

TEMA 24

PRESENCIA DE LA GEOMETRIA EN LA NATURALES A | EN L'ART. ASPECTES ESTRUCTURALS. PANORÀMICA HISTÒRICA.

0 Introducció.
1 Presència de la geometria en la naturalesa i en l'Art. Aspectes estructurals.
2 La geometria en l'art. Panoràmica històrica.
3 Conclusió.
Bibliografia.

www.e-ducalia.com

Els drets d'edició són reservats a favor de www.e-ducalia.com. Prohibida la reproducció total o parcial sense permís escrit de l'editor.

0. - INTRODUCCIÓ.

La geometria és una branca de les matemàtiques que estudia les propietats i les mesures de les figures en el pla | plànol o en l'espai. Atenent l'etimologia de la paraula, d'origen grec geo "terra" i metrein "mesurar", significa literalment mesurament de la terra, una de les seves primeres aplicacions pràctiques, encara que actualment n'inclou moltes i diverses funcions.

Ciència desenvolupada en l'antiguitat, va tenir el seu floriment i desenvolupament màxim en el durant el Renaixement Italià. Ja que és una ciència de les trucades | crides objectives, com ho pot ser la matemàtica, la seva influència posterior ha estat enorme, ja que ha anat evolucionant contínuament al llarg dels temps basant-se en els axiomes, teories i teoremes demostrats en cada una de les èpoques.

És una ciència especialment útil ja que és present i és necessària per a la construcció i creació d'obres artístiques, arquitectòniques, i ingenieriles. Entre les seves múltiples aplicacions es troben les de càlcul espacial i volumètric, càlcul d'estructures i resistència de materials i localització de punts en l'espai bidimensional, tridimensional i projectiu.

Els seus elements fonamentals són el punt, la recta, la corba, el pla | plànol, els polígons, els políedres i les superfícies. Aquests elements bàsics de l'espai tenen una gran càrrega expressiva ja que representen el simple, el pur, el perfecte, cap al que tot estén.

Al principi de manera manual i intuïtiva, s'ha assolit un alt domini d'aquesta disciplina, descobrint múltiples propietats i aplicacions. Actualment, amb el desenvolupament tecnològic i informàtic, el domini dels traçats s'apropa molt a la perfecció, podent avaluar l'efectivitat de les diferents aplicacions gairebé sense executar-les.

1. - PRESENCIA DE LA GEOMETRIA EN LA NATURALES A. ASPECTES ESTRUCTURALS.

La geometria és sempre present en la naturalesa i es manifesta a diferents nivells.

Aquest és un fet que es pot apreciar a simple vista -el mateix Cezànné, a finals del segle XIX, en el seu intent de realitzar una síntesi ideal de la representació naturalista, opinava que "tot objecte es pot reduir a figures geomètriques simples, cubs, piràmides, cons..." - o bé, es poden justificar i demostrar en analitzar els conceptes d'**equilibri** i **eficiència mecànica**, dos **aspectes estructurals** bàsics en enginyeria.

D'una banda la naturalesa tendeix a l'**equilibri**, ja que aquest es defineix com l'estat mecànic en el qual la suma de totes les forces que actuen alhora en un cos és igual a zero. El desequilibri no és estable, és imperfecte, i per tant, en la naturalesa, no perdura. Aquest equilibri requereix de la geometria ja que l'assoleixen les figures que tendeixen a ser simètrics i purs.

TEMA 24: PRESÈNCIA DE LA GEOMETRIA EN LA NATURALES A I EN L'ART. ASPECTES ESTRUCTURALS. PANORÀMICA HISTÒRICA.

D'altra banda la naturalesa necessita obtenir **eficiència mecànica** en les seves construccions, ja que en cas de no ser així, les seves estructures no serien estables i no perdurarien. Tota estructura requereix d'aquest concepte per a la seva formació ja sigui un esquelet, les branques d'un arbre o la formació de cèl·lules.

Una de les formes geomètriques presents de forma evident seria l'**esfera**. Aquesta és una forma geomètrica amb grans propietats com per exemple, ser l'àrea mínima possible respecte del seu volum, aspecte molt avantatjós quant a l'estalvi d'espai en la conservació de matèria, com pot ser el cas d'una taronja o una síndria. Aquesta forma és present especialment en medis en els quals la gravetat és mínima o tendeix a zero, com pot ser l'espai o el medi aquàtic. Així, les pompes de sabó, els éssers unicel·lulars, les bombolles d'aire al mar, alguns crustacis, els planetes i les estrelles són alguns exemples.

La forma **cilíndrica** es troba en abundants exemples en el mig vegetal. És el cas dels troncs dels arbres, la tija de les plantes o de les flors, algunes algues...

Una altra de les formes molt comunes en la naturalesa és l'**hexagonal**. Apareix de forma abundant en aglomeracions d'unitats independents i de la mateixa mida. És el cas de l'escuma formada per pompes de sabó -en contacte unes amb les altres, en secció, són hexagonals-, les cèl·lules en els teixits animals, l'estructura formada per les bresques d'abelles i el parènquima del blat de moro.

És difícil parlar de geometria i naturalesa sense anomenar la **proporció àuria**. Va ser Vitrubio en el s I a.C. el descobridor d'aquesta proporció present en la naturalesa segons la qual la relació entre el segment a i el b és la mateixa que entre el segment a i el c.

El nombre o raó que els relaciona és el número irracional 1'618..., és en anomenat **nombre daurat** o nombre Φ

Aquesta relació geomètrica es repeteix sorprenentment en la naturalesa en el creixement de plantes i flors, fruites (distància entre les espirals d'una pinya), proporcions humanes (relació entre la distància de la mà al colze i del colze a l'espatlla), animals (quantitat d'abelles mascles i femelles d'una bresca), proporcions geomètriques (relació entre el costat d'un pentàgon i la seva diagonal), estrel·lars (òrbita de Venus)... Potser sigui aquesta la raó per la qual ens resulta tan bella l'esmentada proporció: apareix tant al nostre món que ens ha de resultar visualment familiar i harmònic.

El fet d'aparèixer repetidament i misteriosament en la naturalesa de manera tan abundant li va donar cert aire enigmàtic i diví, (d'allà el seu nom) com si algú (Déu?) hagués inclòs aquesta proporció en les seves creacions. Estèticament, una divisió tal ens resulta especialment adequada, i per això, a partir del Renaixement, es va utilitzar de manera gairebé obsessiva, en detriment d'una divisió simètrica, doncs els grans mestres consideraven que el simètric és estàtic, i una divisió desigual com la proporció àuria dotava a l'obra de dinamisme i atractiu visual. A més, si Déu l'havia usat per a les seves creacions, com no anava a utilitzar-la l'home?

En realitat, cap de les formes geomètriques de la naturalesa no és present en tota la seva puresa. Totes elles són aproximacions. És l'ésser humà el que ha buscat un paral·lisme mitjançant la similitud de formes naturals i les formes geomètriques pures agafades mitjançant l'abstracció, però que sens dubte, i per la seva gran semblança, poden arribar a comparar-se.

2. - LA GEOMETRIA EN L'ART. PANORÀMICA HISTÒRICA.

Des del principi dels temps, els **pobles primitius** van demostrar una noció intuïtiva de la geometria quant al mesurament de distàncies terrestres, i quant a les seves pròpies construccions (la presència de l'angle recte és molt abundant).

La **civilització egípcia** va desenvolupar grans coneixements de geometria demostrant seu ús pràctic en moltes ocasions, amb una precisió sorprenent per als mitjans amb els que se | comptaven en l'època. Formes geomètriques com els rectangles i els quadrats, càlcul de distàncies, ús del nombre pàg., etc. van ser alguns dels aspectes de la geometria que van demostrar dominar àmpliament en les seves construccions.

Durant l'esplendor de les civilitzacions grega i romana la geometria va experimentar un dels seus moments àlgids, ja que es va desenvolupar una manera molt ràpida i efectiva en un curt període de temps. **Grècia** es va ocupar de l'evolució de la geometria teòrica gràcies a diversos savis de l'època. **Pitàgores** es va ocupar de les propietats dels triangles i els políedres. **Tales d'Alexandria**, filòsof de l'escola jònica, va descobrir les propietats dels números | nombres que tendeixen a infinit i dels nombres decimals.

TEMA 24: PRESENCIA DE LA GEOMETRIA EN LA NATURALESA I EN L'ART. ASPECTES ESTRUCTURALS. PANORÀMICA HISTÒRICA.

Arquímedes, un altre filòsof de la mateixa escola i gran inventor d'objectes d'enginyeria, va desenvolupar el càlcul integral i **Apol·loni**, un altre dels destacables, es va ocupar de les corbes còniques.

L'últim dels geomètres grecs que es destacarà en aquest tema per mèrits propis és el matemàtic grec **Euclides**. Va plasmar les idees principals de les seves teories en una obra titulada *Els elements*. En ella es presenta de manera formal, partint únicament de cinc postulats, l'estudi de les propietats de línies i plànols, cercles i esferes, triangles i cons, etc.; és a dir, de les formes regulessis. Un dels seus teoremes va ser, per exemple, que la suma dels angles interiors de qualsevol triangle és 180è.

La geometria d'Euclides va ser una obra que va perdurar sense variacions fins al segle XIX, el que és suficient per valorar la influència i vigència que ha tingut aquesta teoria.

Capítol a part mereix l'arquitecte, inventor, escriptor i enginyer **Marco Vitruvio**, del segle I a. C. Estuvo a les ordres de l'exèrcit romà i del propi Julio César. Va anar un gran tratadista. La seva obra més important *De architectura* una obra extensa en deu volums que recull tota la seva saviesa i avenços obtinguts a l'exercici de seua professió. En ells parla de geometria, de proporció, d'arquitectura, d'urbanisme, d'enginyeria, d'hidràulica, de mecànica, i un llarg etcètera que converteixen a aquesta gran obra en una de les més influents de l'antiguitat. Serà especialment important la seva lectura i redescobriment en el Renaixement.

Precisament va ser el moviment artístic denominat **Renaixement**, període de grans canvis polítics, econòmics i socials, l'altra gran època de la geometria.

Precisament va ser aquest moviment el que va tornar la vista enrere, va aprendre dels autors ja esmentats de les civilitzacions grega i romana i partint de les seves premisses i teories, va donar un altre gran impuls a aquesta ciència. Les traduccions dels manuals i tractats, així com la seva reproducció gràcies a invents com la impremta de Gutenberg en el s. XV va facilitar la propagació i transmissió de coneixements com mai abans s'havia produït, primer en Itàlia i posteriorment en tot Europa.

Van ser principalment tres artistes i estudiosos renaixentistes els que van impulsar la ciència que ens ocupa en aquest període. El primer d'ells va ser el dibuixant, escultor i arquitecte **Filippo Brunelleschi** que va desenvolupar el seu treball durant el segle XV.

Personatge destacat per les seves investigacions entorn de la perspectiva, encara que la va utilitzar i es va interessar per ella per les seves aplicacions a l'arquitectura, va aconseguir un coneixement i aprofundiment en aquesta disciplina tal, que la defensava com una independent, no supeditada a l'arquitectura ni a l'art. Va desenvolupar mètodes efectius de planimetria i normalització que van demostrar la seva efectivitat en les seves construccions. A més, va ser gran coneixedor de la perspectiva i la representativitat d'objectes tridimensionals. Va ser conscient de la seva aplicació també a l'art, al dibuix i a la pintura.

El segon personatge de cita | citació obligada va ser l'artista, gravador, pintor i escriptor d'origen alemany **Alberto Dürero**, una mica posterior a l'anterior, va viure durant el segle XV i XVI i va ser l'artista més famós del Renaixement alemany. Es va interessar i va estudiar a fons les teories de Brunelleschi, especialment pel que fa a la perspectiva, projeccions i punts de fuga. Va ser un gran mestre de la geometria descriptiva i projectiva. A més, va escriure tractats sobre la proporció humana basant-se en aplicacions sobre geometria.

Finalment, el tercer personatge fonamental d'aquest moviment quant a la geometria, i en realitat entorn de moltes d'altres i disciplines variades, va anar l'arquitecte, escultor, pintor, inventor i enginyer, **Leonardo** di Ser Piero **da Vinci** l'home del Renaixement per excel·lència. Està àmpliament considerat com un dels més grans pintors de tots els temps i, potser la persona amb més i més variats talents de la història.

Estudis de la geometria i la perspectiva, es va preocupar especialment de seues aplicacions artístiques. Per a Leonardo, la pintura era una disciplina a l'altura o fins i tot per sobre d'altres com l'escultura o l'arquitectura, i es va ocupar d'ella en primer lloc, d'allà la seva excel·lència en aquest camp. Va defensar als seus tractats, que es devien respectar tres efectes principals a l'hora de captar la realitat en una imatge: la disminució de la mida aparent dels objectes amb l'augment de la distància de l'objecte a l'espectador, la pèrdua dels contorns i el color amb l'esmentat augment, i per últim, l'existència d'efectes com el traslapo (efecte produït per un objecte que es superposa a un altre) i l'escorç (efecte produït per un element o membre que es situa en direcció al punt de vista de l'espectador i que redueix la seva mida i aspecte considerablement).

En definitiva va tenir àmplies aportacions a la geometria teòrica, en els seus escrits i tractats, i a la geometria pràctica, en les seves aplicacions no només ja a la pintura, sinó a l'arquitectura, enginyeria i mecànica.

Així, la Història de l'Art considera que aquest període va assolir un domini gairebé total de la geometria en el qual a aplicacions i representativitat concerneix. Coneixements que eren ràpidament propagats per tota Europa gràcies a l'esmentada invenció de l'impremta, a la recent creació d'universitats i a un altre gran invent d'aquest moment que va facilitar els viatges i el comerç del vell continent, la brúixola.

Però és sens dubte l'aparició de la Geometria Cartesiana el que marca la Geometria en l'Edat Moderna. **René Descartes**, el segle XVII proposa un nou mètode de resoldre problemes geomètrics, i per extensió, d'investigar en Geometria. Es tractava, simplificant-ho molt, d'un sistema format per un parell d'eixos de coordenades perpendiculars, un eix d'ordenades i un altre d'abscisses, i els punts del qual vénen donats per dues coordenades positives o negatives que els situaven precisament en el plànol.

Avançant una mica més en la Història, la següent gran aportació a la geometria va ser l'el segle XVIII. Va ser el francès **Gaspard Monge**, un professor de física i matemàtiques de diverses universitats i escoles franceses, qui publica el 1799 la seva obra *Geometrie descriptive*. Va estar al comandament del propi Napoleó en diverses empreses gràcies al seu ampli coneixement multidisciplinari. La **geometria descriptiva**, invenció més transcendent de Monge, és la que ens permet representar sobre una superfície bidimensional, les superfícies tridimensionals dels objectes mitjançant el sistema de representació més important que existeixi potser encara en els nostres dies, l'anomenat **Sistema dièdric**.

Va ser un deixeble de Monge, de l'Escola Politècnica de Metz, **Jean-Victor Poncelet**, qui va continuar desenvolupant les teories del seu mestre, explorant les seves possibilitats i donant-li noves aplicacions. Es va ocupar, a més, d'estudiar i aprofundir en la **geometria projectiva** i va començar, gràcies a això, a investigar les propietats que els objectes tridimensionals comparteixen amb les seves pròpies ombres llançades. Va deixar les seves investigacions escrites en dos volums que investigava, a més, les seccions còniques.

El segle XIX trobem una altra personalitat ineludible, per la seva aportació al món de la geometria. Es tracta del suís Charles-Éduard Jaenneret, més conegut amb el sobrenom de **Le Corbusier**, cognom del seu avi matern. Arquitecte, urbanista, teòric de l'arquitectura, dissenyador i pintor, nacionalitzat francès, és considerat un dels pares de l'arquitectura moderna i un dels arquitectes que major influència han tingut el segle XX i en general, en tota la Història de l'arquitectura.

Les seves idees eren fruit d'una reacció davant d'una societat eminentment industrialitzada. Es va interessar pel disseny d'habitatges unifamiliars, per l'estètic però alhora funcional, basat en les formes pures i els colors essencials. Les formes geomètriques pures estaven, per tant, bé presents a la seva obra, especialment el cub i l'angle recte.

En 1926 Le Corbusier presenta un document on exposa en forma sistemàtica les seves idees arquitectòniques: els anomenats «*cinc punts d'una nova arquitectura*» representen una important innovació conceptual per a l'època, aprofitant les noves tecnologies constructives, derivades especialment de l'ús del formigó armat. Aquesta teoria, de gran contingut geomètric, va produir una influència poderosa en l'arquitectura en general, inclòs en l'actual. Es basava en un sistema de columnes o puntals distribuïts en forma geomètrica regular que sustentava l'habitatge, de manera que alliberava a la façana de la seva funció estructural podent obrir grans finestrals, avançar-la o retardar-la i fins i tot suprimir-la. És el que ell va anomenar "façana lliure".

No podem abandonar el segle XIX sense nomenar a **Carl F. Gauss**, matemàtic, físic i astrònom alemany. La seva principal contribució a la Geometria és la creació de la **Geometria Diferencial**, representant les idees que sobre les relacions entre l'Anàlisi Matemàtic i la Geometria hi havia fins llavors i desenvolupant-les àmpliament.

Estudia, d'una manera nova, les superfícies corbes i les seves propietats. Estableix la definició de geodèsica (línies pertanyents a superfícies corbes, com l'equador terrestre), i tracta els elements fonamentals en aquestes superfícies, contradient els postulats d'Euclides, donant lloc a una nova concepció de Geometria, la denominada, en honor al seu descobridor la Geometria gaussiana.

TEMA 24: PRESENCIA DE LA GEOMETRIA EN LA NATURALES A I EN L'ART. ASPECTES ESTRUCTURALS. PANORÀMICA HISTÒRICA.

L'altre gran arquitecte, a cavall de li segle XIX i XX, va ser el nord-americà **Frank Lloyd Wright**. Coneixedor de l'obra de Le Corbusier, qui va influir fortament en la seva obra, també es va ocupar de manera especial en cases unifamiliars, encara que amb un sentit especial per integrar-les al seu entorn. Les cobertes sobresurten considerablement de les façanes mitjançant blocs geomètrics en forma de prismes i cubs i les finestres formen una seqüència contínua horitzontal.

Va crear un nou concepte respecte als espais interiors dels edificis, que va aplicar en disseny d'habitatges, però també a les seves altres obres. Wright rebutja el criteri existent fins llavors dels espais interiors com estances tancades i aïllades de les altres, i dissenya espais en els quals cada habitació o sala s'obre a les altres, amb el que aconsegueix una gran transparència visual, una profusió de llum i una sensació d'amplitud i obertura. Per diferenciar una zona de l'altra, recorre a divisions de material lleuger o a sostres d'altura diferent, evitant els tancaments sòlids innecessaris.

Utilitza les formes corbes tant per solucionar problemes arquitectònics en l'exterior com en l'interior. Però no es tracta de corbes sinuoses i lleugeres, sinó d'autèntiques circumferències i semicircumferències, com en el cas de la façana del Museu Guggenheim de Nova York, a la rampa que distribueix les altures en aquest mateix edifici (una espiral perfecta), com en elements estructurals (pilars en forma de cons o arcs de circumferència).

Potser no trobem el segle XX noves concepcions de la Geometria, ni nous estudis teòrics revolucionaris. Tanmateix, aquest va ser un segle de grans aplicacions i assimilacions. Les avantguardes artístiques van tenir en més d'una ocasió com a protagonista a la Geometria. El mateix **Paul Cezanne**, postimpressionista francès, en el seu esforç per comprendre i reflectir la complexitat de la percepció visual humana i interessat en la simplificació de les formes recorrent naturalment a la seva essència geomètrica va declarar que *"Tot en la naturalesa es modela segons l'esfera, el con, el cilindre. Cal aprendre a pintar sobre la base d'aquestes figures simples; després es podrà fer tot el que es vulgui."*

Aquesta frase precisament va exercir gran influència sobre el Cubisme, doncs en el seu inici, tractava de simplificar la naturalesa als seus elements geomètrics fonamentals. D'altres avantguardes com el **Suprematisme** la van tractar de manera més directa, ja que evitava explícitament les formes naturals per basar-se en les geomètriques pures.

També el Constructivisme, moviment d'origen rus i el Neo-plasticisme, d'origen holandès a què va pertànyer **Piet Mondrian**, van recórrer a la geometria d'aquesta manera directa, especialment en l'ús de paral·lelograms, prismes, rectes i punts i en la seva traducció al color, és a dir, amb colors purs.

En el camp de l'arquitectura d'aquest segle, i atenent especialment a aspectes geomètrics i estructurals, és necessari anomenar a l'arquitecte espanyol **Santiago Calatrava**, autor de la Ciutat de les Ciències de València. El seu treball es basa en aspectes estructurals presents en la naturalesa, i que han demostrat ser eficients i funcionals en ella. Aprèn d'aquestes solucions que la naturalesa ha donat per atzar, i que han romàs en el temps, precisament per ser eficients, i les transforma aplicant-les a problemes arquitectònics moderns. Aquesta és la raó principal per la qual l'aspecte de les seves construccions recordi en ocasions a formes naturals, branques, esquelets, arrels...

TEMA 24: PRESENCIA DE LA GEOMETRIA EN LA NATURALESIA I EN L'ART. ASPECTES ESTRUCTURALS. PANORÀMICA HISTÒRICA.

3. - CONCLUSIÓ.

La geometria és una de les qualitats pròpies tant de la naturalesa com del món d'Art per diferents raons, o potser per la mateixa. La naturalesa, i el fet de què aquestes solucions geomètriques hagin perdurat al llarg de la història i de l'evolució, ha demostrat que és una de les ciències més eficients quant a l'estructural i al funcional.

Al món del Disseny Industrial, per exemple, es considera que una taronja, la fruita, és l'envàs de líquid més perfecte del món: no té cost econòmic, ja que el produeix la naturalesa, és de forma esfèrica, la qual cosa li permet allotjar el màxim suc per l'espai que ocupa, conté dues capes exteriors d'un material que esmorteix el cop en cas de caure de l'arbre i que no es trenqui l'envàs, en el seu interior, està distribuït per rams, els majors amb forma d'un vuitè de circumferència (el que produeix un octàgon perfecte en la seva cort transversal), i aquests a la seva vegada en mini | rams en forma de prisma piramidal que són els que conté realment el suc de la fruita. La geometria és present en la naturalesa, i la fa més perfecta. La presència de la geometria en l'Art, en el sentit ampli de la paraula, amb totes les seves manifestacions és potser una mica diferent però amb la mateixa conseqüència.

La seva presència és més pura, més geomètricament perfecta, si es permet l'expressió, i això ha provocat construccions sàvies al llarg de la història, construccions que ha sustentat cada vegada més pes amb cada vegada menys material (com va ser el pas del Romànic al Gòtic), obres més expressives en el seu camp i noves visions mai abans vistes al món de la pintura.

És, per tant, una característica molt valuosa a nivell estètic i a nivell funcional, que ha aportat solucions enginyoses i eficients, que de qualsevol altra manera hi hauria suposat un problema eminentment estructural difícil de solucionar. L'ésser humà ha sabut aprendre de les solucions naturals, a aconseguir apreciar-les, estudiar-les i dominar-les, amb l'objectiu fonamental d'aprofitar les propietats geomètriques per a les seves creacions, ja sigui el disseny d'un habitatge, d'un penja-robes o d'una targeta de visita.

BIBLIOGRAFIA.

- Geometria, AAVV, Piràmide ed. 1983.
- Fórmules i propietats geomètriques, Esquerre Asensi, F, Esquerre Asensi ed. 2005
- Geometria per a l'Arquitectura, AAVV, UPV ed. 2000
- Geometria moderna, AAVV, Addison ed. 1999
- La geometria fractal de la naturalesa, Mandelbrot, Benoit, Tusquets ed. 1997
- Articles diversos, Wikipedia enciclopèdia virtual.