solo $1.4 \times 10^8 \text{ km}^2$, la superficie de la esfera sería ¡100000000 de veces mayor que la de la Tierra!, dicho de otro modo dispondríamos de una extensión equivalente a 100000000 de planetas del tamaño del nuestro para vivir, se acabaría cualquier problema de superpoblación imaginable.

¿Que clase de supercivilización podría crear una esfera de Dyson?. En el libro "Comunicación con inteligencias extraterrestres" de Carl Sagan se incluye una escala de civilizaciones basada en su nivel tecnológico creada por el científico ruso N. S. Kardashev, puede verse en la tabla I.

Tabla I: Escala de Kardashev

<i>Civilización tipo I</i>	<i>Capaz de utilizar el equivalente a la producción actual de energía de nuestra civilización para la comunicación interestelar.</i>
<i>Civilización tipo II</i>	<i>Capaz de utilizar el equivalente de la producción de energía del Sol para la comunicación interestelar.</i>
<i>Civilización tipo III</i>	<i>Capaz de utilizar el equivalente de energía de nuestra galaxia para la comunicación interestelar.</i>

Evidentemente nuestra civilización no es candidata a formar parte de esta escala todavía. Por otro lado una civilización del tipo II seguramente sería capaz de construir esferas de Dyson. En el mismo libro encontramos discusiones muy interesantes sobre las posibilidades actuales de comunicación y entendimiento con civilizaciones de este tipo. Desde que se propuso la existencia de estructuras como esta se han realizado varias búsquedas de tales objetos mediante radiotelescopios, ya que se supone que una esfera de Dyson debería emitir radiación en el rango del infrarrojo, pero no ha habido éxito hasta ahora.

Pero, una obra de ingeniería de esta magnitud, ¿qué problemas puede plantear?. En primer lugar, si consideramos una esfera del segundo tipo dentro de cuya superficie se planee vivir, el problema obvio es el de la fuerza de gravedad. ¡En el interior de la esfera no habría gravedad!, sus habitantes no podrían mantenerse sobre el suelo, flotarían dentro del objeto sin control o terminarían cayendo hacia el sol y, lo que es peor, no se podría mantener una atmósfera en su interior. De

manera que se hace necesario contar con ciertos aparatos cuya creación es quizás mas fantástica que la de la esfera misma, me refiero a "generadores de gravedad".

¿Que nave en una historia de ciencia ficción, que usted recuerde, no contó con generadores de gravedad?. Si, la Discovery y la Alexei Leonov creaban gravedad artificial por medio de la fuerza centrífuga que se producía al rotar parte de sus estructuras, pero no es eso a lo que me refiero, note que en todos los demás casos el tema se soslaya rápidamente, sus tripulantes simplemente caminan como si lo hicieran por la tierra misma, sin que se aprecie rotación de ningún tipo. La suposición de gravedad artificial es una hipótesis necesaria en el mundo del cine de ciencia ficción ya que de otro modo se gastaría mucho dinero en los efectos especiales necesarios para simular convincentemente la falta de ella (recordemos Apollo 13) y probablemente se perdería gran parte de la acción entre tanta flotación libre. Desgraciadamente no se avista en la actualidad ni siquiera teóricamente la posibilidad de crear algo como generadores de gravedad o inercia. Obviamente se podría simular gravedad mediante la rotación de la esfera, pero en ese caso solo disfrutaría de esta pseudogravedad la zona del ecuador.

El segundo gran problema es el de la estabilidad y equilibrio del objeto. El por qué no existe fuerza de gravedad en el interior de una esfera de Dyson se puede explicar mediante el uso del Teorema de Gauss, se encuentra una explicación sencilla de esto en uno de los links, sin embargo también se puede hacer el calculo completo de estabilidad para esta esfera, lo interesante del caso es que ¡resulta ser inestable!. La inestabilidad de la esfera es un problema serio, ya que significa que cualquier fuerza aplicada sobre ella la descentrará respecto del sol, y obviamente, si se descentra el hemisferio más cercano al sol recibiría un exceso de radiación mientras que el mas lejano la perdería, en cualquier caso esto seria mortal para sus habitantes. Además, obviamente terminaría colisionando con el sol y tengamos en cuenta que si bien la esfera es un objeto realmente inmenso, su masa total no tiene que ser necesariamente tan grande. De modo que el objeto debería disponer de un modo razonable para mantener su posición ante cualquier desviación.

Por otro lado, los materiales necesarios para construirla deberían poseer una resistencia enorme, ninguna de las aleaciones conocidas hasta ahora nos serviría. Además seria necesario "desarmar" planetas completos para disponer de suficiente material para su construcción, por suerte se puede demostrar que la materia de todos los planetas del sistema solar seria suficiente para una del tamaño requerido.

¿Cómo se verían las cosas viviendo en el interior de una esfera de Dyson?. La curvatura de su superficie seria mucho menor que la de la Tierra, de manera que para uno de sus habitantes el paisaje luciría completamente plano. El horizonte se vería neblinoso debido a la opacidad de la atmósfera. El cielo estaría cubierto por la extensión de la esfera y mirando hacia arriba se verían probablemente solo nubes ya que los continentes y océanos del hemisferio opuesto estarían tan lejos

que sería difícil distinguirlos. Un problema para los habitantes sería la dificultad en las comunicaciones ya que un mensaje por radio tardaría unos 16 minutos en viajar desde un punto al opuesto.

Una frase que me pareció muy buena aparece en uno de los links: "Si usted posee la tecnología necesaria para construir una esfera de Dyson ... probablemente no la necesite". ¿Quién sabe?.

Mundo Anillo

"Tres anillos para los Reyes Elfos bajo el cielo. Siete para los Señores Enanos en casas de piedra. Nueve para los Hombres Mortales condenados a morir. Uno para el Señor Oscuro, sobre el trono oscuro en la Tierra de Mordor donde se extienden las Sombras. Un Anillo para gobernarlos a todos. Un Anillo para encontrarlos, un Anillo para atraerlos a todos y atarlos en las tinieblas en la Tierra de Mordor donde se extienden las Sombras."

J. R. R. Tolkien - "El Señor de los Anillos"

Un mundo anillo es otra construcción de la magnitud de una esfera de Dyson, pero con ciertas ventajas respecto de la primera. La idea es circundar al sol con una cinta rígida del radio de una órbita planetaria, cuya cara interna (la que da al sol) serviría como hábitat. Obviamente su capacidad para captar energía solar se vería bastante reducida respecto de la esfera, por eso la idea es utilizarlo principalmente como lugar de residencia, ya que, de todos modos, la superficie total es inmensamente mayor que la de un planeta.

¿Por que un mundo anillo debería ser más ventajoso que una esfera como hábitat?, una razón evidente es que el anillo no requiere de aparatos exóticos para poseer una "fuerza de gravedad". Basta con ponerlo a girar sobre su eje de modo que la velocidad angular proporcione una fuerza centrífuga del orden de la gravedad de, digamos, la Tierra. De este modo, sus habitantes, flora y fauna, permanecerían cómodamente pegados al suelo.

Para una descripción acabada del mundo anillo les recomiendo leer la serie de libros de Larry Niven: "Ringworld", "The Ringworld Engineers" y "The Ringworld Throne", que están, sin duda, entre las mejores series de ciencia ficción que he leído. Según Niven los parámetros de su mundo anillo serían los de la Tabla 1.

Tabla II: Parámetros del Mundo Anillo

<i>Duración del día</i>	30 horas
<i>Periodo de rotación</i>	7,5 días
<i>Masa</i>	2×10^{30} g
<i>Radio</i>	$1,5915 \times 10^8$ km
<i>Longitud de la Circunferencia</i>	10^9 km
<i>Ancho</i>	$1,6 \times 10^6$ km
<i>Superficie</i>	$1,6 \times 10^{15}$ km ²
<i>Gravedad en la superficie</i>	$9,73 \text{ m/s}^2 = .992 \text{ G}$

Analizando estos datos es evidente que la superficie total del anillo es bastante menor que la de la esfera (aproximadamente 50 veces menor) pero aun así es 2000000 de veces mayor que la superficie de la Tierra. Además el ancho del anillo es 100 veces menor que su radio (prácticamente despreciable), es decir que es mas exactamente un anillo que una cinta. La velocidad angular necesaria para lograr una gravedad similar a la terrestre es 7.8×10^{-6} 1/seg, parece muy pequeña pero corresponde a un velocidad tangencial de 1200 km/seg (esta es la velocidad a la viajaría la gente parada en la superficie del anillo). Se evita que la atmósfera escape del anillo mediante paredes en los bordes que imitan a una cordillera montañosa y que tendrían unos 1600 km de altura.

¿Cómo lograr que haya días y noches? Niven lo soluciona mediante grandes rectángulos opacos, las "pantallas de sombra", que unidas por cables orbitan por encima de la superficie del anillo.

El material de construcción del anillo debe ser sin duda tan resistente como el de la esfera. En la novela este material se llama Scrith, se supone que es muy denso y con una resistencia a la tensión del orden de las fuerzas nucleares.

Por supuesto, no todo es ideal, el anillo también es inestable y de hecho posee inestabilidades mas fundamentales que la esfera. Resulta ser, de hecho, dinámicamente inestable, es decir, una apartamiento del equilibrio produce fuerzas que tienden a apartarlo aun más.