

Mirada Matemática de la Sagrada Familia de Antoni Gaudí. De la fotografía al microrrelato matemático

Olhada matemática da Sagrada Família de Antoni Gaudí. Da fotografia à micro-história matemática

María del Pilar Menoyo Díaz

<p>Resumen</p>	<p>Fotografiar el patrimonio arquitectónico de las ciudades focalizando la mirada en aspectos relacionados con las matemáticas, nos permite, además de conocer su arquitectura y su historia, la posibilidad de describirla a partir de microrrelatos de 280 caracteres utilizando conceptos matemáticos, así podemos hablar y escribir matemáticas para aprender matemáticas. Proponemos su redacción con un hilo conductor que nos permita hacer conexiones entre el arte y las matemáticas y posibilitando la utilización de GeoGebra para modelizar detalles, transformando la fotografía en un laboratorio virtual de creatividad geométrica. Es una manera motivadora de relacionar y aumentar el bagaje matemático que el espectador de cualquier edad pueda tener, en este caso de la Sagrada Familia de Barcelona, obra de la gran imaginación del arquitecto Antoni Gaudí. Palabras clave: Sagrada Familia, Antoni Gaudí, Fotografía matemática, Mirada Matemática, Microrrelato Matemático.</p>
<p>Abstract</p>	<p>Photographing the architectural heritage of cities, focusing our gaze on aspects related to mathematics, allows us, in addition to knowing its architecture and its history, the possibility of describing it from micro-stories of 280 characters using mathematical concepts, so we can speak and write mathematics to learn mathematics. We propose writing it with a common thread that allows us to make connections between art and mathematics and enabling the use of GeoGebra to model details, transforming photography into a virtual laboratory of geometric creativity. It is a motivating way to relate and increase the mathematical background that the viewer of any age may have, in this case of the Sagrada Familia in Barcelona, a work of the great imagination of the architect Antoni Gaudí. Keywords: Sagrada Familia, Antoni Gaudí, Mathematical Photography, Mathematical Gaze, Mathematical Story.</p>
<p>Resumo</p>	<p>Fotografar o patrimônio arquitetônico das cidades, focando o olhar em aspectos relacionados à matemática, nos permite, além de conhecer sua arquitetura e sua história, a possibilidade de descrevê-lo a partir de micro-histórias de 280 caracteres utilizando conceitos matemáticos, para que possamos falar e escrever matemática para aprender matemática. Propomos escrevê-lo com um fio condutor que nos permita fazer conexões entre arte e matemática e possibilitar o uso do GeoGebra para modelar detalhes, transformando a fotografia em um laboratório virtual de criatividade geométrica. É uma forma motivadora de relacionar e aumentar a formação matemática que o espectador de qualquer idade pode ter, neste caso da Sagrada Família de Barcelona, uma obra da grande imaginação do arquitecto Antoni Gaudí. Palavras-chave: Sagrada Família, Antoni Gaudí, Fotografia Matemática, Olhar Matemático, Micro-história matemática.</p>

1. Introducción

Es difícil poder aportar alguna información novedosa o desde otro punto de vista sobre la Sagrada Familia de Antoni Gaudí, que autores prestigiosos del campo de la arquitectura y de las matemáticas no hayan escrito ya sobre ella, así destacamos la recopilación que bajo la dirección de Giralt-Miracle en el 2002 se realizó sobre Gaudí: *La búsqueda de la forma*, una exposición organizada por el Ayuntamiento de Barcelona y el Institut de Cultura Sociedad Estatal para la Acción Cultural Exterior y cuya información se puede consultar en las referencias bibliográficas.

Otra fuente importante de información es la que aporta Cussó-Anglès, que entró como aprendiz en 1957 en el taller de maquetas del Templo de la Sagrada Familia, y diez años más tarde fue nombrado jefe del taller, participando muy directamente, entre otras tareas, en la recuperación, investigación y restauración de parte de las maquetas originales de Gaudí y cuya experiencia fue publicada en 2010, como queda referenciada en la bibliografía.

Por otra parte, es una obra inacabada y por lo tanto la basílica, como lo escrito sobre ella es una oportunidad para seguir admirando y divulgando sobre su historia y su situación. Así que desde este punto de vista como una obra en transformación y evolución, quiero aportar una visión de mirada matemática a partir de fotografías, está pensado para ser una actividad tanto de clase para alumnado de cualquier nivel, como para el público en general que quiera conocer la obra de Antoni Gaudí focalizando la mirada en conceptos matemáticos dentro de la gran simbología religiosa con la que la quiso impregnar Antoni Gaudí y describiéndolos con 280 caracteres, como si fuera un tuit de la red social Twitter/X.

En este artículo lo que pretendemos es dar a conocer la Sagrada Familia utilizando microrrelatos enmarcados en conceptos matemáticos que el alumnado o el público en general, puede conocer o consultar, reafirmando o ampliando así su bagaje matemático.

A lo largo del artículo indicaremos diferentes ejemplos de microrrelatos matemáticos a partir de fotografías de autoría propia, firmadas como Mapi @Zafrainvestiga que corresponde a mi nombre coloquial y a mi perfil en Twitter/X, aunque para observar más y mejor las fotografías y la elaboración de más descripciones, consultar mi blog¹, en él también se podrán consultar también modelizaciones con GeoGebra de diferentes autores, que compartieron generosamente sus producciones en la red social.

El cómo educar la mirada matemática del alumnado a partir de observar la realidad, identificar aspectos de las matemáticas, plasmarlas en una fotografía, redactar un microrrelato y evaluar el resultado, se puede consultar (Menoyo, 2021, 2021, 2023).

Es una oportunidad para proponer al alumnado actividades *más allá de los contenidos*, tal como indica Rodríguez-Taboada (2023:9)

¹<https://recercaasecundaria.wordpress.com/2021/09/01/mirada-matematica-paseando-por-la-sagrada-familia-microrrelatos-matematicos/>

2. Uso didáctico de la fotografía, base para la realización de microrrelatos matemáticos

Como indicábamos en Menoyo (2021, 2021, 2023), la utilización de la fotografía como recurso didáctico inclusivo, es un elemento motivador y un medio para que el alumnado asimile o aplique conocimientos disfrutando del aprendizaje y llegamos a la misma conclusión que Tirado-Carvajal y otros (2019) en cuanto a que permite generar procesos de comunicación y de vinculación de la cotidianidad con las matemáticas, además de permitir al estudiante establecer regularidades y propiedades, reproducirlas mediante lenguaje matemático, usar nociones y procesos que lo llevan a construir representaciones, verificarlas y ponerlas a prueba.

La fotografía como recurso es una herramienta didáctica para atender a la diversidad, ya que nos permite desarrollar por igual:

- **La observación**, desarrollando la mirada, en este caso la mirada matemática del mundo, y en este caso focalizándola en la Sagrada Familia.
- **La creatividad**, ya que permite la conexión entre la cotidianidad y en nuestro caso, las matemáticas.
- **La positividad y la inclusión**, ya que es adecuada a las posibilidades y habilidades de todo el alumnado.
- **El sentido crítico** ya que permite hacer valoraciones, en función de unos parámetros que orientarán los criterios de evaluación y de resultados.

Además, el uso del lenguaje nos permite hablar y escribir matemáticas para aprender matemáticas y por otra parte contribuimos a eliminar fronteras entre las letras y las ciencias.

Es por ello que plantear al alumnado de cualquier nivel la realización de fotografías de su entorno cercano, y en el caso que presentamos, la contextualización de los aprendizajes tiene su foco en la basílica de la Sagrada Familia en Barcelona (España), en la que se puedan identificar y describir conceptos matemáticos en forma de un microrrelato matemático, utilizando 280 caracteres como si de un tuit se tratara, sin duda es una actividad motivadora para el alumnado y que contribuye a dar a conocer el patrimonio cultural y a utilizar el lenguaje matemático para describir la belleza monumental de la obra inacabada del gran arquitecto Antoni Gaudí, esa belleza en la que las matemáticas y la naturaleza como fuente de inspiración caracterizan toda su obra.

Los referentes que hemos tenido para proponer este tipo de actividad son los concursos de fotografías matemáticas, iniciadas en España por Evaristo González González, la versión FotoGebra de Karina Rizzo; los concursos de microrrelatos propuestos por Mulero, Segura y Sepulcre y la poesía matemática (Menoyo, 2021).

Con esta base aportamos una nueva manera de mostrar las matemáticas, describiendo el mundo a través de los ojos de mirada matemática, plasmarla en una fotografía, pero no asignando un título, sino elaborando una historia que puede, o no, acompañarse o sugerir la utilización de su modelización con GeoGebra; dicha historia debe ser descrita utilizando palabras que corresponden a conceptos matemáticos, tal como se hace desde la poesía, pero con la condición de escribir en prosa utilizando únicamente 280 caracteres, como es condición en la red social, Twitter y se puede utilizar emoticonos y frases de autoría conocida y referenciada que recoja historia de las matemáticas.

3. La Sagrada Familia y su mirada matemática

Según (Boix, 1987), Antoni Gaudí concibe la arquitectura no como una estructura, sino como un arte que incluye volumen, color, espacios vacíos, y que engloba cualquier técnica artesanal o artística. Desde los inicios deja a un lado las raíces clásicas y se inspira en las formas naturales. No solo en la vegetación y los animales, sino también en los huesos, olas, cristalización, nubes y estrellas. Y todo esto vemos y admiramos en la Sagrada Familia.

Supone la síntesis de toda la evolución arquitectónica de Antoni Gaudí, es la más representativa del paso de las formas estructurales de la naturaleza a la arquitectura trasladando las formas de árboles, plantas, frutas y flores a los distintos elementos estructurales y decorativos del templo.

Para él la naturaleza es la creación de Dios, y la arquitectura el arte que aspira a lograr unificarlos, y esta idea ha sido plasmada por Etsuro Sotoo en el diseño de sus puertas, de bronce policromado y cristal, decoradas con vegetación, insectos y pequeños animales, evocando el lugar donde nació Jesús. La puerta de la Caridad está decorada con hiedras, símbolo de la obediencia y flores de calabaza, símbolo del matrimonio; la de la Fe contiene rosas silvestres sin espinas; y la de la Esperanza presenta unas cañas, como las del río que cruzó la Sagrada Familia en su huida a Egipto.

Como indica Martín-Tavío (2017:19).

Sus obras son como una lluvia de ideas, soluciones, impactos sensibles y emocionales, consideraba la naturaleza como su maestra, de ella aprendió que las piernas separadas sostienen mejor que unidas (de ahí las columnas inclinadas), también aprendió que la línea recta no existe en la naturaleza y descubrió la capacidad constructiva de los paraboloides helicoidales...



Imagen 1. Detalle de una puerta de Etsuro Sotoo



Imagen 2. Visión nocturna

Microrrelato Matemático imagen 1

Una  parece hacer 1 recorrido entre hojas de hiedra hacia 1 rendija semejante a 1 ventana, su cuerpo simétrico respecto a 1 plano sagital q lo divide en 2 mitades especularmente idénticas, parece por 1 instante 1 curva parada en el tiempo #MiradaMatemática  de #Sotoo en #SagradaFamilia

Microrrelato Matemático imagen 2

#AntoniGaudí “Me preguntaron por qué hacía columnas inclinadas a lo q contesté: Por misma razón q el caminante cansado, al parar, se apuntala con el bastón inclinado, ya q si lo pusiera vertical no descansaría” #SagradaFamilia Hoy nadie se cansaba de admirarla con ≠ #miradas #MiradaMatemática

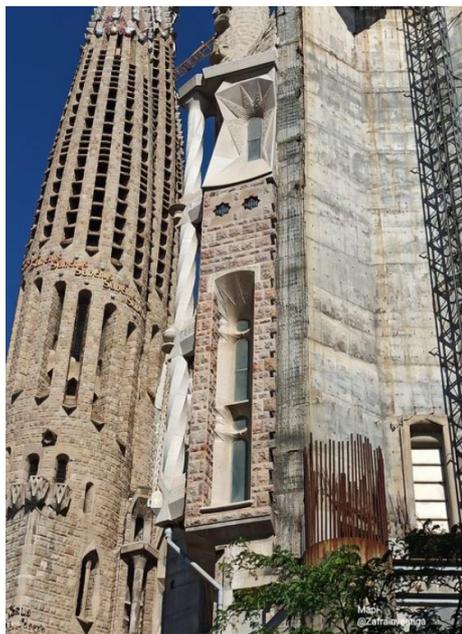


Imagen 3. Fachada de la Natividad



Imagen 4. Detalle columnas helicoidales

Microrrelato Matemático imagen 3

#Gaudí sabía q hacía falta tiempo y generaciones para acabar #SagradaFamilia Utiliza hiperboloides forma geométrica q vaciada es perfecta para recoger la luz y difundirla Los dibujó a mano y ahora la informática, permite hacerlo con +precisión rapidez y posibilidades #MiradaMatemática

Microrrelato Matemático imagen 4

La #SagradaFamilia de #Barcelona va creciendo en altura y el cambio de color de los elementos producido por el paso del tiempo te ayuda a focalizar elementos nuevos como esas columnas helicoidales La creatividad de #AntoniGaudí no tenía límite. ¡Belleza! #MiradaMatemática

La base del templo corresponde a una cruz latina, cinco naves con crucero de tres y su interior tiene una superficie de 90 m de largo por 60 m de ancho; la nave

central tiene 15 m y el ábside queda limitado entre 7 capillas y dos escaleras circulares, con deambulatorio en torno al presbiterio.

Constará de tres grandes fachadas que darán entrada a levante, la del Nacimiento, la que vio construir Antoni Gaudí, la de poniente, que corresponde a la Pasión, construida entre 1987 y 2009 por Josep Maria Subirachs y a mediodía será la de la Gloria.



Imagen 5 . Fachada del Nacimiento

Microrrelato Matemático imagen 5

#SagradaFamilia fachada del Nacimiento, orientada al Este, metáfora de inicio Consta de 3 portales, dedicados a la esperanza, la caridad y la fe y 4 campanarios, #Gaudí sólo pudo ver el de S Bernabé Alcanzan 107m de altura las dos centrales y 98m las exteriores #MiradaMatemática

A ambos lados del ábside, dos edificios de las sacristías y un cimborio de 170 m de altura se levantará en el centro del crucero, dedicado a Jesucristo, flanqueado por otros cuatro que simbolizan a los Evangelistas y que han sido colocados este año 2023, y cubriendo el ábside, un último cimborio dedicado a la madre de Dios, la Virgen María coronada por la estrella de 12 puntas, la estrella de la mañana, que se inauguró el 8 de Diciembre de 2021.

Las formas que Antoni Gaudí toma para estructurar sus edificios se basan en las derivadas de la curva catenaria, de ella resultan los arcos parabólicos, hiperbólicos y paraboloides, además usa el paraboloide hiperbólico, además utiliza como polígonos regulares, triángulos, cuadrados, pentágonos, hexágonos, octágonos, decágonos y dodecágonos y sus columnas, de doble giro nacen de un juego geométrico moviendo polígonos idénticos en dos direcciones opuestas e intersectando volúmenes.



Imagen 6. Explicación gráfica de cómo se forma la curva catenaria a partir de la unión de dos rectas: a medida que se añaden peses se va creando la curva, al ir acortando la distancia entre los puntos superiores se consiguen diferentes curvas Fuente: Martín Tavio (2017:21)

En cuanto a poliedros, encontramos cubos, octaedros, dodecaedros o sus intersecciones, icosaedros y algún poliedro estrellado. Sobre poliedros estrellados de la Sagrada Familia, recomendamos consultar el trabajo de López de Briñas.(2015) ya que hace una recopilación exhaustiva de los poliedros estrellados que podemos admirar en la basílica.

Antoni Gaudí juega con los giros, traslaciones, simetrías, maclas...

3.1.La simbología de los números

Es de sobra conocido que Antoni Gaudí era una persona sumamente religiosa y su obra es una gran metáfora en la que la religión y la admiración por la naturaleza se refleja en cada una de sus decisiones.

3.1.1. El número 7

El número 7 se asocia a los dones del Espíritu Santo y la utiliza en el baldaquino, también en la Torre de la Natividad, que se construyó en primer lugar. Se caracteriza por su color naranja oscuro y por estar coronada por una estrella de 7 puntas.



Imagen 7 . Baldaquino

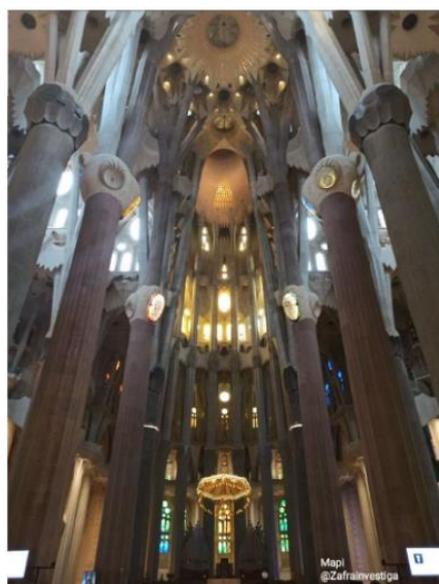


Imagen 8. Interior de la basílica

Microrrelato Matemático imagen 7

#MiradaMatemática#arte#religión El Baldaquino de la #SagradaFamilia es un #heptágono q representa los 7 dones del Espíritu Santo De su perímetro cuelgan 7 lámparas por cada lado y sumadas a la del vértice principal son 50, como días dura Pascua, tb uvas y trigo #MicrorrelatoMatemático

Microrrelato Matemático imagen 8

#MiradaMatemática ante la #belleza desbordante de la nave central de la #SagradaFamilia de #Gaudí sus columnas centrales parecen árboles de un bosque de luz que nos hacen alzar la mirada hacia un espacio finito que nos transporta al infinito y protegen el heptágono del baldaquino

3.1.1. El número 12

El número 12 es un número, como 12 son los apóstoles, es el número secreto, como apunta Alsina (2016), y que nos indica que el sistema de proporciones de la Sagrada Familia surge de sus divisores, así $1, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4}, \frac{2}{3}, 1$. Podemos admirar en las cubiertas de la basílica 12 cestos con frutas representando las 12 cosechas del año, una por cada mes.



Imagen 9. Detalle de los cestos de frutas

Microrrelato Matemático imagen 9

Tarde de paseo por la #SagradaFamilia Esta vez fijo la #MiradaMatemática en los pináculos frutales de #EtsuroSotoo #Gaudí los ideó coronados por 12 cestos hiperboloides de una hoja y los frutos debían evocar todas las frutas de los 12 meses del año #MicrorrelatoMatemático

Microrrelato Matemático imagen 10

#MiradaMatemática Hoy un vacío de agua impedía ver la simetría de la #SagradaFamilia en el lago El día 8 de Diciembre, limpio y lleno reflejará 1poliedro estrellado de 12 vértices en la torre de la Virgen María a 1altura de 138 m y lucirá como estrella de Navidad iluminando #BCN



Imagen 10. Estanque vacío 2021



Imagen 11. Reflejo en el estanque



Imagen 12. Estrella de María

Microrrelato Matemático imagen 11

Después de 1 amanecer gris ha salido el ☀️ y he vuelto al lago q nos permite admirar la imagen bella y cambiante de la #SagradaFamilia con nueva #MiradaMatemática ya q aún no había fotografiado a plena luz del día la estrella q corona la torre de María con sus 12 puntas piramidales.

Microrrelato Matemático imagen 12

Hace 1 año, el #8Dic se encendió por 1ª vez la #estrella de #SagradaFamilia iluminando #Barcelona Hoy #10Diciembre ese dodecaedro de 12 puntas piramidales de 5,5 toneladas coronando la torre de la Virgen, lucía así de bella Debajo, a 60m del suelo está sentado Jesús #MiradaMatemática



Imagen 13. Torre de Lucas

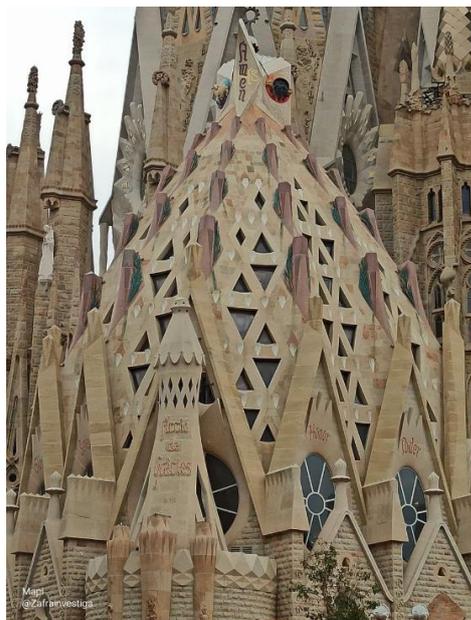


Imagen 14. Sacristía

Microrrelato Matemático imagen 13

#BCN #25Noviembre #SagradaFamilia 10h, levanto la vista y veo, admiro y miro con #MiradaMatemática la #torredeLucas terminada, con el tetramorfo de un buey con libro y alas coronando un icosaedro, en otro plano se distingue la #estrella de 12 puntas, pirámides de base pentagonal

Microrrelato Matemático imagen 14

#MiradaMatemática de la cúpula de la sacristía de la #SagradaFamilia producto de una intersección de paraboloides de revolución, 12 en total, nº metafórico q utiliza #Gaudí para las proporciones de los elementos de la basílica, todos ellos divisores de 12 #MicrorrelatoMatemático

3.1.3. El número 18

El número 18 corresponde a la suma de los 12 los apóstoles, la Virgen María, Jesucristo y los evangelistas, así 18 torres conformarán la Sagrada Familia, cada una con un significado específico. Están dispuestas en grupos de seis, rodeando una torre central más alta.

Cada una de las torres más grandes tiene una campana que representa el sonido de la fe. En su conjunto, las torres de la Sagrada Familia simbolizan la unión entre lo divino y lo humano.

También el número 18 lo encontramos relacionado con las columnas que se encuentran en la nave central se caracterizan por su altura y delgadez, las cuales representan la unión entre el cielo y la tierra. Hay 18 columnas dedicadas a este propósito, lo que representa los 18 capítulos del Evangelio de San Juan.

Además, el número 18 lo utiliza para recordar a los muertos en la fachada de la pasión.



Imagen 15. Fachada de la Pasión

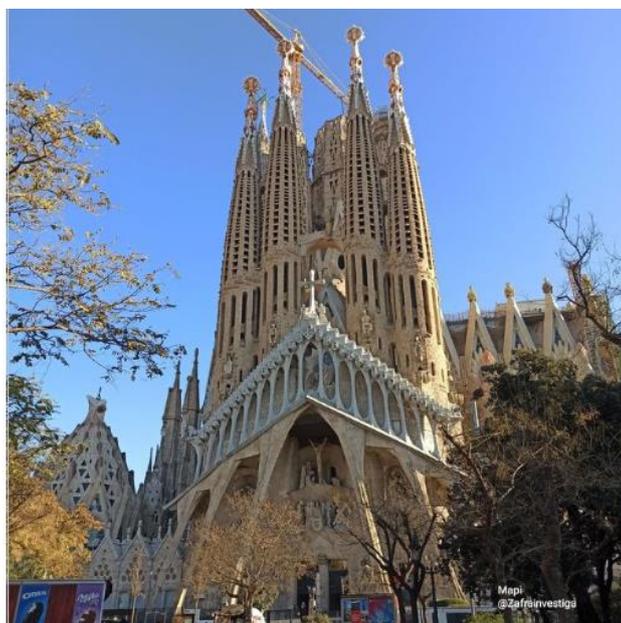


Imagen 16. Fachada de la Pasión

Microrrelato Matemático imagen 15

Amarillo y negro, reclamo de los taxis de #Barcelona ordenados y esperando turno para llevar clientes de 1 sitio a otro aunq el >reclamo es la #SagradaFamilia llena de símbolos como los 18 pilares de la puerta de la Pasión en forma de hueso q simbolizan a los muertos #MiradaMatemática

Microrrelato Matemático imagen 16

Ante mí la fachada de la Pasión orientada a poniente en la q destacan 18 pilares en forma de hueso q simbolizan a los muertos y sobre los q se sitúa una cornisa de prismas hexagonales, el frontón forma 1 ángulo en cuyo vértice se sitúa 1 cruz #MiradaMatemática de la #SagradaFamilia

3.1.4. El número 33

También el número 33 es un número utilizado por Antoni Gaudí ya que representa la edad de Cristo cuando lo mataron y lo utiliza en forma de criptograma.



Imagen 17. Criptograma

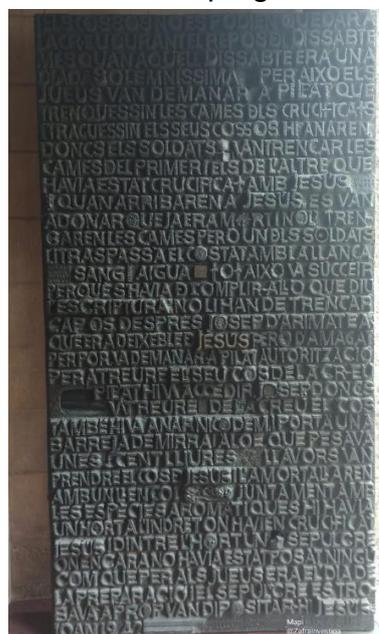


Imagen 18. Puerta de Josep M. Subirachs

Microrrelato Matemático imagen 17

#MiradaMatemática de la #SagradaFamilia la mires como la mires llena de metáforas y de matemáticas como el criptograma al lado del beso de Judas de 16 cifras q permiten hacer 310 combinaciones ≠ y que suman siempre 33, la edad de Cristo en la Pasión #MicrorrelatoMatemático

Microrrelato Matemático imagen 18

En la #SagradaFamilia luz, naturaleza y matemáticas confieren 1 ambiente único q permite muchas miradas, 1 de ellas, la #MiradaMatemática en 1 puerta de la fachada de la Pasión Sobre texto de Juan 19,42 1 "cuadrado mágico" con la edad de Xto, 1 simetría, monedas y +cosas para localizar

3.2. Polígonos y poliedros: Maclas y transformaciones

Los Poliedros, son cuerpos geométricos cuyas caras son planas (polígonos) y encierran un volumen. Entre los poliedros, diferenciamos, los Regulares que son

poliedros, donde todas sus caras son el mismo polígono regular, existiendo cinco poliedros regulares, llamados también poliedros de Platón, así diferenciamos: Tetraedro. Octaedro. Cubo. Dodecaedro. Icosaedro.

Por otra parte diferenciamos los poliedros estrellados (o también *poliedro estelado* o *poliedro en estrella*) que es aquel poliedro que tiene cierta cualidad repetitiva de no convexidad, lo que le otorga un aspecto visual similar al de una estrella. Hay dos tipos generales de poliedros estrellados:

- Poliedros que se intersecan a sí mismos de forma repetitiva.
- Poliedros cóncavos de un tipo particular que alternan vértices convexos y cóncavos o de silla de manera repetitiva. Matemáticamente, estas figuras son ejemplos de dominio en estrella.

Antoni Gaudí utiliza los poliedros, de manera simple o combinando unos con otros formando maclas, como los podemos admirar en los pináculos

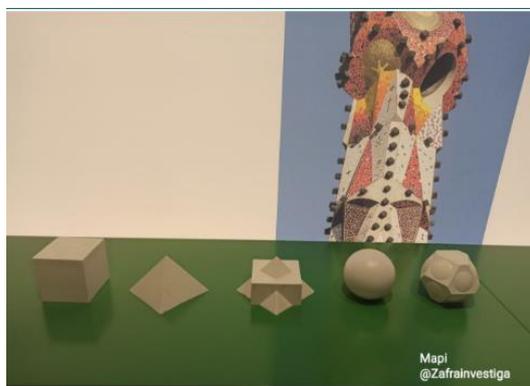


Imagen19.Modelos de maclas



Imagen 20: Estrella de la Virgen



Imagen 21. Fotografiando la Basílica

Microrrelato Matemático imagen 20

Ayer la [#estrella](#) de [#SagradaFamilia](#) iluminó [#Barcelona](#) y su luz alumbra ya a todo el mundo
Es 1dodecaedro de 12 puntas piramidales de 2,90m cada una y 7,5m de \varnothing y corona la torre de la Virgen, rodeada de triángulos q conforman las 800 ventanas q iluminarán el altar
[#MiradaMatemática](#)

Microrrelato Matemático imagen 21

La [#SagradaFamilia](#) es 1 preciosidad, la mires como la mires y con [#MiradaMatemática](#) puedes ver hasta una situación de homotecia q se pone a mano, mientras la luz de su estrella, dodecaedro estrellado, brilla en la noche y junto a las alas blancas, representación de Marcos y Lucas



Imagen 22. Cruz de la portada de la Pasión

Microrrelato Matemático imagen 22

En [#SagradaFamilia](#) mi [#MiradaMatemática](#) es para la  enmarcada o no, por la vegetación Es 1 poliedro q pesa 18 toneladas Mide 7,5m de alto y la distancia de los brazos entre extremos es de 4,25m La geometría de los brazos es la de doble giro q permite transformar 1  en 1 octógono

3.3. Superficies regladas: Paraboloides hiperbólicos, hiperboloides de una hoja, cono y conoides

Las superficies regladas son aquellas formadas por una familia infinita de rectas que dependen de un parámetro. Cada una de estas rectas se denomina generatriz de la superficie y se desplaza sobre una o diversas curvas denominadas directrices. En función de las características y condiciones de cada una de ellas reciben distintos nombres: conoides, helicoides, paraboloides hiperbólicos, hiperboloides de revolución..

3.3.1. Paraboloides hiperbólicos

El paraboloides está generado por una recta que se apoya en dos líneas directrices y siempre se mantiene paralela a un plano llamado director. Dos

generatrices infinitamente próximas se cruzan mientras que las de distinto sistema se cortan.

La superficie es de segundo orden ya que, si es cortada por una recta, la corta como máximo en dos puntos. El plano tangente en un punto de la misma está definido por dos generatrices, una de cada sistema.

Las secciones planas de la superficie son de forma general hipérbolas y en casos particulares parábolas.

Antoni Gaudí lo utiliza en la Sagrada Familia en superficies de enlace en bóvedas y en cubiertas. También en las columnas de la fachada de la Pasión Cúpula de la sacristía (intersección de paraboloides).



Imagen 23. Iluminación del interior de la Sagrada Familia

Microrrelato Matemático imagen 23

#AntoniGaudí quiso convertir la #SagradaFamilia en “el templo de la #luz armoniosa” y lo consiguió gracias a vidrieras y a paraboloides, hiperboloides y helicoides q variando constantemente su incidencia producen una sinfonía de colores q emociona al mirarlos #MiradaMatemática



Imagen 24. Detalles de paraboloides hiperboloides y helicoides

Microrrelato Matemático imagen 24

#MiradaMatemática de la luz de #SagradaFamilia q gracias a los paraboloides hiperboloides y helicoides imaginados por #AntoniGaudí va variando constantemente la incidencia de la luz produciendo 1estallido de luz cambiante de gran belleza donde luz-espacio-tiempo son inseparables

3.3.2.Hiperboloide de una hoja de revolución o hiperbólico

Si consideramos dos rectas que se cruzan y una de ellas es el eje de revolución al girar las se engendra un hiperboloide de una hoja. También se puede generar por rotación de una hipérbola en torno a su eje imaginario. Todas las secciones que cortan a la superficie perpendicularmente al eje son círculos.

El hiperboloide es una superficie cuyas secciones son siempre cónicas. Por cada uno de sus puntos pasan dos líneas de cada sistema que definen el plano tangente en uno de sus puntos. Éste plano secciona a la superficie en dos rectas. La superficie no se puede desarrollar por ser alabeada.

Las superficies regladas alabeadas encuentran una aplicación muy extendida en la construcción de cubiertas, tejados, ajustes de tuberías, engranajes, torres de refrigeración de centrales nucleares, engranajes hiperbólicos para ajustar ruedas cuyos ejes se cruzan, etc.



Imagen 25. Hiperboloides y la luz **Imagen 26. Fachada de la Pasión**

Microrrelato Matemático imagen 25

Admirando la belleza geométrica en la #SagradaFamilia como los hiperboloides #Gaudí tiene la genialidad de pensar q si las formas hiperbólicas difunden bien los sonidos estas mismas formas difundirán bien los rayos de luz, además de parecer un cielo estrellado #MiradaMatemática

Microrrelato Matemático imagen 26

#MiradaMatemática de la #SagradaFamilia q combina formas geométricas elegidas por cualidades: formales estructurales lumínicas acústicas y constructivas: hiperboloides, paraboloides, helicoides y elipsoides y la distribución de fuerzas no necesita apoyos laterales ¡Genial #Gaudí!

3.3.3. Conoide

El conoide es una superficie reglada alabeada con un plano director y dos directrices, una rectilínea y otra curva. Si la directriz curva es un círculo se tiene el conoide circular, si es una elipse tenemos el conoide elíptico, etcétera.

Son superficies regladas cuyas generatrices se apoyan en la curva directriz y en una recta (eje del conoide), siendo las generatrices paralelas a un cierto plano (plano director del conoide). Si el eje y el plano son perpendiculares, se dice que el conoide es recto.

La mejor representación de conoides en la Sagrada Familia está en las fachadas y cubiertas del edificio de las escuelas parroquiales, donde, por cierto, Gaudí instaló su taller en un principio.

Lo más importante de todo esto es que este conjunto de superficies onduladas no responde a una tendencia estilística ni a una voluntad de imprimir un sello personal sino a la genialidad de conseguir una estructura estable con el mínimo material.

La pared de cierre tiene, únicamente dos capas de ladrillo plano, de 4 cm de grueso cada una. Es una pared de cierre, de obra vista, de menos de 10 cm. de grueso que llega casi a los 5,60 metros de altura, es, por lo tanto, extremadamente esbelta y sería demasiado inestable si no fuera justamente porque la ondulación le da rigidez frente a la posible fuerza del viento.

Si se quisiera hacer aguantar derecha una cartulina encima de una mesa, le debería hacer pliegues o darle forma, de lo contrario caería antes incluso sin soplar. Gaudí, con la superficie ondulada de las fachadas está haciendo justamente esto. La ondulación no es un capricho formal, es estructural, toda una lección de mecánica.



Imagen 27. Escuelas

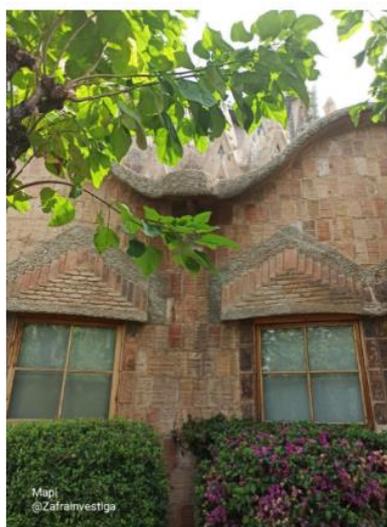


Imagen 28. Conoides de las escuelas

Microrrelato Matemático imagen 27

Sobre 1 mosaico de los q gustan modelizar con @geogebra, se eleva 1 pared ondulada q da rigidez al edificio, muestra 1 progresiva inclinación del techo al suelo, se trata de la escuela parroquial de la #SagradaFamilia bajo 1 cubierta conoide óptima para desaguar #MiradaMatemática

Microrrelato Matemático imagen 28

#MiradaMatemática de Escuela de la #SagradaFamilia #Gaudí utilizó #conoides, se trata de 1 superficie q queda determinada en el espacio por 1 recta, 1 plano perpendicular a ella y 1 curva. Los muros de carga son de planta curvilínea, con una progresiva inclinación del techo al suelo

3.4. La posibilidad de modelizar elementos de la Sagrada Familia con GeoGebra

Es evidente que GeoGebra es un programa que nos permite modelizar elementos geométricos que presenta la Sagrada Familia y a partir de haber compartido en Twitter/X diferentes fotografías junto a sus microrrelatos, expertos en su uso, entre otros, Javier Cayetano, cuyo perfil en Twitter es @JavierCayetan19, se puede ver la gran potencialidad de FotoGebra como propone Rizzo desde 2016.

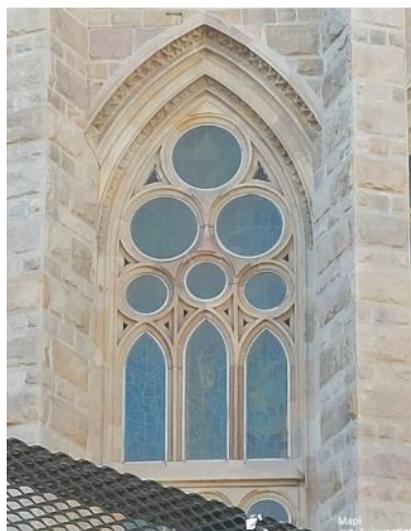


Imagen 29. Detalle de una vidriera

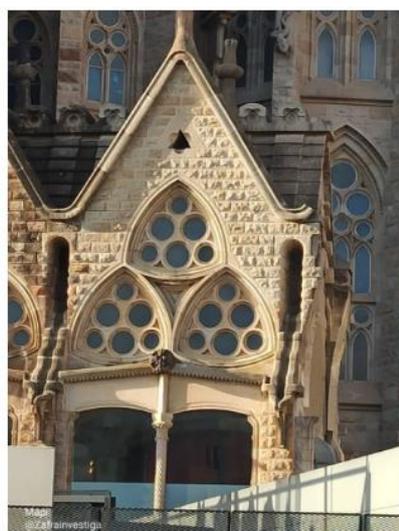


Imagen 30. Triángulos de Reuleaux

Microrrelato Matemático imagen 29

#MiradaMatemática de 1 vidriera #SagradaFamilia 5 círculos de vidrios de «trencadís» con #puntos de tangencia entre sí, de 2 tamaños, los de radio r coronan los vértices de 3 arcos ojivales y todo el conjunto bajo arcos ojivales concéntricos En 1r plano 1 verja parece escamas nazarís

A partir de la imagen 29, @JavierCayetan19 nos propone una modelización en 6 pasos con explicaciones,

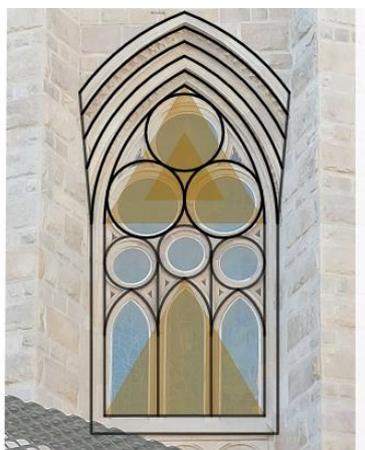
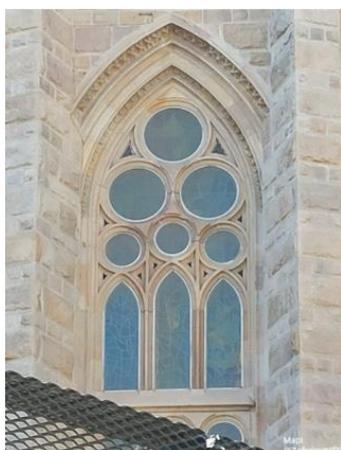


Imagen 32. Modelización
Javier Cayetano²

de

Microrrelato Matemático imagen 30

En 1er plano y bajo 1 tejado a 2 aguas, cual función periódica, 3 #triángulosdeReuleaux tangentes entre sí, que en cualquier orientación, siempre son tangentes a 1 cuadrado En su interior, 6 círculos con 2 longitudes de radio diferentes #MiradaMatemática en la #SagradaFamilia

A partir de la imagen 30, @JavierCayetan19 nos propone esta modelización

² Los 6 pasos de la construcción se pueden ver aquí: <https://t.co/9kjdSPKmHK>



Imagen 32. Modelización de Javier Cayetano³

5. Conclusión

La basílica de la Sagrada Familia, iniciada en 1882 es la obra inacabada de Antoni Gaudí, y para las personas que vivimos en Barcelona tenemos el privilegio de ver cómo va creciendo en altura y cómo va transformando el paisaje de la ciudad, por lo tanto, es un placer poder compartir cómo se va transformando.

Sobre el hecho de continuar la basílica obra maestra de Antoni Gaudí, sin Gaudí, él mismo dejó escrito:

Se debe conservar el espíritu de la obra, su vida debe depender de las generaciones que se la transmiten y en las cuales vive y se encarna

Y así es, es una obra que va dejando la huella de cada una de las personas que han dedicado, dedican y dedicaran a continuar su arquitectura, una obra con muchas miradas, una de ellas, la mirada matemática que nos permite ver, mirar y admirar cada detalle desde los ojos de las matemáticas y es por ello que unificar esa mirada de patrimonio arquitectónico y religioso, junto a la matemática y darlo a conocer está en la línea de la frase atribuida a Leonardo Da Vinci

No se puede amar lo que no se conoce, ni defender lo que no se ama

Así que espero que con mi mirada matemática plasmada en una fotografía y descrita con conceptos matemáticos, abierta a ser utilizada para modelizar con GeoGebra detalles geométricos, no solo se pueda amar la obra, sino las matemáticas que encierra cada una de las decisiones de Gaudí y de todas y cada una de las personas que están interpretando y terminando su obra.

Por último, comparto cómo se encuentra la Sagrada Familia a 1 de septiembre de 2023, e invito a que, a partir de esta imagen, la 33, como guiño a uno de los números presentes en la basílica, elaboréis algún microrrelato matemático.

³ El GIF de la construcción lo compartió aquí: <https://twitter.com/i/status/1631949601946181638>



Imagen 33. Estado de las cuatro fachadas de la Sagrada Familia el día 1 de septiembre de 2023

Referencias bibliográficas

- Alsina, C. (2016). Un templo de Geometría: La Sagrada Familia en 2026 *Revista SUMA*, 82, 35-42.
- Boix, E. (1987). *La revolución del arte moderno. Del Impresionismo al Expresionismo*. Barcelona: Ediciones Polígrafa
- Cussó-Anglès, J. (2010). *Disfrutar de la naturaleza con Gaudí y la Sagrada Familia*. Editorial Milenio. ISBN: 978-84-9743-423-2.
- Giralt-Miracle y otros (2002) *Gaudí. La búsqueda de la forma. Espacio, geometría, estructura y construcción* MHC B, Ajuntament de Barcelona, Institut de Cultura, Lunwerg editores ISBN: 84-7782-726-5 <https://www.almendron.com/blog/wp-content/images/2014/07/CatalogoGaudi.pdf>
- González, E (1989). Fotografía y matemáticas *Revista SUMA* nº 2, 44-46.
- López de Briñas Ferragut. M. de los D.(2015). Estrellas en la Sagrada Familia de Gaudí: Un contexto nuevo para estudiar poliedros. *17 Jornadas para el Aprendizaje y la Enseñanza de las Matemáticas*. <https://17jaem.semrm.com/aportaciones/n9.pdf>.
- Martín Tavió, M. (2017) La Naturaleza de la arquitectura de Gaudí. Trabajo de Grado en Historia del Arte, dirigido por Carmen Milagros González Chávez.
- Menoyo-Díaz, M. del P. (2021). Microrrelatos matemáticos en un tuit: Una propuesta didáctica para educar la mirada matemática en *Revista Formación IB* del 5 de abril de 2021 <http://formacionib.org/noticias/?Microrrelatos-matematicos-en-un-tuit-Una-propuesta-didactica-para-educar-la>
- Menoyo Díaz, M. del P. y Domínguez Tacias, M. (2021). Educar la mirada matemática a partir de fotografías per elaborar un microrrelat matemàtic: Una experiència amb alumnat de 1r d'ESO de l'Institut Caterina Albert de Barcelona. *Actes III Congrés*

CTEM de la Comunitat Valenciana. Generalitat Valenciana. Conselleria d'Educació, Cultura i Esport pp 120-126.

Menoyo Díaz, M. del P. (2021). Importancia de la comunicación en una educación híbrida: Una experiencia en Secundaria en el aula de Matemáticas. Libro de actas del II Congreso Iberoamericano de docentes. Editores, Macías, Ó., Quiñónez, S. y Yucra, J. pp 365-379 ISBN:978-84-948417 2-9
<https://docplayer.es/215185733-Importancia-de-la-comunicacion-en-una-educacion-hibrida-una-experiencia-en-secundaria-en-el-aula-de-matematicas.html> y en <http://formacionib.org/programa/actasiiconIB.pdf>

Menoyo Díaz, M. del P. (2023) Educar la mirada matemática, enseñar a mirar: La potencialidad didáctica de los microrrelatos matemáticos a partir de fotografías. Actas JAEM20, Editor: FESPM pp 456-484 ISBN: 978-84-122154-0-3
<https://20.jaem.es/20jaem/Comunicaciones/Connexiones/CoC002.pdf>

Mulero, J.; Segura, L. y Sepulcre, J.M. (2014). Las matemáticas de nuestra vida. Publicacions de la Universitat d'Alacant. ISBN: 978-84-9717-339-1.

Rodríguez-Taboada, J (2023). Por calles y plazas: Matemáticas en tu entorno. *UNION, Revista Iberoamericana de Educación Matemática* núm 68 ISSN: 1815-0640

Tirado-Carvajal, B.; Gualdrón-Pinto, É. y Ávila-Zárate, A. (2019). Estrategia didáctica para fortalecer la competencia de comunicación matemática por medio de la fotografía *Revista Logos Ciencia & Tecnología* ISSN 2145-594X On-line version ISSN 2422-4200 <https://doi.org/10.22335/rict.v11i2.827>.

Menoyo Díaz, María del Pilar: Licenciada en Ciencias Biológicas (UB_1977), doctora en Didáctica de las Matemáticas y las Ciencias Experimentales (UAB_2013), premio Marta Mata de Pedagogía, (Rosa Sensat_2013). Líneas de trabajo: La evaluación, Resolución de problemas, Mirada matemática, Los trabajos de investigación en Secundaria. Catedrática de Matemáticas jubilada.
mpmenoyodiaz@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5180-539X>
España