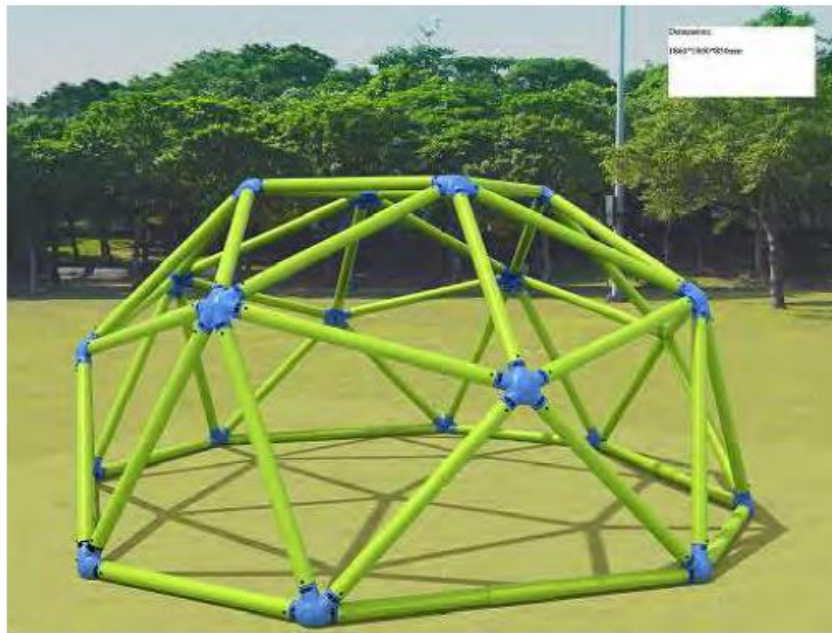


ENTRAMADO PARA PARQUE INFANTIL

Diseñe el un entramado para parque infantil como el que se muestra en la figura 1. Dimensiones usuales (análisis del mercado) y material libre.



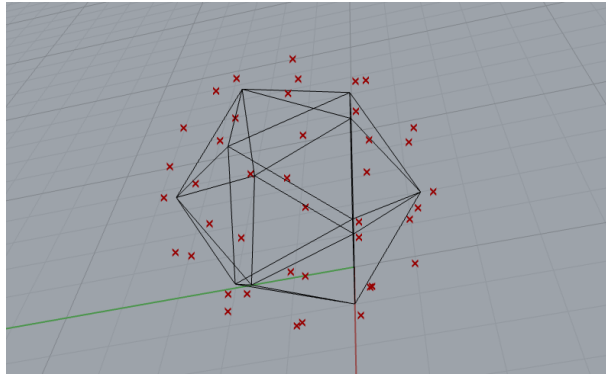
La estructura que se propone en la fotografía es una cúpula geodésica, concretamente un domo de frecuencia 1. Estas estructuras se pusieron de moda en la década de los cincuenta gracias a Richard Buckminster Fuller (12 de julio de 1895 - 1 de julio de 1983). Su figura resulta de proyectar los puntos medios de un icosaedro sobre la esfera que lo circunscribe. La frecuencia que da nombre al domo es el número de veces que iteremos esta operación. Para frecuencias elevadas obtenemos un mallado de triángulos que aproxima una esfera.

Las longitudes tipo que configuran la figura crece proporcionalmente con la frecuencia por lo tanto el coste. Para la foto hay dos longitudes de barras que parecen ser de perfil circular hueco, vinculaciones internas rígidas desmontables.

Como objetivo del trabajo, se busca dimensionar una cúpula de 20 metros de diámetro como jardín de juegos para primates en un zoo. Estando exento el estudio de cumplir ninguna norma estructural.

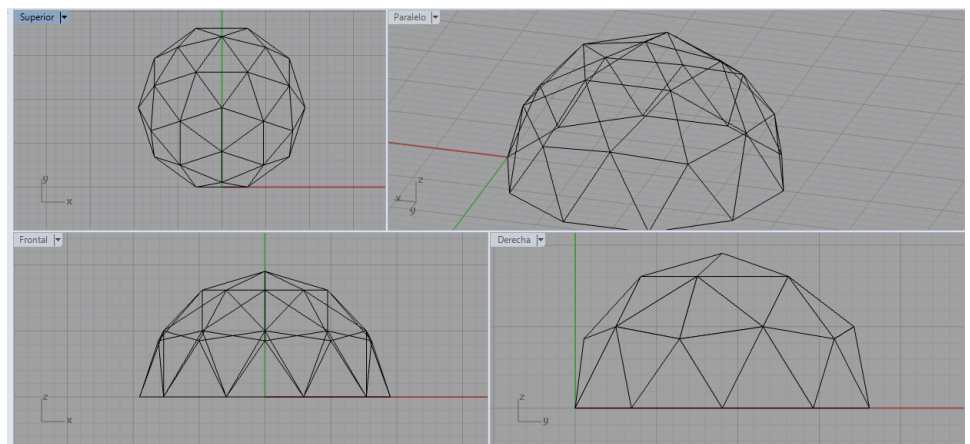
GEOMETRÍA

Para construir la figura usaremos un plugin de Rhino3D, Grasshopper, que permite programar geometrías. La entrada será una figura compuesta de líneas y el centro de la esfera. Los puntos que salen en rojo son 42 para la esfera completa

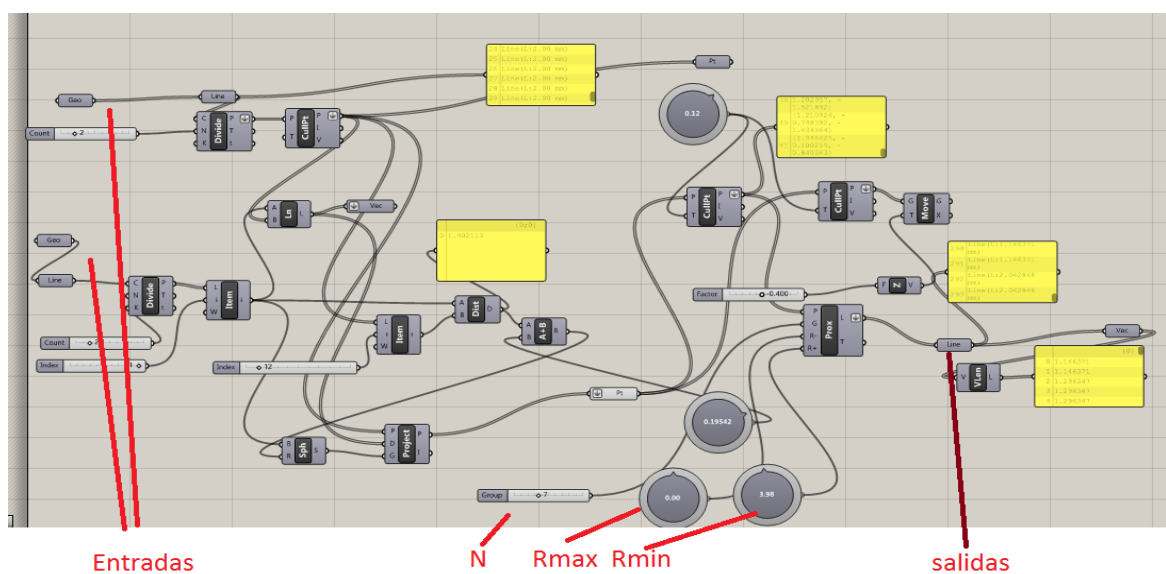


El algoritmo creado une cada punto con un número N de puntos que están definidos entre esferas de radio Rmax y Rmin. Dado que cada nudo une o 5 o 6 barras. Se fija N=6 y los radios entre 2.5 y 3 m aproximadamente. (12 m de diámetro)

Nota: Al evaluar cada punto por separado, el programa crea dos barras por cada línea, inconveniente que se subsana en rhino para poder exportar debidamente a CYPE. Para que no de fallos hay que eliminar el resto de capas y exportar en dwg tipo Natural R12.

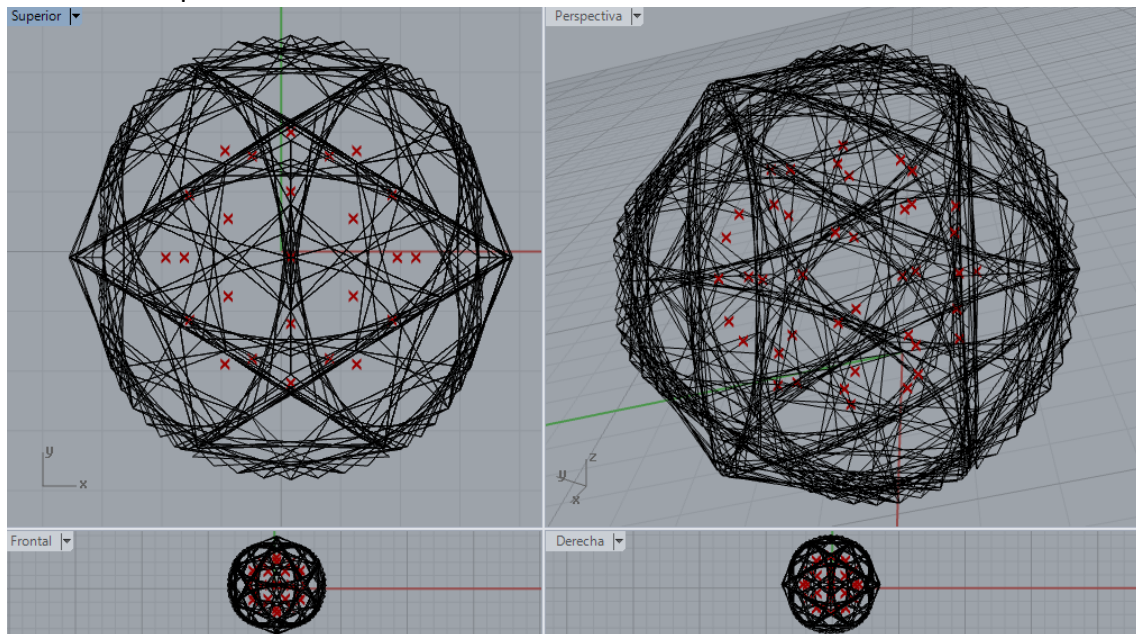


El método de programación en grasshopper es a través de bloques en una interfaz grafica en vez de escribiendo líneas de código, Se muestra a continuación:



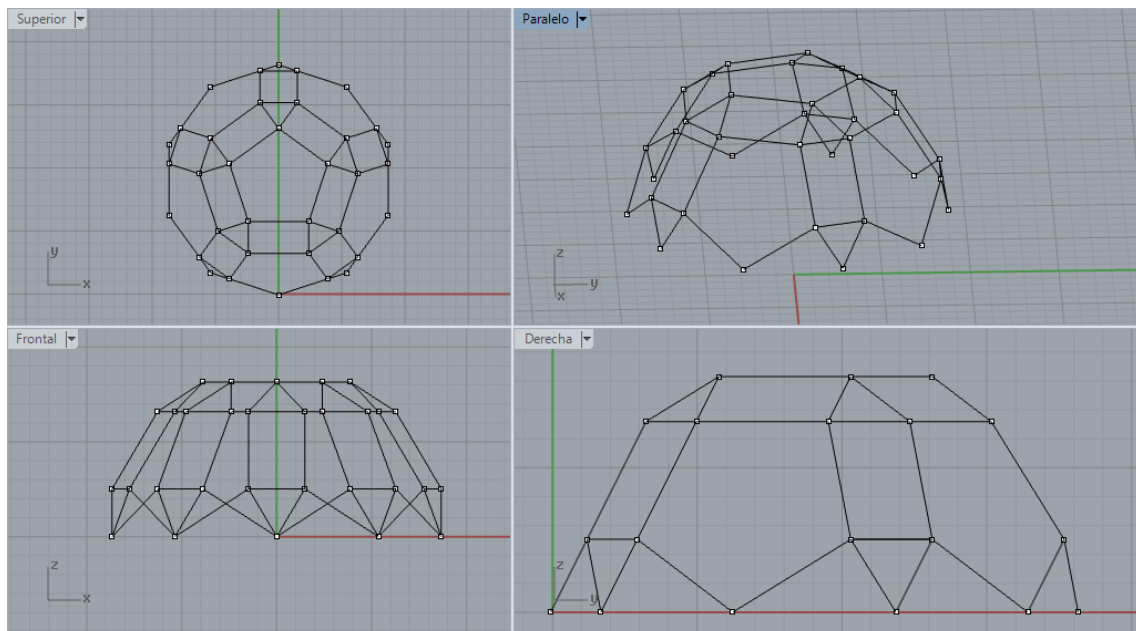
En el proceso hay ciertas variables que modificándose dan resultados curiosos.

Numero de divisiones de la geometría: Para que el programa se consistente este número siempre debe ser 2. Pero aumentándolo ocurre esto:



Donde hay unas 800 barras aproximadamente de tan solo 4 tipos.

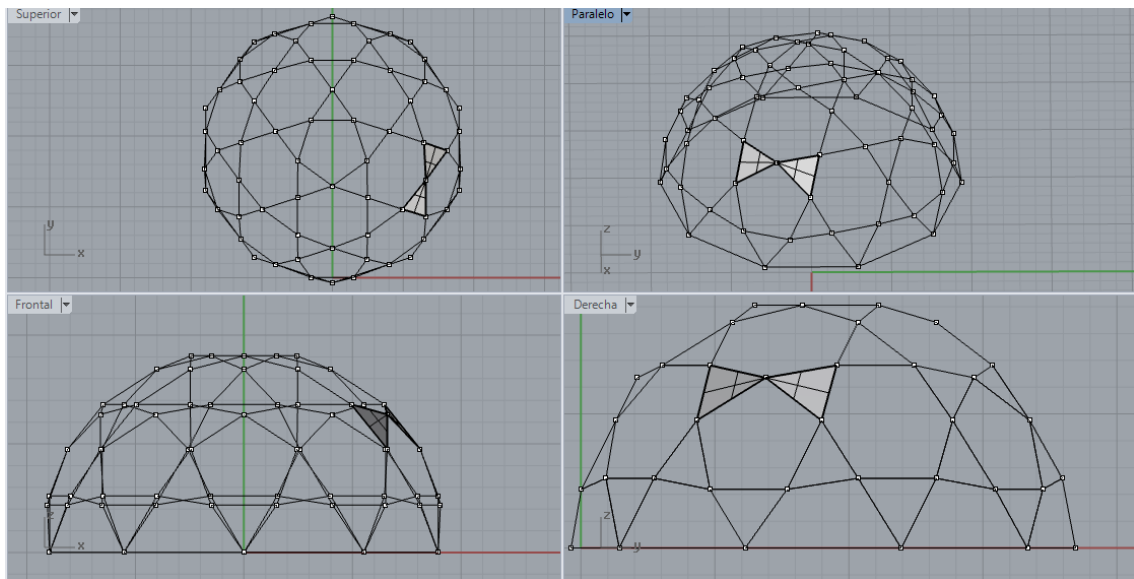
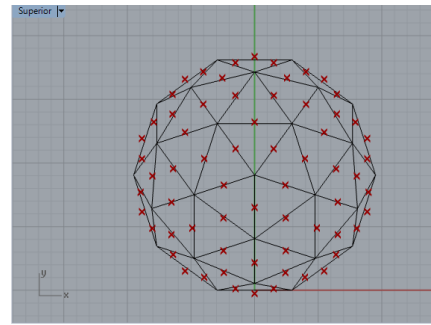
Desfase de Esfera: La distancia de cada punto del domo al centro no es siempre la misma, hay 3 distancias en nuestro ejemplo. Si seleccionamos los puntos de menor a mayor distancia al centro nos quedan 3 grupos, uniendo estos puntos por los métodos antes descritos da lugar a figuras muy curiosas. Si usamos los 2 primeros obtenemos:



Donde solo hay 2 tipos de barras con $a/b = (1 + \sqrt{5})/2$. Puede observarse que la celda unidad formada por un triángulo equilátero y un rectángulo áureo formando un Angulo de 339.1°

Nótese que la última figura es un mecanismo, aun así la repetitividad de la celda unidad es útil para crear estructuras modulares.

A continuación hacemos el mismo proceso a partir del domo f1 obteniendo un f2. Cribamos los puntos por desfase de esfera -0.2 y obtenemos:



Que pese a ser un mecanismo tiene un triángulo isósceles como celda unidad. A continuación calculamos la estructura en 3d con nudos rígidos y apoyos empotrados. La hipótesis de carga será el peso propio mas una carga de 1000 N en un punto cualquiera en la zona superior.

Nota: El diámetro es 18 en vez de 20 para que cype me deje calcularlo, si no salta por carga crítica de pandeo por el mínimo perfil que dispone en madera maciza sección circular.

Datos:

Dmax: 18,821 m

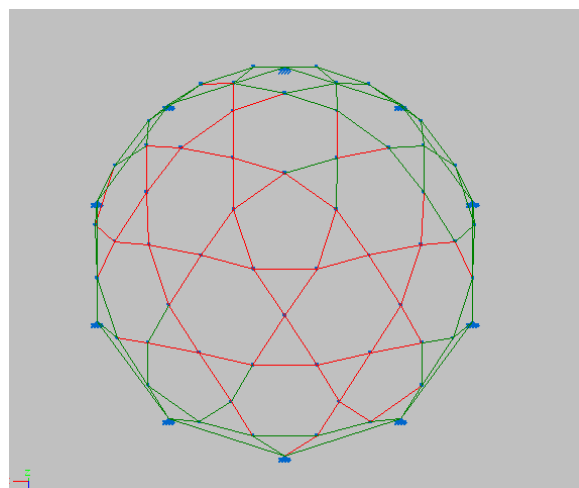
H: 12,345m

Nudos 65

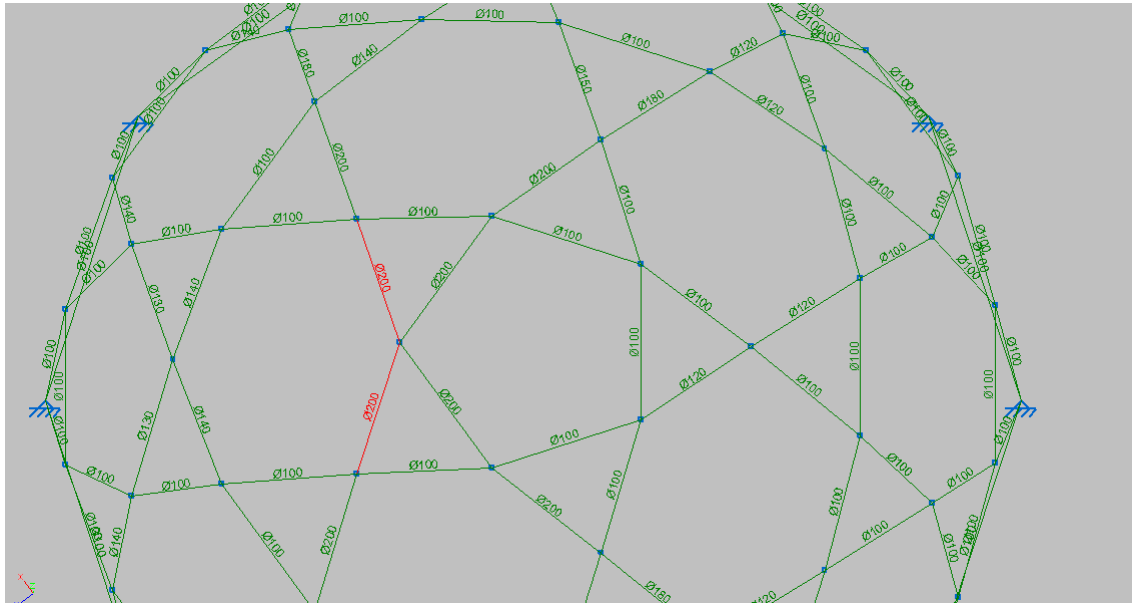
Barra a: 2,688 m

Barra B: 3,023

D sección= 100 mm



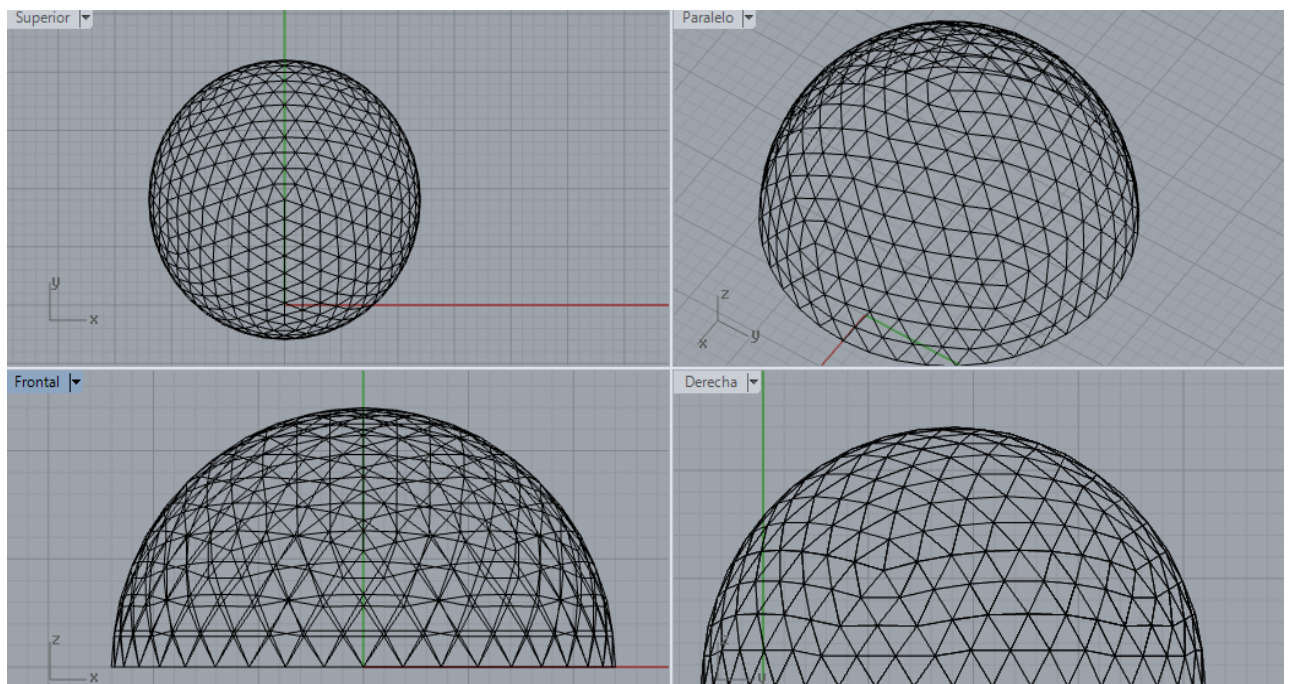
Donde las barras en rojo son aquellas en las que la sollicitación excede al módulo resistente de la barra. Por tanto volvemos a dimensionar:



Y comprobamos que todavía no cumple, descartamos esta estructura y creamos el domo de frecuencia siguiente. Aunque podemos destacar algo muy útil:

Las barras de orientación horizontal del primer piso conforman una senoide a través de que va deformándose piso a piso hasta el último ser un pentágono. Esta curva aproxima los modos de vibración de una esfera.

Estructura Solución final: $D_{max}=24m$ $H=17m$ $D_{sección}<100mm$ Madera
Vinculaciones internas articuladas. Apoyos empotrados



Y se tiene que para esta solución el aprovechamiento de resistencia medio de las barras esta en torno al 5% con cargas 5 cargas puntuales de 0.2 t.

Otras conclusiones: el sistema consta de 980 barras. Con maderas de 100 mm de diámetro resulta demasiado cara. Fuller patentó su solución al problema. Conforme aumentamos la frecuencia llegamos a la condición de celosía inscrita en lámina plana. Apareciendo inestabilidades y superficies complejas de pandeo. Si aumentamos el perfil se nos va por peso propio.

La solución es hacer una doble membrana y arriostrarla una con otra. Como se muestra en la foto:

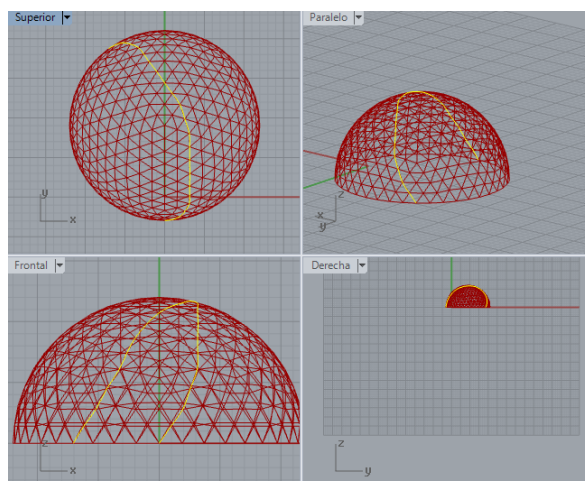


Modelo plano:

Al igual que una piramidal con un pentágono de base. El perfil derecho tiene cada una de sus barras dobles por simetría, pero ninguna magnitud esta en verdadera vista.

El plano frontal tiene un eje de simetría en la mitad y no tiene ninguna vista repetida. Una primera aproximación podría ser esa, pero tampoco es una aproximación válida.

Los planos de verdadera magnitud están en son colineales con el pentágono superior, están girados un ángulo constante. Esta sería la mejor aproximación plana y a efectos de cálculo no valdría para nada.



Por tanto a través del presente estudio, no se ha llegado a una solución eficiente real para las cúpulas geodésicas. Y sin haber hecho ninguna mención al enlace. Resultaría extremadamente interesante encontrar los modos de resonancia natural de estas estructuras ya que por la teoría de Kolmogórov–Arnold–Moser deben de casi no existir en la naturaleza. Razón por la cual las presentes geometrías se encuentran tan a menudo en la naturaleza

