

# **Arqueometria Romanica Aranesa**

**Era Val d'Aran versus  
orientem, hoc est,  
versus solis ortum  
aequinoctialem**

Josep Lluís e Ginovart  
Cinta Lluís e Teruel

## ENSENHADOR

Era existència der Institut d'Estudis Aranesi - Acadèmia Aranesa dera Lengua Occitana, e aguesta publicacion, son possibles gràcies ara ajuda de:

Generalitat de Catalonha  
Departament de Cultura  
Departament de Justícia  
Departament de Territori (IDAPA)  
Gobierno de España  
Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades  
Deputacion de Lhèida  
Institut d'Estudis Ilerdencs  
Baqueira Beret S.A.  
Ajuntament de Naut Aran  
Ajuntament de Vielha e Mijaran  
Ajuntament d'Es Bòrdes  
Tolo&Associats  
Donacions privades

Era seccion aranesa der Institut d'Estudis Aranesi - Acadèmia Aranesa dera Lengua Occitana ei formada per Jèp de Montoya, Angelina Cases, Ròsa Maria Salgueiro, Miquèu Segalàs, Elvira Riu, Lourdes España, Jusèp Loís Sans, Bernat Arrous e Ramon Sistac. Formen era seccion estandard Joan Salas Lostau, Patrici Pojada, Jacme Taupiac, Florian Vernet, Felip Carbona, Claudi Balaguer, Franc Bardou e Myriam Bras. Era Societat Filiau d'Istòria, Patrimòni e Identitat der Institut d'Estudis Aranesi - Acadèmia Aranesa dera Lengua Occitana ei formada per Thaïs Rodés, Álvaro Aunòs, Carlos Fañanas, Maria Pau Gómez, Isaure Gratacós, Josep Lluís, Patrici Pojada, Joan Carlos Riera e Alberto Velasco.

Direccion dera Istòria d'Aran: Josep Maria Canabal

© Josep Lluís Ginovart e Cinta Lluís Teruel  
© Institut d'Estudis Aranesi - Acadèmia Aranesa dera Lengua Occitana  
Traduccion: Miquèu Segalàs Mir  
Imatge de portada: eth plan de Beret nheuat e ath hons còga de solei sus es cimалhs (1934). Albert Oliveras e Folch (1899-1989). AFCEC\_OLIVERAS\_X\_05708.

1èra edicion: noveme 2024

ISBN: 978-84-09-67437-4  
DL: L 855-2024

Presentacion .....	5
Propòsit.....	11
1. Val d'aran e arquitectura romanica .....	15
2. Es orientacions sacres romaniques .....	27
3. Orientacions e arqueometria sacra .....	39
4. Metodologia e resultats arqueometrics .....	49
5. D'auti metòdes d'orientacion: es ombres solares e es <i>horologium pedum</i> .....	57
6. Es hònts deth coneishement e era praxís dera orientacion .....	65
7. Precision e esturmentacion des metòdes d'orientacion .....	77
8. Eth coneishement goniometric de Ripoll.....	85
9. Resultats obtengudi ena arqueometria.....	99
10. Resultats obtengudi ena arqueometria.....	111
Appendix. Localizacion, azimuth nautada der orizon declinacion astronomica .....	131
Referéncias .....	141
Bibliografia .....	143
Nòtes.....	151

## PRESENTACION

En present trabalh se cerque non sonque eth qué, senon eth perquè des causes, dera aparicion deth romanica aranés e eth sòn estudi exhaustiu en çò que se referís ara orientacion des sòns espacis sacres. Ei per aquest motiu que s'a estudiat com a evolucionat aquesta operacion en espaci liturgic. Explicar un modèl en quau se poguen observar es seqüències de causa-efècte entre es promotors e es *magister operis* qu'an obrat ena Val d'Aran. Se demore tanben qu'es futures generacions d'aranesi poguen avalorar d'un biais desparièr e complementari eth patrimòni sacre bastit, damb era perspectiva dera filosofia medievau e tot eth contèxte social, politic e economic deth moment, trasladat tath sègle XXI.

Era basa d'aquest trabalh se sosten enes trabalhs e investigacions deth professor Dr. Josep Lluís e Ginovart e dera Dra. Cinta Lluís e Teruel.

Eth Prof. Dr. Josep Lluís e Ginovart (Tortosa, 1958), ei licenciat en Arquitectura pera Universitat Politècnica de Catalunya (2002). Ei Catedratic en Intervencion en Patrimòni Arquitectonic. A estat degan dera Facultat d'Arquitectura de Barcelona, Universitat Internacionau de Catalunya (Barcelona), a on impartís classes d'intervencion en patrimòni arquitectonic e a estat Director deth Departament d'Arquitectura dera Universitat Rovira i Virgili (Reus). Es sues investigacions se centren ena arquitectura e era geometria medievau deth punt de vista dera construccion istorica. Ei membre dera Associacion Espanhòla d'Istòria dera Construccion. Pertanh ath Conselh Editoriau deth International Journal of Heritage Architecture deth Reiaume Unit, deth Journal of Architecture Research and Development d'Austràlia, dera Civil Engineering and Architecture e deth International Journal of Mathematics and Systems Science des Estats Units.

Cinta Lluís Teruel, arquitecta pera Universitat Internacionau de Catalunya (2020) e doctora per aquesta madeisha universitat (2023), ei

professora e investigadora sus intervencion deth patrimòni arquitectonic ena School of Architecture Barcelona, a on pertanh ath grop d'investigacion LITEIS. Especialista en *architettura e arte per la liturgia* der Instituto Pontificio San Anselmo de Roma e forme part dera Sociedad Española de la Construcción. Era tèsi doctorau de Cinta Lluís e Teruel ei titolada *El espacio litúrgico de la catedral de Tortosa desde la perspectiva de los métodos indirectos de registro (CRP) y (TLS) (1158-1998)*.

Se tracte dera prumèra òbra aranesa que pren coma referéncia e basa era arqueometria. Eth resultat non ei pas un aute qu'eth deth mesurament des espacis sacres romanics entre es sègles XI-XIII. Per tant, er objectiu d'aguesta investigacion ena Val d'Aran ei basat en ua metodologia quantitativa centrada en estudi e analisi dera realitat constructiva des glèises romaniques, qu'ei analisada a trauès de procediments de mesurament de registres indirèctes CRP e er escanèr Lases Terrèstre.

Ena Val d'Aran se consèrven 42 glèises en un estat sufisentament significatiu. 32 d'eres plaçades a mès de 1000m de nautada, çò que dòte d'ues circumstàncies de construccion fòrça particulars entà poder-les direccionar corrèctament.

Atau com ena construccion des assetiaments urbans, es espacis Sacres s'aueren d'adaptar ara morfologia deth terren e as desnivèus, causa que requerís d'uns trabalhs de cata fòrça importants pr'amor d'adequar aquest terren e procedir ath sòn nivelament e orientacion. Se pòt apreciar com es campanaus complissen mès d'ua foncion: aglutinar eth nuclèu urban e establir ua relacion de comunicacion damb era rèsta de nuclèus vesins. Era prioritat des espacis Sacres ei era d'orientar-les sus er èish Èst-Oèst.

Eth present trabalh priorize er estudi des glèises deth prumèr Romanic (Santa Maria de Cap d'Aran, Sant Estèue de Tredòs, Santa Eulària

d'Unha, Sant Pèir d'Escunhau, Santa Maria de Mijaran, Sant Pèir de Betlan, Sant Joan d'Arròs e Vila, Sant Miquèu de Vilamòs, Sant Ròc de Begós, Santa Maria de Vilamòs, Sant Fabian d'Arres de Jos). Er estudi s'amplie damb es considerades Glèises deth dusau Romanic d'Aran (Sant Fèlix de Bagergue, Sant Andrèu de Salardú, Santa Maria d'Arties, Sant Tomàs de Casarilh, Sant Estèue de Betren, Sant Miquèu de Vielha, Sant Andrèu de Casau, Sant Martin de Tours de Gausac, Sant Fèlix de Vilac, Sant Estèue de Montcorbau, Sant Martin d'Aubèrt, Santa Maria de Bossòst e Sant Blas de Les). Per tant, s'estúdien 24 glèises romaniques des 42 existentes.

Ua donada a considerar ei era de hèr un calcul dera poblacion existenta entà poder determinar dera dimension des glèises. En sègle XIV s'establís un interval qu'oscille entre 7.596-8.212 abitants. Ua auta donada fòrça importanta ei com se dispausaràn es poblacions ath long der èish der arriu Garona.

Era quèstion d'aguest trabalh ei de cercar era responsa de qui siguec e com se tracèren es glèises dera Val d'Aran. Sigueren clèrgues o laïcs, o se i auèc collaboracion entre eri. Era evidéncia mos constata qu'era orientacion entà orient, era direccion de Jerusalem, ère prioritària e transcendentau.

Entà determinar es desparières ipotèsis dera alineacion des nòstes bastisses sacres, cau tier en compde diuersi critèris com era arqueologia, arquitectura, astronomia, geometria o era litúrgia. Tot demore englobat en ua disciplina, qu'ei era arqueoastronomia. Era geometria des glèises dera Val d'Aran e era sua orientacion non ei pas ua evidéncia facil, en aquest trabalh se les nomena "Glèises en còrnaenclin de vòutes escarramingades".

Era grana majoritat des glèises dera Val d'Aran prenen coma referéncia era orientacion Èst-Oèst. Era orientacion d'aguestes bastisses sacres dera

nòsta val ten en compde aspèctes liturgics, mès tanben d'auti elements, com era illuminacion interiora ath long deth cors deth dia, disposicion exteriora des sòns entorns, er espaci dimenjau de trobada vesiau e era disposicion e direccionament des cementèris. Se dedusís qu'es constructors d'aguestes òbres d'arquitectura sacra auien un naut coneishement scientific en moment de traçar eth solèr d'aguestes glèises. Litúrgia, arquitectura e istòria dera sciéncia son es principaus aportacions dera arqueometria romanica aranesa, a on es construccions arquitectoniques des sues glèises son un des simbèus d'identitat patrimoniau e cultura.

En apendix se tracten es 24 glèises romaniques estudiades, en tot balhar era sua situacion en coordenades geografiques, latitud e longitud, era nautada topografica, er azimuth promiei des tres observacions (Azca) e era nautada der orizon (ASSca) que s'an establhit entath calcul de declinacion astronomica.

Se tracte per tant d'un trabalh interdisciplinar, rigurós, scientific e metodologic. Un vertadèr compèndi de sciéncia e tecnologia aplicada, sense desbrembar era part liturgica e umana entà poder aglutinar aqueth dificil pas, que permet de decidir com s'orientèren es glèises romaniques dera Val d'Aran, qui intervenguec, damb quini metòdes operèren, en qué se basèren e com executèren era planta d'aguestes bastisses sacres. Era grana experiéncia des autors dera òbra en Arquitectura e es sòns vasti coneishements scientifics e matematics, hèn que sigue possibla aué era publicacion d'ua òbra inedita peth sòn contengut e eth sòn traçat.

Era grana passion de Josep Lluís e Ginovart e Cinta Lluís e Teruel pera Val d' Aran haràn era rèsta. Sens dobte aguesta passion, amassa damb es sòns coneishements, mos transpòrten dera epòca medievau entàs nòsti dies, en tot enlaçar diuèrses disciplines. Un viatge a trauès deth temps. 1000 ans d'istòria qu'er Institut d'Estudis Aranesi – Acadèmia Aranesa

dera Lengua Occitana a eth plaser d'aufrir en capítol num. 44: «Arqueometria Romanica Aranesa», as nòsti lectors. Ua grana òbra que de ben segur deleitarà as estudiosi deth romanic aranés en generau e ath gran public.

Mos complatz enòrmament de compartir damb es autors dera òbra era passion peth nòste País, pera nòsta cultura millenària, pes nòstes tradicions ancestraus, pera nòsta lengua. Sens dobte ei çò que mos hè participants d'un lòc unic en mon.

Era nòsta felicitacion e enòrabona a tant illustres transmissors e visualizadors dera cultura aranesa.

Josep Serra e Villalba

Director deth Musèu Nacionau d'Art de Catalonha (MNAC)

## PROPÒSIT

Eth trabalh que presentam ei frut d'aquerò que comencèc com eth *Sòni d'ua net d'Ostiu* deth 2012, quan aconselat per Ferran Peus, de Tolosa estant me metí en contacte damb Elisa Ros. Posteriorament e dera man der alavetz conselhèr deth Conselh Generau d'Aran, Sr. Marcos Vilò, m'apròpi tath Conselh entà entamenar ua collaboracion entre era Escòla Superiora d'Arquitectura dera Universitat Rovira i Virgili e dempús dera Universitat Internacionau de Catalonha damb eth Conselh Generau d'Aran. Eth projècte compdèc damb era aprobacion autan deth bisbat de La Seu d'Urgell, presidit per Mons. Joan-Enric Vives Sicilia, eth Vicari generau Mn. Josep M. Mauri Prior, e er Archiprèste dera Val d'Aran, Mn. Pere Balagué Bajona, atau com deth Govèrn d'Aran, en aqueth moment presidit peth Sindic d'Aran Carlos Barrera Sánchez, e deth delegat de Cultura deth Conselh Generau d'Aran, Jèp de Montoya Parra.

Era publicacion que presentam ei un trabalh de sintèsi de diuèrses investigacions realizades ena Val d'Aran per part des grups reconeishudi Architectural Heritage (PATRIARQ) e Architectural Heritage Research (AHR). Compdèren damb era participacion deth Dr. Sergio Coll Pla, Dr. Agustí Costa Jover, Dr. Ugalde-Blázquez, Dr. Judhit Urbano Lorente e Mónica López Piquer. Aguest recuelh abaste diuèrsi articles sosmetudi a revision, entre es que subergessen: *Topologia dera arqueologia liturgica deth prumèr romanic dera Val d'Aran* en *Arqueología de la Arquitectura* (2017), *Orientation of the Romanesque churches in the region of Val d'Aran, Spain (11th-13th centuries)* en *Archaeometry* (2019), *Cosmology and Precision in the Val d'Aran* en *Nexus Network Journal* (2021), *Gisemundus and the orientation of the romanese churches in the Spanish Pyrenees (11th-13th centuries)* en *Mediterranean Archaeology and Archaeometry* (2021), *The knowledge of clergy and laity in the orientation of 9th-12th centuries romanese churches* en *European Journal of Science and Theology* (2021), *The orientation of the romanese churches: the methods of*

*Gisemundus de Ripoll (f. 850)* en EGA (2022) e fin finau *Cuestiones de práctica de Geometría y de Goniometría para el trazado de la orientación en los cenobios hispánicos (siglos IX-XII)* en Informes de la Construcción (2022). Tanben es ponéncies *The orientation of the romanesque churches of val d'aran in spain (11th-13th centúries)* en 7au Euro-American Congress on Construction Pathology, Rehabilitation Technology and Heritage Management, REHABEND 2018 y *Trace methods of the romanesque churches of val d'aran (11th-13th centuries) orientations* en Fifth Conference of the Construction History Society en Queens' College Cambridge (2018).

Era publicacion abòrde ua des qüestions identitàries dera auba dera cultura enes prumèri sègles dempús der an mil e ei era orientacion des prumères glèises dera Val d'Aran e qu'incidís dirèctament enes valors deth coneishement de çò qu'aué nomentam coma scientific. Eth tèma provòque un apropament complexè que s'abòrde de diuèrses disciplines, arqueometria, arquitectura o era pròpria istòria dera sciéncia, per çò qu'era investigacion ei basada en ua metodologia quantitativa centrada en estudi e analisi dera realitat constructiva d'aguestes glèises, qu'ei analisada a trauès de procediments de medicion de registres indirèctes Close Range Photogrammetry (CRP) e Terrestrial Laser Scanner (TLS). Damb açò a estat possible de realizar experiments grafics sus objèctes arquitectonics e d'obtier explicacions contrastades a partir d'ipotèsis basades en aqueri principis basics de com se pòt realizar era prumèra operacion que se realize en quinsevolha construccion, qu'ei era orientacion. Es resultats obtengudi d'aguesti registres de mesura s'analisen segons deth sòn tractament estadistic. Es valors numeriques obtengudes an estat sosmetudes parallèlament a un tractament explicatiu, en tot sajar de determinar es causes e conseqüéncies deth direccionament d'aguesti espacis sacres. Se cerque non sonque eth qué, senon eth perquè des causes, per açò s'a estudiat com a anat evolucionant aguesta operacion ena creacion d'un espaci liturgic. Er objectiu ei crear un modèl explicatiu en quau se poguen observar es

seqüéncies de causa-efècte entre es promotors e es *magister operis* qu'an obrat ena Val d'Aran. Atau, s'explique des dera complexitat qu'aguest espaci sacre a estat generat pera complementacion d'andús sabers e que dera perspectiva dera filosofia medievau sigueren definites en aguest moment coma *sciencia theoria y practica*.

Per un aute costat, ena redaccion i a tanben ua voluntat pedagogica; eth discors dera publicacion vò èster un utís de referéncia des metodologies qu'auem desvolopat e que pòden ajudar es joeni aranesi a avalorar eth patrimòni bastit. Aguesta estructura a coma basa eth capítol dera tèsi doctorau de Cinta Lluís i Teruel, titolat *Ecclesiae ad orientem, Gisemundo de Ripoll (f. 850) y Tortosa*. Fin finau, e per èster era prumèra òbra aranesa que pren coma basa era arqueometria s'a includit en capítol especific dedicat ara bibliografia, citat es referéncies d'acòrd damb er estil Harvard de citacions, sistèma d'autor-an. Excepcionaument s'an emplegat bères nòtes bibliografiques a pè de pagina que contien òbres de caractèr generau que complementen era investigacion.

Val de Ruda, 20 de març, equinòcci de 2024

## 1. VAL D'ARAN E ARQUITECTURA ROMANICA

Era orientacion des bastisses sacrades cristianes enes sègles X-XIV a estat un tèma recurrent e desvolopat modèrnament en çò que se reconeish en disciplina scientifica coma arqueometria. Deth punt d'enguarda etimologic, derive des mots grècs, ἀρχαίος (antic) y μετρία (mesura), definís per açò eth pròpri objectiu deth mesuratge de çò qu'ei antic. Er emplec d'aguest mot ei relativament recent, encunhat per Charles Francis Christopher Hawkes (1905-1992), qui fondèc era revista *Archaeometry* en 1958, e se comencèc a publicar com *Bulletin of the Research Laboratory for Archaeology and the History of Art, Oxford University*, publicacion en qué se difonec er article *Orientation of the Romanesque churches in the region of Val d'Aran, Spain (11th-13th centuries)* (Lluís i Ginovart; López-Piquer; Coll-Pla; Costa-Jover; Urbano-Lorente, 2019).

Es resultats e analisis de mesures des espacis sacres romanics enes sègles XI-XIII, balhen ua importanta informacion antropologica en un contèxe d'idiosincràsia culturau d'un territòri, ei per açò qu'era arqueometria a estat motiu d'estudi en: Àustria, C. (Firneis; Köberl 1989, 430-435); Dinamarca, (Abrahamsen 1992, 293-303); Eslovènia (Čaval 2009, 209-219); Anglatèrra (Hoare; Sweet 2000, 162-173), (McCluskey 2007, 331-353) e en Itàlia (Incerti 2013, 503-526). En cas d'Espanha s'an estudiat es orientacions des glèises mozarabes (2018) (Pérez; Pérez 2018, 171-197), preromàniques d'Astúries (2015) (González-García; Belmonte 2015, 353-377), es deth Camin de Santiago (1998) (Pérez 1998, 391-396), eth romanic de Galícia (González-García 2105, 133-142), eth dera Val d'Aran (Lluís i Ginovart; López Piquer; Coll Pla; Costa Jover 2017, e059) e eth dera Val de Boi (González-García; Belmonte 2019, 2204). Ei aguest er objectiu d'aguesta investigacion ena Val d'Aran, qu'ei basada en ua metodologia quantitativa centrada en estudi e analisi dera realitat constructiva d'aguestes glèises romaniques, analisada a trauès de procediments de mesuratge de registres indirèctes CRP) (Close Range



Photogrammetry) e er Escàner Terrèstre (TLS) (Terrestrial Laser Scanner).

Era Val d'Aran compde damb ua extension de 634 Km<sup>2</sup>, a on se consèrven quaranta dues glèises en pè, o damb rèstes pro significatives, des quaus trenta dues son plaçades a mès de mil mètres de nautada, circumstància plan particulara ara ora de direccionar aguesti espacis sacres (Ros (coor.) 2018, 100-103). Dera sua construccion se n'a ua cronologia incèrta, mès tot semble indicar que siguec iniciada a compdar dera restauracion dera diocèsi de Cominges en 1080 per Bertrand de l'Isle (1050-1123). Aguestes prumèras construccions romaniques dera Val d'Aran s'estenen enquiath sègle XIII, quan encara non auien apareishut es elements caracteristics der art gotic. Ad aguestes prumèras glèises, inscrites entre es sègles XI e XII, Josep Puig i Cadafalch (1867-1956) les atribusís ua connexion lombarda (Puig i Cadafalch 1906, 684-703), e definís aguest prumèr romanic com era variacion d'ua escòla de tradicion forana que serà substituïda progressivament per ua auta de readaptacion locau (Puig i Cadafalch; Falguera; Goday 1909, 79-86). Aguesta madeisha caracterizacion tipologica tanben la hec patenta Marcel Durliat (1917-2006) (Durliat y Allègre 1969, 173-209). S'auèc de demorar a José Serrate Forga entà realizar era prumèra catalogacion deth romanic d'acòrd damb era sua estructura territorial, prumèr en Naut Aran (Sarrate i Forga 1975a), dempús Miei Aran (Sarrate i Forga 1975b) e Baish Aran (Sarrate i Forga 1976a). Aguest prumèr inventari s'acabèc damb er *Esquema del Arte Románico Aranés* (Sarrate i Forga 1976b), eth quau a arrenhut un reconeishment enciclopedic ena *Catalunya Romànica* (Junyent; Mazcunan; Bargallo; Pladevall; Adell 1987, 305-453).

Es assetiaments urbans des sègles XI-XIII, establidi sus eth cors der arriu Garona a trauès de çò que se coneisherà com *Camin Reiau*, se genèren mejançant era adaptacion ad aguesta via de comunicacion e ara

complicada topografia. S'obsèrven dues tipologies: es nuclèus neishudi ena arribèra der arriu Garona sus terrenes de penents suaus, e es nuclèus desvolopadi en penents sus es pales des montanhes, en tot crear ua característica comuna qu'ei era irregularitat dera morfologia des trames urbanes remercades dejà enes ans seishanta, abans der esclat urbanistic dera Val (Ortíz de Zeballos 1976, 16-28).

Aguesta tèsi a estat confirmada per estudi de Jan Segalàs Sala en Institut d'Estudis Aranès, jos eth títol *Urbanisme de montanha: Val d'Aran*, en quau dictamine qu'era disposicion urbana des poblacions que non se placen en cors dera Garona s'a d'adaptar ara topografia (Segalàs Sala 2022, 23-32). Era disposicion tipologica des auviatges, atau com remerquèn Xavier Roigé, Ferran Estrada y Oriol Beltran, ère prevista entà protegir un espaci abitat e, ath delà, coma lòc productiu (Roigé; Estrada; Beltran 1997, 93-104). Era edilícia s'a d'adaptar generaument a un cèrt desnivèu, ei èr açò que quinsevolh trabalh de cata o de nivelament represente ua complicada accion manau, damb çò qu'eth critèri mès constructiu ei aqueth que represente era mendra operacion possible en çò que tanh ar emplec d'elements pesanti.

Aguestes operacions d'adaptacion ara irregulara vitalitat formen un element compacte e diuèrs, mès non pas diferenciat enes nuclèus de poblacion, qu'an enes campanaus des sues glèises ua referéncia identitària damb ua dobla foncion: era d'element aglutinador deth nuclèu urban e era relacion de dialòg damb es poblacions vesies. A diferéncia des auviatges, aguesti espacis sacres que se placen en lòcs estrategics, a on son de besonh es operacions de nivelament, realizades probablament de manèra collectiva pes poblants. En tot qu'es elements residenciaus se placen sus era vitalitat e propietat existenta, condicions que mèrquen era sua orientacion, es espacis sacres se placen generaument sus elements aplanadi a on se direccionen d'acòrd damb bèth critèri.

## DEMOGRAFIA ASENTAMIENTOS URBANOS EN LA VAL D'ARAN

Población	Otras denominaciones	Nombre iglesia	p.sp. m.ºsp. Máx.			Fieles
Población	Otras denominaciones	Nombre iglesia	H. ma.	H. ma	Fiel.	Fiel.
42 Montgarri		Mair de Diu de Montgarri				
41 Cap d'Aran	Capdaran, Capite Aranni; Caput Aranno	-	14	14	63	63
41 -	Muntros	-				
41 Tredós	Trados, Tresdors, Transdosio, Trados	Santa Maria de Cap d'Aran	60	63	270	284
40 Bagergue	Bayri, Bageli, Bagirio, Bagiri	Sant Fèlix de Bagergue	55	55	248	248
39 Tredós	Trados, Tresdors, Transdosio, Trados	Sant Estèue de Tredós				
38 Unha	Huyan, Unia, Hoia, Unha, Hunya	Santa Eulàlia d'Unha	30	34	135	153
37 Pujo	Podio, Puig, Pug, Vuert, Vuer	-	30	32	135	144
37 Salarú	Saverduno, Salaruno, Salarunum	Sant Andréu de Salarú	100	102	450	459
36 Gessa	Hyexa, Xessa, Guixa, Gricha	Sant Pèir de Gessa	60	60	270	270
35 Arties	Artis, Arters, Dartiers, Artes	Sant Joan d'Arties	120	121	540	545
34 Arties	Artis, Arters, Dartiers, Artes	Santa Maria d'Arties				
33 Arties	Artis, Arters, Dartiers, Artes	Sant Jaime d'Arties				
33 -	Laspan, Lespa, Espan, Lasian, Laspanno	-	20	23	90	104
32 Garòs	Garos, Galos	Sant Julian de Garòs	45	50	203	225
31 Escunhau	Escuñau, Aczcinia, Espinyau, Scunya, Scunhall, Scunhallbus	Sant Pèir d'Escunhau	41	41	185	185
31 -	Castello, Castell, Castel	-	11	11	50	50
30 Casarilh	Canarill, Casaril, Casarilh, Casarillo	Sant Marti de Casarilh	37	40	167	180
29 Betren	Berten, Bertre, Vetrenio, Bertren	Sant Estèue de Betren	36	50	162	225
28 Vielha	Vilabella, Vetula, Veiha, Vieilla, Biella	Sant Miquèu de Vielha	150	160	675	720
27 Casau	Casal, Casalibus, Casalius	Sant Andréu de Casau	21	30	95	135
26 Gausac	Gausat, Gausaco, Gahusaco	Sant Martin de Tours de Gausac	35	40	158	180
25 Vielha	Vilabella, Vetula, Veiha, Vieilla, Biella	Santa Maria de Mijaran	150	160	675	720
24 Vilac	Vilac, Vilaco, Villacho, Vilacho	Sant Fèlix de Vilac	106	120	477	540
24 -	Sancto Germerio et Idem {Sta Gema}, Sangermos e Ide [Sta. Gema]	-				
23 Mont	Munt, Monte	Sant Laurenç de Mont	22	30	99	135
22 Montcorbau	Montcarball, Montecorballo, Muntarbal	Sant Estèue de Montcorbau	30	30	135	135
21 Betlan	Bella, Bela, Bellano, Venlano	Sant Pèir de Betlan	30	30	135	135
20 Aubèrt	Hubeit, Averno, Onert, Onerto, Olocón	Mare de Diu deth Rosèr	40	40	180	180
19 Aubèrt	Hubeit, Averno, Onert, Onerto, Olocón	Sant Martin d'Aubèrt				
18 Vila	Castri de Vila, Villa, Vila	-	38	45	171	203
17 Arròs	Aros, Arres	Santa Eulàlia	32	40	144	180
16 Arròs	Aros, Arres	Sant Joan d'Arròs e Vila				
15 -	Sancto Vincentio	-				
15 Vilamòs	Bilamos, Vilamos, Villamos	Sant Miquèu de Vilamòs	40	40	180	180
14 Begòs	Begos, Bergons, Begons	Sant Ròc de Begòs	20	20	90	90
13 Benòs	Benos	Sant Martin de Benòs	20	20	90	90
12 Vilamòs	Bilamos, Vilamos, Villamos	Santa Maria de Vilamòs	40	40	180	180
11 Es Bordés		Mair de Diu deht Rosèr				
10 Arró	Arro, Derror, Ror, Error, Baor, Ro	Sant Martin de Arró	10	10	45	45
9 -	Sentels	-				
9 Arres de Jos	Arres, Darres, Arres Sotiras (de jos) e Arres Sobiras (de sus)	Sant Fabian de Arres de Jos	40	40	180	180
8 Arres deth Miei	Sant Joan d'Arres deth Miei					
7 Arres de Sus	Sant Pèir d'Arres de Sus					
6 Bossòst	Bossost, Belsost, Bellsost, Bolsost, Bolson	Era Mair de Diu dera Purificacion	70	80	315	360
5 Les	Les, Lees, Lenes, Lens	Sant Joan Baotista			0	0
4 Les	Les, Lees, Lenes, Lens	Sant Blai de Les	80	90	360	405
3 Bausen	Bausen, Balsen, Bolson	Sant Pèir ad Vincula de Bausen	25	30	113	135
2 Canejan	Canejan, Caneia, Caneiano, Canigano	Sant Sernilh	30	35	135	158
1 Canejan	Canejan, Caneia, Caneiano, Canigano	Sant Joan de Toran				
Total habitantes Val d'Aran			1.688	1.826	7.596	8.217

Fuente de la Toponimia Elisa Ros Barbosa

Taula 1. Ipotèsi demografica ena epòca d'Era Querimònia (1313)

En aguest periòde se bastiren bères glèises orientades sus er èish Èst-Oèst, per açò cau pensar qu'es traçats geometriccs dera romanizacion deth *cardus* e *decumanus* se sauvèren ena Val d'Aran a trauès des *Ecclesiae ad orientem vertuntur ubi sol oritur*. Era investigacion se centrarà principaument en aqueres glèises que pertanhen totau o parciaument ara definicion de prumèr romanic (Garland 2012, 82-105), son: Santa Maria de Cap d'Aran [41], Sant Estèue de Tredòs [39], Santa Eulària d'Unha [38], era nau de de Sant Pèir d'Escunhau [31], era absida e es rèstes de part des murs de Santa Maria de Mijaran [25], Sant Pèir de Betlan [21], Sant Joan d'Arròs e Vila [16], Sant Miquèu de Vilamòs [15], eth mur nòrd deth presbitèri e part centrau dera absida de Sant Ròc de Begòs [14], atau com es naus e era tor-campanau de Santa Maria de Vilamòs [12] e Sant Fabian d'Arres de Jos [9] (Ros 2015, 469-480). En tot ampliar er estudi des orientacions as considerades deth dusau periòde romanic dera Val d'Aran com: San Fèlix de Bagerge [40], Sant Andréu de Saladú [37], Santa Maria d'Arties [34], Sant Tomàs de Casarilh [30], Sant Estèue de Betren [29], Sant Miquèu de Vielha [28], Sant Andréu de Casau [27], Sant Martin de Tours de Gausac [26], Sant Fèlix de Vilac [24], Sant Estèue de Montcorbau [22], Sant Martin d'Aubèrt, [20], era tor-campanau d' Era Mair de Diu dera Purificacion de Bossòst [6] e Sant Blas de Les [4]. S'establissen 24 construccions romaniques sus un totau de 42 bastisses sacres, çò que represente qu'ua mòstra deth 57,14% ei classificada laguens deth periòde romanic, des quaus onze bastisses pertanhen ath prumèr (26,91%) e tretze ath dusau (30,95%) (Figura 1).

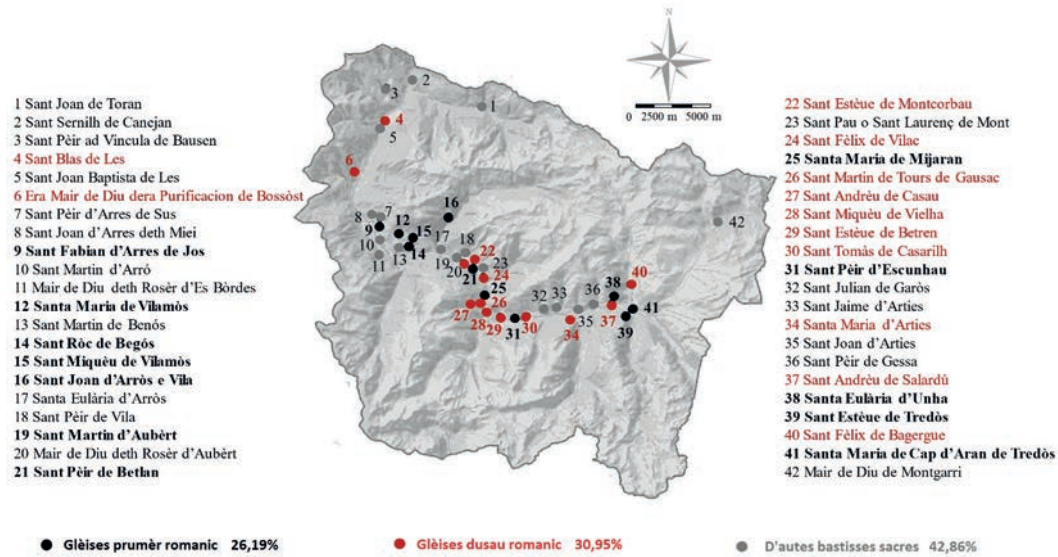


Figura 1. Disposicion des glèises romaniques e construccions sacres dera Val d'Aran

Era importància dera donada demografica entà explorar era relacion der espaci urban damb eth sacre s'a d'extrapolar ara data en qué Juan II (1267-1327) recupèrè era Val d'Aran e autrage es privilègis d'Era Querimònia (1313). En aqueri moments, Joan Reglà (1917-1973) plantege qu'ena Val d'aran i auie uns 7.640 abitants (Reglà 1948, 497-508). Francisco Gracia de Tolba (1575-1626) en sòn *Relación al rey don Phelipe III, Nuestro Señor, del nombre, sitio, planta, fertilidad, poblaciones, castillos, iglesias y personas del Valle de Aran; de los reyes que le han poseydo, sus conquistas, costumbres, leyes y gobierno* (1613) parle de sonque 854 poblants (Gracia de Tolba 1613, 13-53). En *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar* (1845), Pascual Madoz (1806-1870), cense un totau de 7.345 anmes (Madoz 1845, 408-415). D'autres notícies de censi posteriors, aportades per Angels Sanllehy, indiquen qu'en 1716 existien 3076 abitants, en tot aumentar en 1787 enquiàs 5625 abitants (Sanllehy 1996, 189-197). Entà determinar eth

calcul demografic s'utilize eth critèri des focs u hospicia, (Reglà 1951, 281-299) en tot considerar 4,5 abitants per cada un des focs (Ballester 2022, 67-71).

Damb eth critèri estadistic de minima e maxima poblacion possible, se pòt dictaminar qu'era poblacion a primèrs deth sègle XIV poderie èster en un interval [7596- 8212 abitants] (Taula 1). Damb aquestes donades, se pòt establir ua relacion entre eth poblament e es dimensions des glèises deth primèr romanic (Lluis i Ginovart; López Piquer; Coll Pla; Costa Jover 2017, e059) (Figura 2) com se pòt observar enes plantes basilicaus de Tredòs, Unha e Vilamòs, que dispausen d'ua relacion d'1m<sup>2</sup> d'espaci sacre per abitant (Taula 2).

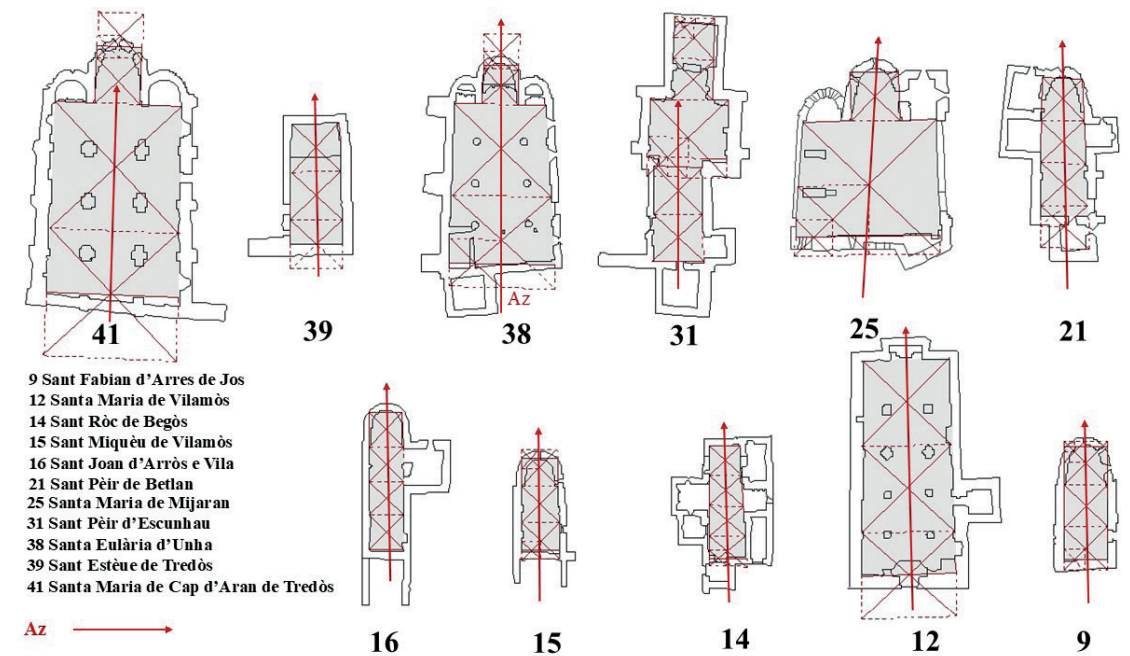


Figura 2. Plantes des espacis sacres deth primèr romanic

Nº	Nombre iglesia	Asseiatment	Ab.	Vu (m³)	Su (m²)	Ovu (m³/ab)	Osu (m²/ab)
41	Santa Maria de Cap d'Aran	Tredòs	347	2.604,83	305,32	7,51	0,88
39	Sant Estèue de Tredòs	Tredòs	347	374,56	66,62	1,08	0,19
38	Santa Eulària d'Unha	Unha	153	899,36	202,22	5,88	1,32
31	Sant Pèir d'Escunhau	Escunhau	185	1.113,37	157,77	6,02	0,85
25	Santa Maria de Mijaran	Vielha	675	en roïnes	en roïnes	en roïnes	en roïnes
21	Sant Pèir de Betlan	Betlan	135	478,96	99,85	3,55	0,74
16	Sant Joan d'Arròs e Vila	Arròs	144	212,66	64,74	1,48	0,45
15	Santa Maria de Vilamòs	Vilamòs	180	1.290,27	217,08	7,17	1,21
14	Sant Ròc de Begòs	Begòs	90	232,00	80,69	2,58	0,90
12	Sant Miquèu de Vilamòs	Vilamòs	180	125,18	34,64	0,70	0,19
9	Sant Fabian d'Arres de Jos	Arres de Jos	180	195,36	49,90	1,09	0,28

Taula 2. Relacion Volum (Vu), Superficia (Su), damb relacion ara ocupacion volumetrica (Ovu) de fidèls e respècte ara superficcie dera glèisa

Ath delà dera relacion bastissa-demografia, un aute critèri determinant ei era disposicion geografica des poblacions, que son direccionades en foncion dera Garona. Per aguest motiu aufrissen desparières posicions respècte ath cors fluviau; serà transcendentau entara orientacion des espacis sacradi d'aguestes glèises. Podem determinar era directritz d'orientacion que nomentaram azimuth (Az). Era prumèra direccion se place entre Sant Miquèu de Vielha e Santa Maria de Cap d'Aran de Tredòs, ei de  $Az_{28-41} = 88,07^\circ$ , per çò qu'ei fòrça propèra ara orientacion Èst-Oèst  $Az_{E-O} = 90,00^\circ$ . Era dusau alinhacion serie de Sant Miquèu Vielha a Sant Pèir de Betlan, damb era direccion  $Az_{21-28} = 164, 88^\circ$ , propèra ara disposicion Nòrd-Sud  $Az_{N-V} = 180,00^\circ$ . Successivament vire leugèrament ar èst en tot direccionar-se damb Sant Joan d'Arres deth Miei damb un  $Az_{8-21} = 116,97^\circ$  e fin finau, era dera Mair de Diu dera Purificacion de Bossòst damb Sant Sernilh de Canejan  $Az_{2-6} = 213,12^\circ$  (Figura 3).

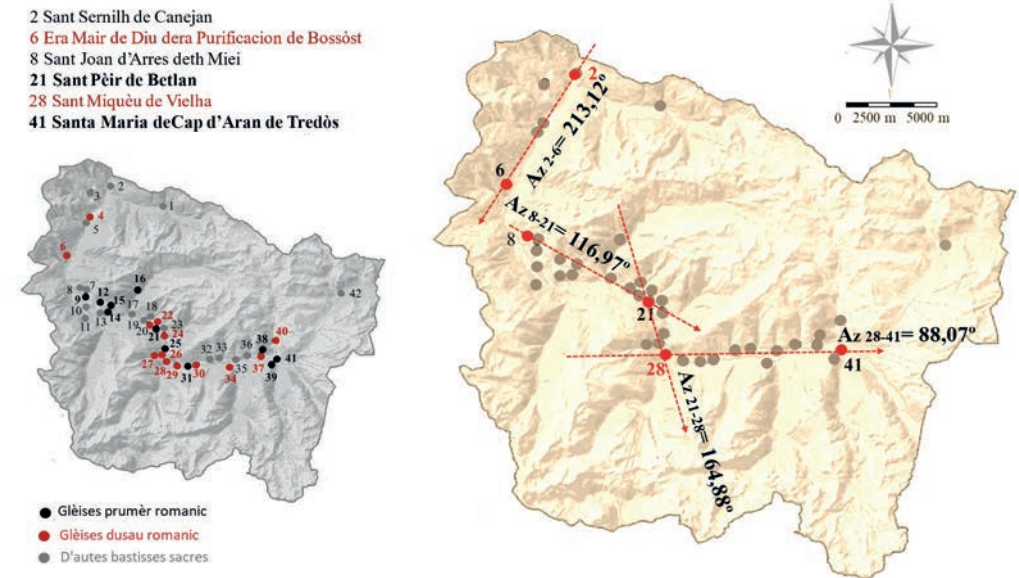
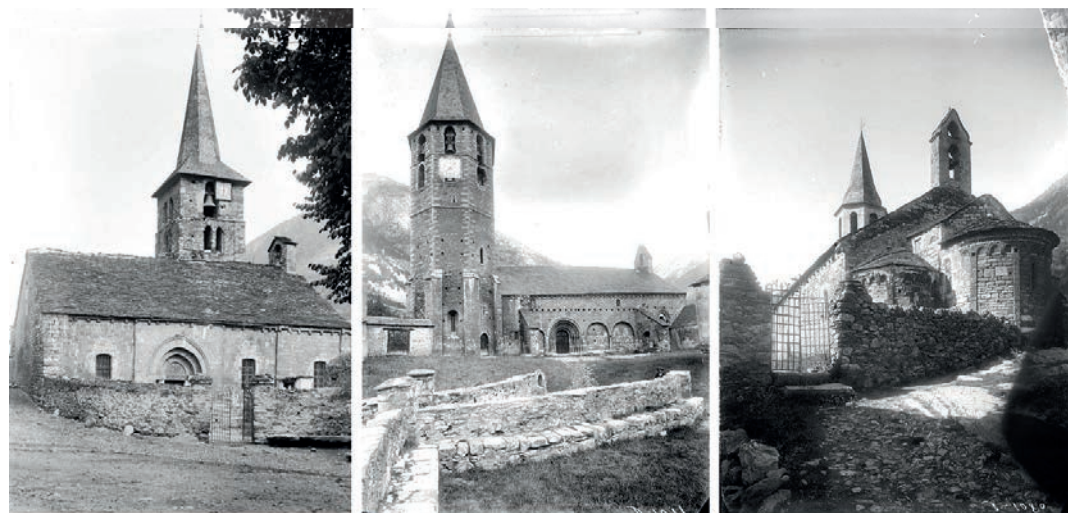


Figura 3. Alinhament des bastisses sacres en foncion deth cors dera Garona

Era orientacion des glèises romaniques tendentes a orientar-se d'Èst a Oèst a tanben consequéncias urbanes. A mès, son punts de reünion ath cant dera simbolica pòrta d'entrada ar espaci sacrat, generaument orientada ath Sud. Eth recinte, normaument barrat, ei tanben emplegat coma reducte de proteccion des sòns poblants, per çò qu'eth profitament des ores de solei ei consequéncia deth replanteg dera bastissa sacrada. (Figura 4).



AFCEC\_CO\_X\_1655

a)

AFCEC\_SOLER\_D\_1071

b)

AFCEC\_SOLER\_D\_1080

c)

Figura 4. Recintes sacradi. a) Era Mair de Diu dera Purificacion de Bossòst (c.1900-1920) Josep Maria Co i de Triola (1884-1965); b) Sant Andreu de Saladú (1907); c) Santa Eulària d'Unha (1907), andús de Juli Soler i Santaló, 1865-1914

Era disposicion des orientacions d'aguestes bastendes sacres a ua incidència dirècta enes cementèris, plaçadi enes sòns entorns. Dispausarà era seqüència enes portalères de  $(\alpha, \Omega)$  damb relacion ath baptisme, atau com era resurreccion  $(\Omega-\alpha)$  enes sòns cementèris. Determine tanben era posicion e orientacion des sues sepultures: an d'èster adequades as plataformes e ath direccionament deth conjunt constructiu des respectives glèises (Figura 5).



a)

a,

b)

b,

c)

c,

Figura 5. Cementèris plaçadi ath torn des glèises romaniques; a) Santa Maria de Cap d'Aran de Tredòs [41]; b) Sant Pèir d'Escunhau [31]; c) Sant Fèlix de Vilac [24]

## 2. ES ORIENTACIONS SACRES ROMANQUES

En període dera construcció des glèises romaniques dera Val d'Aran, eth Papa Nicolau IV (1288-1292) reformèc era primitiva façada de Santa Maria la Maggiore, ath madeish temps que s'encargaue a Filippo Rusuti (c.1255-c.1325) era realizacion d'uns mosaïcs (1288-1292) signadi *Philippo Rusuti fecit hoc opus*. En aguesti se representaue eth Papa Libèri (352-366) en tot traçar sus era nhèu, eth 5 d'agost der an 358, era planta dera basilica damb era inscripcion: *Virgo Maria apparuit PP Liberio dicens: fac mihi ecclesiam in monte Superagio sicut nix indicat* (Tucker; Malleson 1900, 134). Aquesta imatge influic decisivament en frontispici dera òbra de Paolo de Angelis (1580-1647), *Basilicae S. Mariae Majoris de Urbe, a Liberio Papa* (1621) en tot representar era disposicion dera bastenda sacra sus eth terren (De Angelis 1621, frontispici) (Figura 6). En aguest madeish període Raymond Bertrand de Gòt (1262-1314), qu'auie estat bisbe de Cominges, siguec nomenat Papa damb eth nòm de Clement V (1305-1314), en tot trasladar era sedença papau en 1309 tà Avignon (Solé 2016, 13-20).



Figura 6. Detalh deth Frontispici Basilicae S. Mariae Majoris de Urbe, a Liberio Papa (1621). Paolo de Angelis

Era importància dera benediccion e posterior replanteg der espaci sacrat siguec reflectida en *Ceremoniale Episcoporum*, a on es representacions des estampes deth *Pontificale Romanum* (1595) de Clement VIII (1592-1605) (Figura 7.b), referides ath *De benedictione & impositione primarii lapidis pro Ecclesia aedificanda*, represente es figures deth bisbe, deth diague e der arquitecte com es autors principaus dera ceremònia (Clemente VIII 1595, 281-296) (Figura 7.a, c).

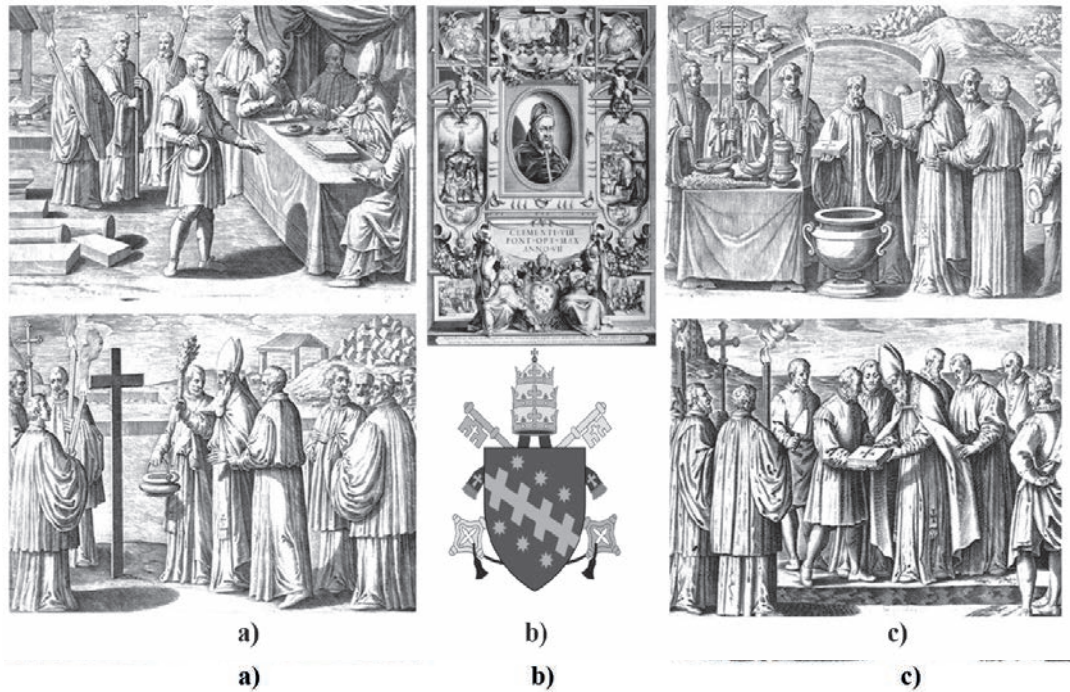


Figura 7. a,c) *De benedictione & impositione primarii lapidis pro Ecclesia aedificanda*. *Pontificale Romanum* (1595); b) Clement VIII (1592-1605) gravat (1599) de Francesco Villamena (1566-1624)

Eth rite d'aguest simbolisme apareish dejà en *Historia Sancti Florentii Salmurensis*, referit a Geofredo Martel (1040-1060), en quau se relate eth plaçament dera crotz e era disposicion dera orientacion ena glèisa deth Castèth de Saint-Florent-le-Vieil (Marchegay; Mabile 1869, 282). Er inici

d'ua òbra, e eth sòn simbolic significat de Petrus, comence pes fondaments, qu'ena sua mission de reconeishment deth terren e eth sòn traçat ei de menestèr era figura der arquitecte, atau com reconeish Sant Isidoro de Sevilla (c. 556-636) en *Originum sive etymologiarum libri viginti* (c.630) (*Etym.* L XIX. viii) (Isidoro de Sevilla 2004, 1274-1277).

Era dualitat des figures dera autoritat eclesiastica e eth *magister operis* auie engendrat en illusionari agustinian ua especializacion que s'auie fisonat especiaument enes abadies e catedraus romaniques, qu'era sua division conceptuau entre era *theoria* y *practica* deth *De Scientiis* de Domingo de Gundisalvo (fl. 1150), arringue *Catálogo de las ciencias* de al-Fārābī (c.870-950) (González 1954, 39-53) e sigueren divulgadi en *Speculum Doctrinale* ath mon europèu per Vicente de Beauvais (c.1194-1264) (Alonso 1954, 85-112, 143-167). Era qüestion ei se se pòt resòlver eth tèma de qui siguec e com se tracèren es glèises romaniques ena Val d'Aran. Sigueren es clèrgues, o laïcs, o i auec un escambi de coneishments entre andús estaments. Eth periòde preromanic e romanic (s. IX-XII), dispause de pòques constatacions dirèctes e tot hè a pensar en ua unicitat de coneishment. Ua d'aguestes evidéncies serà era orientacion des bastisses sacrades prepausades pes litúrgies dera epòca, damb era orientacion entà Orient, a on eth clèr s'autoimpause un autentic rèpte scientific entara epòca. Simbolicament, er Orient ei era hònt dera lum, era direccion de Jerusalem, ei eth simbèu deth Paradís de Crist, coma "Lum deth mon" o "Solei de justícia" (Malaquies 4:2, Luc 1:78, Joan 8:12). Segontes es Constitucions Apostoliques (Const. Apost., II, 7) (c. 380), redigides pes apòstols e transmetudes a trauès de Clement de Roma (+97), ei a on s'a d'orientar eth lòc dera reünion des cristians (Cleveland 1886. 421). Es prumères referéncies per çò que tanh ara disposicion entà exercir era pregària les trobam en Origenes Adamantius (185-254) en *Tractat De Oratione* (c.233-234) (Origen 1954, 136)<sup>1</sup>. Abans dera construccion des basiliques paleocristianes, enes actes des magistrats Hiparco (+297) e Filoteo (+297), victimes dera persecucion

de Maximinian (250-310), conden qu'ena casa deth primèr i auie ua cramba reservada entara oracion, qu'ena sua paret s'i auie pintat ua crotz entà mercar er Orient (Daniélou 1960, 292).

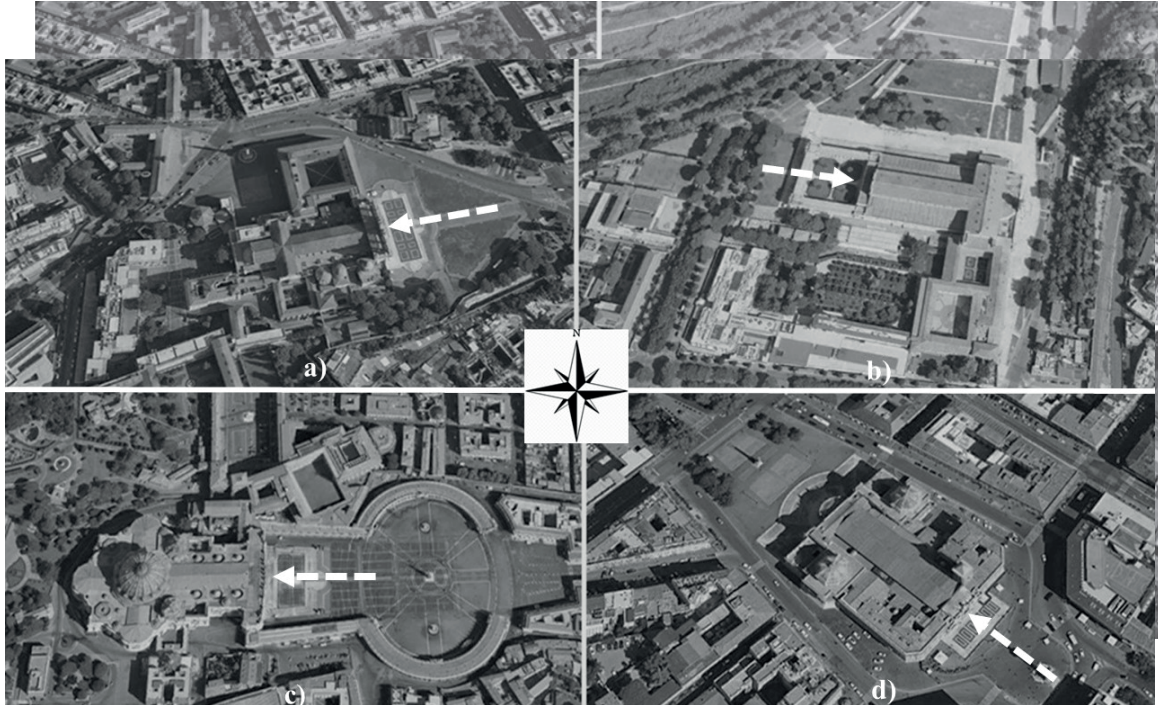


Figura 8. Basíliques constantinianas en Roma. a) San Juan de Letran; b) San Pau extramurs; c) San Pèir deth Vatican; d) Santa Mara Major (Google maps)

Totun açò, es primères basíliques cristianes se bastissen direccionaument sus es bastisses preexistentes. Atau, San Joan Letrán (9-XI-324) (Figura 8.a) se place sus assetiaments militars, Sant Pau Extramurs (18-XI-324) (Figura 8.b) ena basa d'un cementèri propèr ath Tiber. Era Basílica Constantiniana de Sant Pèir (c. 326) prenec era orientacion deth circ de Neron (Fontana 1694, 90) (Figura 8.c) e Santa Maria Major (5-VIII-358) (Figura 8.d) la hec damb respècte ara topografia e bastisses existents dessús deth Mont Esquilino, com tanben ac hec era

Basílica deth Sant Sepulcre en Jerusalem (335) en direcció tà Anastasis (ἀναστασις), qu'ei era transliteracion deth mot grèc entara Resurrecció de Crist.

En aquest sens, era màger part des primères Basíliques paleocristianes dispausen es façades orientades entath nòrd. Era tradicion contunhe segontes es hònts documentaus de Paulin de Nole (353- 431), ena hòssa de Sant Felix en Nole, ena Campània. Tanben ena notícia de Sidoine Apollinari (430-486) sus ua glèisa bastida en 472 en Lion, en tot perdurar eth criteri d'orientacion Oèst-Èst enquia finaus deth sègle V (Vogel 1962, 175-211). Hònts posteriores, com Sant Isidòr de Sevilla (c. 556-636) en *Originum sive etymologiarum libri viginti* (c.630), comentèc qu'enes *De aedificiis sacris*, es absides des *templa* an de guardar entar orient equinocciau (*Etym.* L.XV, 3- 4) (Isidòr de Sevilla. 2004, 1069-1073), en tot recuèlher aquesta tradicion ena epòca preromanica Rabano Mauro Mauro (c. 776-856) en *De Universo libri viginti duo* (c.844), que defen er *orientem expectabant æquinoctialem* (*De. Uni.* L.XIV, 21) (Rabano Mauro 1864, MPL111, Col. 0009 - 0614B).

Jos era influéncia des litúrgies dera epòca romanica basades en *Liber officialis* (820-826) de Amalari de Metz (c.780-851)<sup>2</sup> es absides des bastisses sacres enes sègles (IX-XIII), segontes era màger part des autors, sigueren dispausades sus er orto solar (Sebastián 1994, 352-255), (Reveyron 2003, 161-175) (Mambelli 2004, 121-158), (Constant 2009, 512-548), (Carrero (2009, 61-97). Amalari de Metz inspirèc primèr a Ruperto de Deutz (c. 1075-1129), damb eth sòn *Liber de divinis officiis* (1120)<sup>3</sup>, e dempús ara òbra mès influenta ena litúrgia romanica respècte as condicions dera orientacion sacra, eth *Gemma animae* (c.1120) de Honorio de Autún (1080-c.1153), especiaument en capítol (*Gem. Ani. I, 129, De situ ecclesiae*) a on indique era *ecclesiae ad orientem vertuntur ubi sol oritur* (Honorio de Autún 1895, MPL172, Col. 0541 - 0738B). D'aves òbres de referéncia ara disposicion des alinhaments eclesiastiques son eth



*Mitralis de Officio* (1190) deth bisbe Secard de Cremona (1185-1215), (Mitra. I, 2, *De fundatione ecclesiae*), a on indique *Ad orientem, id est, ortum solis aequinoctialem* (Sicardo de Cremona 1855, MPL213, Col. 0011- 0011). Tanben en tractat de Joan Beleth (fl. 1135-1182) damb *Rationale divinatorum officiorum*, (c.1150), ei especificada en *Versus orientem, hoc est, versus solis ortum aequinoctialem* (*Ration. cap. II, De loco*) (Beleth 1855, MPL 202, Col. 0165- 0167). Fin finau, era tradicion dera orientacion sacra ei recuelhuda en *Prochiron, vulgo rationale divinatorum officiorum* (1291) de Guilhèm de Durando (1230-1296), *Yerus ortum solis aequinoctialem, ad denotandum quod ecclesia quae in terris militât* (*Prochi. I, 8, pp.5*) considerada com ua òbra de màger influéncia en mon gotic<sup>4</sup>.

Era orientacion des glèises evolucionèc d'ua orientacion des absides entà ponent, Oèst, a ua alineacion invèrsa, damb era absida entar Èst (McCluskey 2004, 197-210). Per un aute costat, era alineacion centrau der autar e era sedença; aguesta darrèra aurà ua traslacion laterau entara epistola, cronologia concurrenta damb es construccions romaniques dera Val d'Aran. Aguesta tipologia utilizada enes diocèsis franceses com era de Cominges ère fòrça desparièra ara des glèises iberiques de rite mozarab, que s'adoptèren paulatinament ena litúrgia europèa imperanta (Martínez. 2002, 87-1008).

Per aquerò, eth sòn traçat depenerà o ben de conéisher bèth metòde de traçament geometric entara orientacion Èst-Oèst, o ben mejançant era observacion der astre solar en moment qu'apunte en orizon ena direccion a on se bastís era glèisa (Figura 9).



Figura 9. Gessuda en orizon deth solei en equinòcci de primavera en Begós.

Er estudi dera arqueoastronomia cristiana a desvelat que bères glèises mozarabes, preromaniques o romaniques, non son pas orientades entar Èst. Per exemple, en cas deth santuari de Montgarri (0°59'28"E, 42°45'42"N), es antics vestigis deth portau existent en costat der evangèli son deth prumèr romanic (c. 1117 -1119) (Mallafre; Genaro; Esteve; Bau; Gas, Moreno; Zahara; Costa 2010, 91-97, se podèssen trèir era absida (Figura 10.b), en tot tier en compde qu'era orientacion actuau dera planta a un azimuth ( $Az = 61,13^\circ$ ), observaríem eth perfil dera montanha (Ass). Com vedem, aguesta disposicion ei luenh dera prepausada pes litúrgies en Èst-Oèst ( $Az_{E-O}=90,00^\circ$ ).

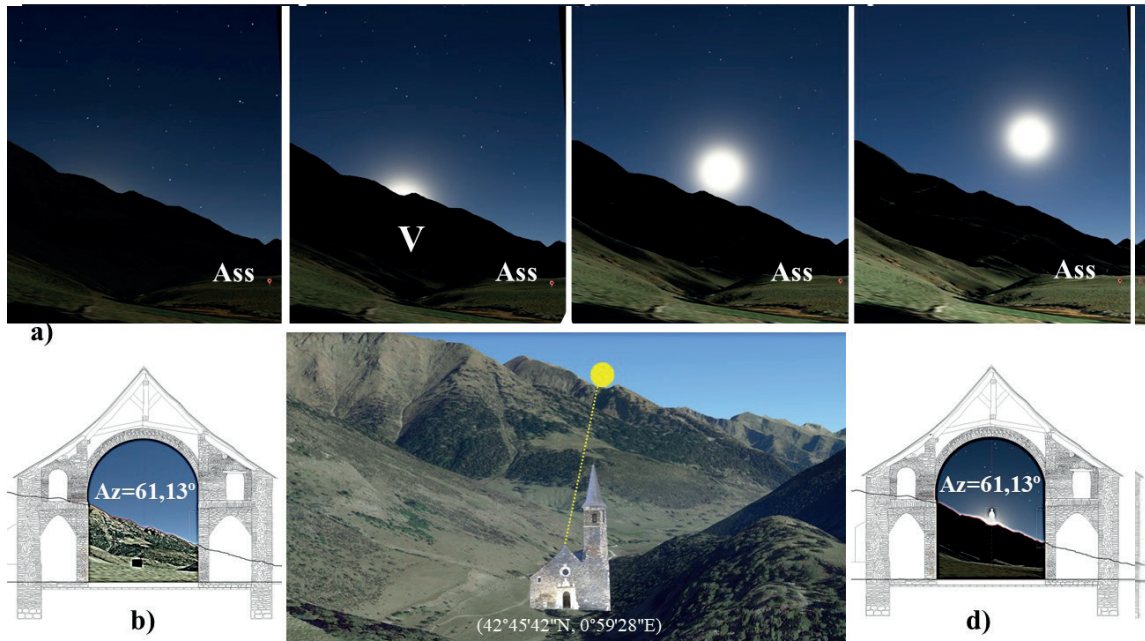


Figura 10. Observacion deth cors solar e orientacion dera Mair de Diu Montgarri [42]  
(0°59'28"E, 42°45'42"N)

Poderíem trabalhar damb era ipotèsi qu'era direccion que prepausèren es sòns constructors ei parallèla ath cors dera Noguèra Palharsa (Figura 10.c). Mès s'analisa eth cors deth solei eth dia dus de junhsèga, hèsta deth Santuari (Figura 10.a), observam qu'er auba se produsís en un punt determinat V (Figura 10.a<sub>2</sub>). Quauquarrés poderie especular qu'aguest punt serie simbolicament a on eth perfil de montanha forme ua V (*Vergine*) e que s'a representat coma era aparicion dera Vèrge de Montgarri a trauc dera montanha (Figura 10.d). Encara qu'eth Santuari de Montgarri siguec reformat en sègle XVIII, e non forme part der mòstra dera publicacion, lo podem establir coma referéncia des diuèrses ipotèsis dera disciplina dera arqueometria e d'estudiar eth replanteg des primitius espacis sacres dera Val d'Aran:

- Critèri canonic. Consistís en supausar era orientacion segontes es tractats liturgics des sègles (IX-XIII), en tot plaçar es absides d'Èst

a Oèst. Era orientacion canonica ei eretada dera tradicion romana de cors solar, orient-occident (Delcor 1987, 39-53) (Lluís i Ginovart; López-Piquer; Coll-Pla; Costa-Jove; Urbano-Lorente 2019, 226-241).

- Critèri calendari Pacau. Consistís en supausar qu'es glèises s'orientèren ena hèsta de Pasca der an dera sua construccion. Era Pasca de Resurreccion, a compdar deth Concili de Nicea (325), ère fixada coma eth dimenge posterior ath plen de lua de primavera (Romano 1997, 723-729) (McCluskey 1998, 165-207).
- Critèri calendari Liturgic. Consistís en supausar qu'era glèisa s'orientèc eth dia dera hèsta deth sant ath quau ère dedicada (Johnson 1912, 225) (Benson 1956, 205-2013), (Spinazzè 2016, 455-463).
- Critèri topografic. Consistís en supausar qu'era orientacion dera glèisa ei influenciada per entorn, ben perque siguec restacada damb un accident geografic o un paisatge caracteristic a on s'adrece era orientacion enes equinòccis
- Critèri constructiu. Consistís en supausar qu'era glèisa siguec orientada en dia deth sòn replanteg segontes ues condicions constructives o geografiques avientes, sense tier en compte cap d'aspècte liturgic, (Pérez; Pérez 2018, 171-177).



Figura 11. Equinòcci de primavera de Casau estant (20-3-2024)



Figura 12. Efècte de contralum. a) Santa Maria de Cap d'Aran de Tredòs [41]; b) Sant Andreu de Salardú [37]

Dera orientacion ne depenrà era iluminacion der espaci interior, especialment eth simbolisme dera gessuda deth solei, pr'amor qu'aguestes construccions romaniques simbolizen es pèires reaus deth temple de glòria bastit ena Jerusalem Celèsta, en tot venerar es antecedents deth Tabernacul de Moisés e eth Temple de Salomon. Eth neishement deth dia damb era auba solara e es prumèri arrais que s'acalen en espaci sacre damb er efècte de contralum (Figura 12).

### 3. ORIENTACIONS E ARQUEOMETRIA SACRA

Entà determinar es desparières ipotèsis sus alinament des bastendes sacres ei de besonh apuar-se en diuèrsi coneishements, arqueologia, arquitectura, astronomia, geometria, litúrgia... Tot açò ena actualitat se concentre ena disciplina dera arqueoastronomia. Era metodologia d'aguesta disciplina se base en un paramètre que mos permet de comparar es orientacions en territòris distants: era declinacion astronomica ( $\delta$ ), qu'ei independenta des coordenades terrèstres. Era sua obtencion se realize a partir dera latitud ( $\phi$ ), er azimuth geografic reau (Az) e era nautada der orizon (ASS) damb relacion ara gessuda o ara còga ena direccion dera bastissa (Belmonte; González-García 2013, 59-63), en cas de Santa Maria d'Arties ei orientada  $92,42^\circ$  entar Èst (Figura 13.a) e eth sòn orizon luenhan serie envèrs era Bonaigua damb era prumèra linha de Valarties en tot formar un angle de  $13,64^\circ$  damb ua declinacion  $\delta=6,75$  que representarie eth dia 7 d'abriu en calendari gregorian (Figura 13.b).

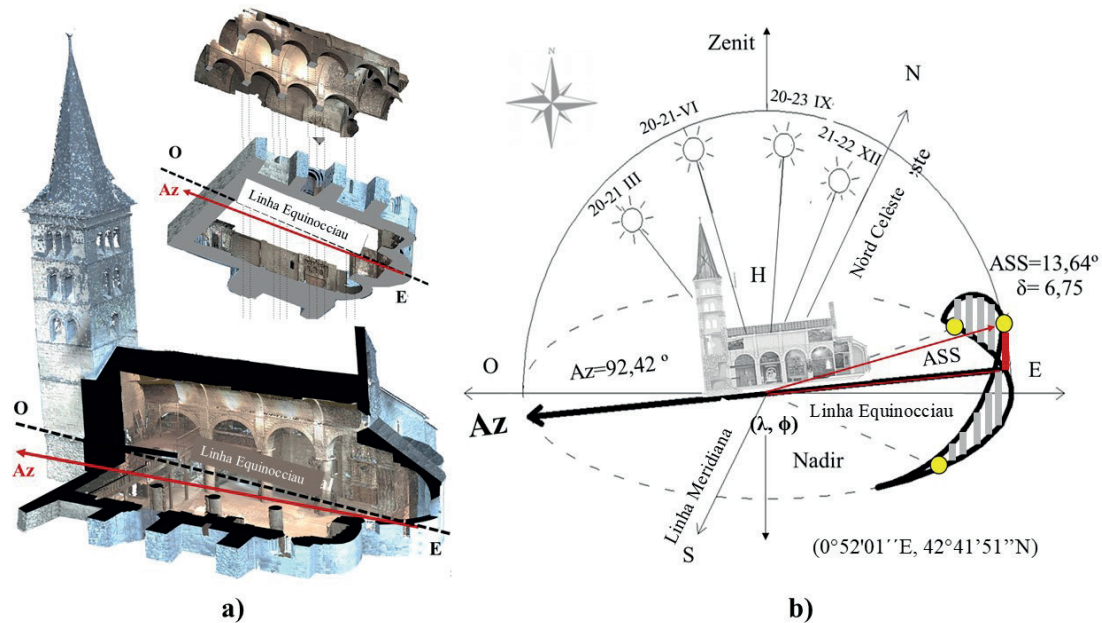


Figura 13. Determinacion dera orientacion de Santa Maria d'Arties [34], (0°52'01''E, 42°41'51''N), Az = 92,42°

Era determinacion dera orientacion des primitives glèises dera Val d'Aran (Az) non ei pas ua evidéncia facil, pr'amor qu'era sua geometria ei complexa, e ara quau auem nomenat *Gleises en cornaenclinc de voutes escarramingades* (Coll 2017, 75-128). Ei de mau precisar quin ei er èish deth direccionament geometric iniciau que s'impausèc ena construccion (Figura 2). Es valors que s'an prenut entad aguesta publicacion son producte deth mesuratge damb Terrestrial Laser Scanner (TLS) en cinc campanhes (2014-2015) e era sua reposicion sus era georeferenciacion geografica existents a trauès der Institut Cartografic e Geologic de Catalonha (ICGC). Ar encòp, cau tier en compde quèr scanner laser terrèstre (TLS) mesure angles orizontaus respècte a ua origina de coordenades, que càmbie damb eth sòn posicionament, pr'amor de referenciar-lo damb precision ath Nòrd geografic. Se determine er angle

der azimuth instrumentau ( $A_t$ ) damb respècte ath Sud. Se corregís er azimuth instrumentau ( $d_t$ ), qu'ei era valor mieja des diferéncias entre er azimuth miei mejançant eth (TLS) e er azimuth geografic reau. Er azimuth geografic (Az) s'obten d'aguesta manèra:

$$Azca = 360/400 \cdot A_t - d_t \quad (2)$$

Era nautada der orizon (ASS) se pòt determinar dirèctament damb un clinomètre, mejançant ua calculadora geografica<sup>5</sup>, o pera interpolacion en foncion dera longada ( $\lambda$ ) e latitud ( $\phi$ ), especialment en aqueres a on er orizon ei de mau determinar pera orografia d'aguest territòri mejançant Google Earth. Tanben se pòt determinar mejançant fotografia digitau (Esteban; Delgado 2005, 187-214). En definitiva, ei er angle qu'er azimuth forme damb eth sòn orizon visuau ena direccion dera construccion sacra (Figura 14).

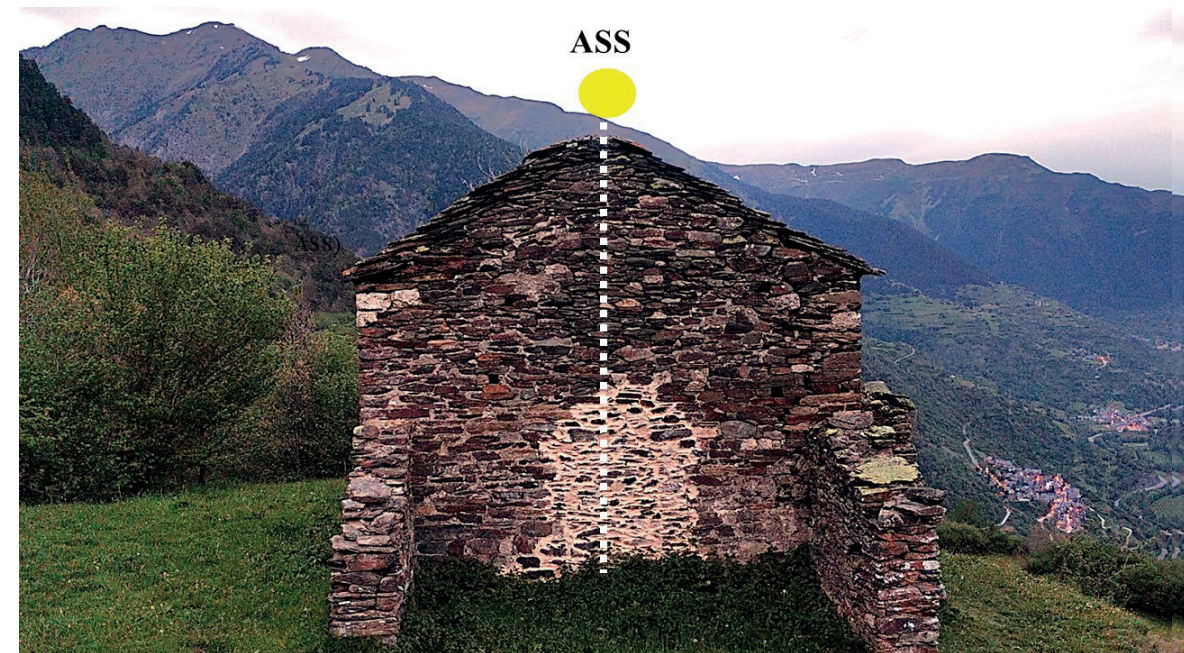


Figura 14. Nautada der orizon (ASS) de Sant Miquèu de Vilamòs [12]

Era propòsta metodologica partís, a mès, dera característica qu'es 24 glèises romaniques dera Val d'Aran que son plaçades ena versant Nòrd des Pirenèus en ua topografia dispausada entre es còtes de Sant Blas de Les (660 m) [4] (Figura 15.a) e Sant Fèlix de Bagergue 1421 m) [40] (Figura 15.a) a on cap des glèises dispause de vision der orizon (ASS=0), ne ena gessuda ne ena còga deth solei. Eth 66,67% d'aguestes valors se placen en un reng de [10°-20°], e es sues valors extremes son un ASS=5,97% en Santa Maria de Vilamòs e es ASS= 30,69° de Sant Blas de Les. Per açò, en non auer ua vision der orizon planèra ena gessuda deth solei, o deth punt dera còga, non se permet pas d'auer ua vision dirècta dera orientacion equinocciau, atau com ac pòden hèr geografies proximes ara mar o latituds mesetàries.

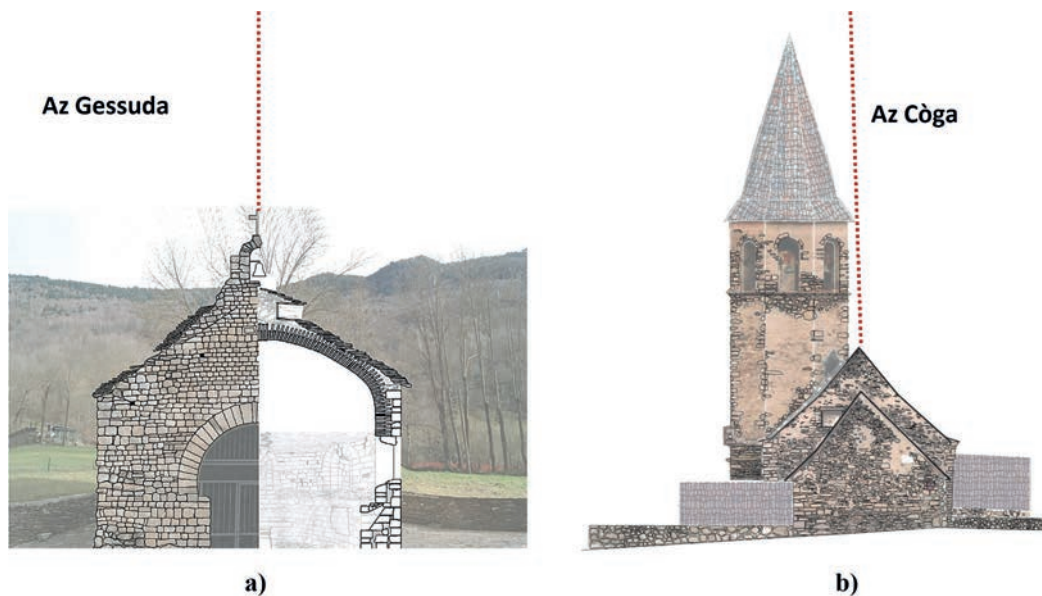


Figura 15. Vision dera linha orizon ASS segontes un azimuth Az. a) Gessuda de Sant Blas de Les [4]; b) Còga de Sant Fèlix de Bagergue [40]

Era declinacion astronomica ( $\delta$ ) corresponenta ara orientacion des espacis romanics (Azca) que s'a determinat entara Val d'Aran, se precise com:

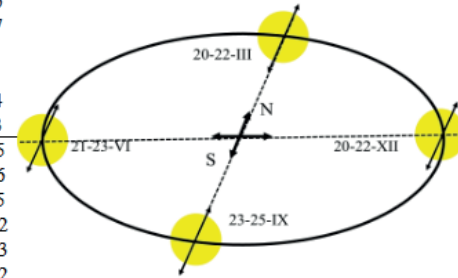
$$(\delta) = \arcsin(\sin h \cdot \sin \phi + \cos h \cdot \cos \phi \cdot \cos A) \quad (3)$$

Per un aute costat, era interpolacion de donades mejançant calculadores permet de determinar era data de coïncidència dera valor der Azimut ena sua gessuda. Damb eth calcul dera alineacion tabulada segontes er azimuth e nautada der orizon, se produsís un error deth 0,50° ena declinacion. Er error acumulat en calcul dera declinacion astronomica ( $\delta$ ) ei propèr a 1°, per çò qu'era precision dera orientacion serà proxima a [ $\pm 1$  día]. Un còp determinada era declinacion astronomica ( $\delta$ ), ei de besonh saber eth dia corresponent ara gessuda d'aguesta declinacion. Entà cada posicion en orizon i a dus dies en qué eth solei pòt gèsser o cogar-se per eth, entad açò utilizam era formula de Spencer (Spencer 1971, 162-172), damb un error maximau de 0,0006 rad:

$$(\delta) = 0.006918 - 0.399912 \cos \Gamma + 0.070257 \sin \Gamma - 0.006758 \cos 2\Gamma + 0.0000907 \sin 2\Gamma - 0.002697 \cos 3\Gamma + 0.00148 \sin 3\Gamma \cos \quad (4).$$

A on  $\Gamma = 2\pi \cdot J / 365$ , en èster J ei eth numèro d'orde deth dia der an (Taula 3).

Formula de Spencer (1971)					
	Març	Seteme	Junh	Deseme	( $\delta$ )
Equinòccis	20				-0,46
	21				-0,07
	22				0,33
			23		0,25
			24		-0,14
Solsticis			25		-0,53
			21		23,45
			22		23,46
			23		23,45
				20	-23,42
				21	-23,43
				22	-23,42



Taula 3. Formula Spencer (1971) entara declinacion ( $\delta$ ) d'equinòccis e solsticis

Era declinacion astronomica ( $\delta$ ) a un reng de coordenades tabulades [-23,5°, +23,5°], ja qu'eth trajècte dera ecliptica ei regular, quan eth Solei arrenh era distància maximau cap ath Nòrd [21 de junh,  $\delta = +23,5^\circ$ ], e cap ath Sud [21-22 de deseme,  $\delta = -23,5^\circ$ ] e permet de comparar es diuèrses orientacions sacres en latituds e nautades desparières. Es equinòccis en emisfèri Nòrd, se produsisen quan era ecliptica e er equador celèste intersequen en sens ascendent [20-21 de març,  $\delta = 0^\circ$ ] e [20-23 de seteme,  $\delta = 0^\circ$ ] en sens descendent (Hònt 2007, 14-15). Eth *aequus nocte* ajudaue a fixar era Pasca de Resurreccion a compdar deth Concili de Nicea (325), en tot determinar es calendaris liturgics annaus coma eth dimenge posterior ath plen de lua de primavera, en tot incidir en inici der *anno incarnationis*, coïncident en punt Aries interseccion ena ecliptica e er equador celèste.

En observar era orientacion de Sant Martín de Tours de Gausac, ( $Az = 105,30^\circ$ ) (Figura 16.a) leugèrament orientada ath sudoèst, damb era declinacion astronomica ( $\delta$ ), se pòt determinar era data dera observacion solara ena sua direccion. Aquest factor depenerà der angul dera nautada deth orizon ( $ASS = 13,38^\circ$ ) en punt a on s'obsèrve era gessuda der astre, qu'a d'èster tangent ath perfil dera montanha, plaçat

a nautada de 1308 m e a ua distància de 1353 m (Figura 16.b). Dera orientacion dera glèisa de Gausac podem observar eth solstici d'ostiu ( $\delta = +23,5^\circ$ ) (Figura 16.c), eth d'iuèrn ( $\delta = -23,5^\circ$ ) (Figura 16.c) e es equinòccis (Figura 16.d). Era declinacion ( $\delta = -1,82$ ) mos indique qu'era visualizacion der astre ena direccion dera glèisa se produsís eth 16 de març, eveniment fòrça propèr ar equinòcci de primavera e ar encòp eth 28 de seteme, propèr ath de tardor.

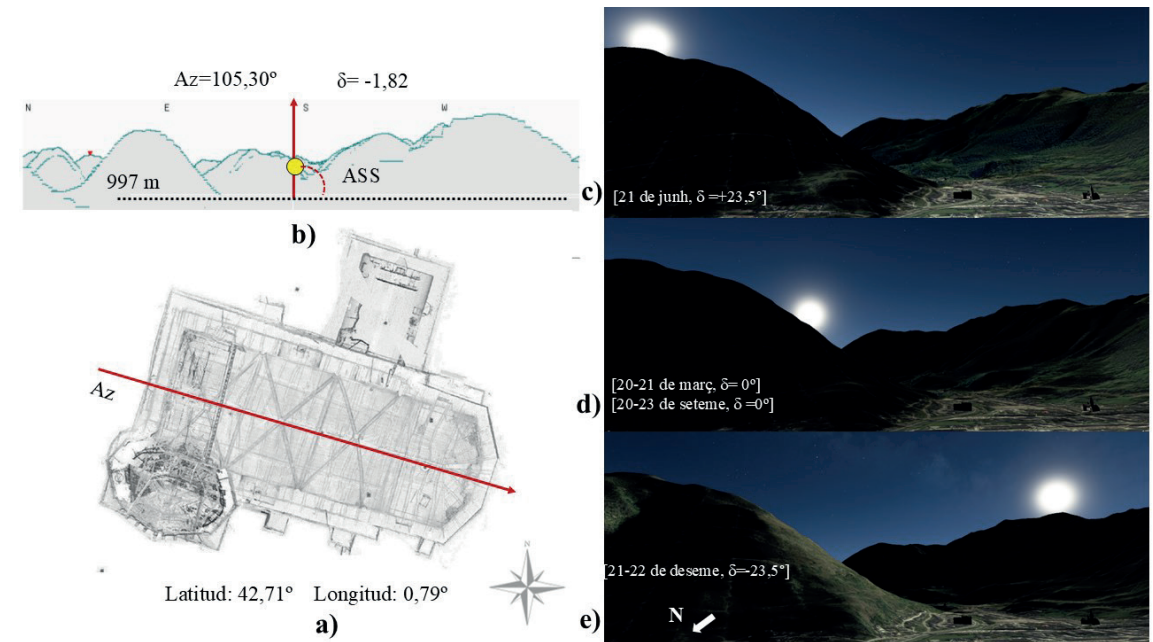


Figura 16. Observacion dera declinacion astronomica ( $\delta$ ) en Sant Martin de Tours de Gausac [26], (0,79° E, 42,71° N),  $Az = 105,30^\circ$

Entà confirmar era ipotèsi der alinhament d'acòrd damb eth critèri deth calendari Pascau o deth calendari Liturgic s'a tier en compde er ajustament der equinòcci que provoquèc eth cambi dera data deth calendari Gregorian (1582), dera bula *Inter gravissimas* deth Papa Gregòri

XIII (1502-1585), damb respècte ath Julian que s'utilizaue en periòde d'estudi. Era comprovacion deth replanteg des èishi meridians o equinocciaus podien induir a un error, pr'amor qu'eth calendari Julian acumulaue, en periòde dera construccion des glèises romaniques, un error de 6-7 dies respècte ar an tropic actua<sup>6</sup> (Taula 4). Atau, era glèisa de Gausac, damb ua declinacion ( $\delta = -1,82$ ) corresponenta ath 16 de març, indique qu'era visualizacion der astre ena direccion dera glèisa en moment dera sua construccion se produsie en calendari julian eth 10 de març e ar encòp eth 28 de seteme serie eth dia 22 de seteme.

Ajustament equinòccis calendaro Gregorian a Julian en dies					
An	Equinòcci	Gregorian	Julian	Desfàs dies	Desfàs Absolut
2000	Primauera	21	8	13	0
	Tardor	23	10	13	
1300	Primauera	21	13	8	5
	Tardor	23	15	8	
1200	Primauera	21	14	7	6
	Tardor	23	16	7	
1100	Primauera	21	14	7	6
	Tardor	23	16	7	
1000	Primauera	21	15	6	7
	Tardor	23	17	6	



Taula 4. Ajustament equinòccis Calendari Gregorian Julian (s. XI-XIII)

Entà determinar era data deth Patron dera advocacion, s'an de tier en compde cèrtes correccions, ja qu'eth Calendari Roman de Pau VI deth *Mysterii paschalis celebrationem* (1969) (Pau VI 1969, 23-32), non coïncidís pas damb es der emplec ena epòca de referéncia (s. XI-XIII), qu'eth sòn

senhalament se podesse restacar damb eth *Martirologio Hieronymianum* (s.VI)<sup>7</sup>, podent incorporar mès tardiament era *Summa aurea* (1250) de Jacopo della Voragine (1230-1298)<sup>8</sup>. Eth replanteg se poderie hèr eth dia dera hèsta deth Patron ena gessuda deth solei, (Figura 17.a), mès tanben i a era possibilitat de hèc ena vegilha, qu'ei era terminologia qu'en calendari eclesiastic signifie "eth vrèspe". Quan i a ua hèsta importanta se celèbre de dempús eth vèspe anterior, damb çò que se poderie realizar era orientacion ena còga deth dia anterior (Figura 17.b)



a)

b)

Figura 17. a) Gessuda deth solei en Sant Joan d'Arròs e Vila [16]; b) Còga en Sant Miquèu de Vilamòs [15] en solstici d'ostiu



#### 4. METODOLOGICA E RESULTATS ARQUEOMETRICS

Com podem observar, eth grad d'incertitud ei important. Prumèr, entà determinar er (Azca) deth replanteg dera construccion e en duesau lòc, entara datacion der espaci sacre. Era precision des dues donades ei de mau determinar. Per un aute costat, entara analisi des donades generades pes tecnicas de mesuratge indirècte (CRP) e (TLS) de coordenades (x, y, z), se pren coma basa eth tractament estadistic entà determinar era sua variabilitat, recolleccion, organizacion, analisi, interpretacion e presentacion des donades.

Er estudi d'aguesti punts determine era existència, o non, d'un o diuèrsi patrons ena construccion des glèises. Se determine era sua precision, grad de concordança entre mesures entà determinar era sua exactitud definida com eth grad de concordança entre era valor vertadèra e era experimentau. Atau, s'an de determinar es valors deth reng de referència dera execucion des glèises romaniques dera Val d'Aran (VR). Ena metodologia se destrigue entre es anomalies dera construccion de bastisses, definides com error d'execucion (EE), com eth derivat deth procès de calibracion des donades analisades e er error metodologic (EM). Aguesti errors pòden èster sistematic e accidentaus. Era soma d'aguesti errors des anomalies (EA) mos darà eth reng de desviacion dera calor metrologica (VM).

$$EA = EE + EM \dots [5]$$

Es errors sistematic son aqueri que demoren constants ath long de tot eth procès de mesuratge, derivadi dera triga deth metòde, der esturmentau e deth personau. Afecten a toti es mesuratges d'un biais definit e egal entà tori eri. Es errors accidentaus son es que se produsissen enes variacions que se pòden dar entre observacions successives realizades per un madeish operador. Per açò, non son pas

reproducibles d'un mesurament a un aute e era sua valor ei desparièra entà cada mesuratge. Son generaument de petita magnitud en tot provocar desviaments autans positius com negatius. Entà determinar es valors caracteristiques utilizades ena construccion des bastisses araneses distinguiram aqueri linears derivadi dera distància de dus punts (A, B) e qu'expressaram en mètres (m), expressadi com ( $E_{i_d}$ ) e es errors angulars dedusits dera posicion relativa de dues rèctes (r, s) mesuradi en grads sexagesims ( $^{\circ}$ ), significadi com ( $E_{i_a}$ ).

Eth tractament de donades se realize a trauès deth metòde der error quadratic miei, a trauès d'ua expression matematica e  $y = f(x)$  dera lei fisica que regís eth comportament d'un determinat fenomèn a compdar d'ua seria de N mesures ( $x_i, y_i$ ) des magnituds x e y que lo caracterizen. Era equacion dera rècta serà era expression dera lei fisica que regís eth fenomèn estudiat.

Er error metologic totau (EM) establìt com er error quadratic miei, s'estime com eth somatòri des procèssi d'observacion e prenuda de donades ( $EM_d$ ), mès eth deth procès, es informatic deth tractament d'aguesti punts e calculs astronomic ( $EM_t$ ), e es derivadi dera apreciacion en replanteg dera òbra construïda ( $EM_r$ );

$$EM = \Sigma (E_d + E_t + E_r) \dots [6]$$

De manera qu'era valor mès probabla ( $c_a$ ), serà era mesura aritmetica des valors analisades:  $c_a = \dots [7]$

Se determine er error miei quadratic ( $e_c$ ):  $e_c = \dots [8]$

Er error maximau o tolerància ( $e_m$ ) definit como:  $e_m = 2,5 e_c \dots [9]$

Er error miei quadratic dera mesura ( $c_{cm}$ ):  $c_{cm} [10]$

Eth lheuament de realizèc damb ua Leica Scan Station C10, damb precision de 4mm a 50m; precision angulara 12" / 12"; sense er emplec de lents e damb un error miei d'alineacion entre posiciones de 6mm e un Leica Scan Station P20, damb precision de 3mm a 50m; precision angulara 8" / 8"; sense er emplec de lents e damb un error miei d'alineacion entre posiciones de 2mm, valors que consideram menspredables pr'amor dera magnitud geometrica d'aguestes glèises romaniques.

Ena avaloracion des incertituds des òbres, er error d'execucion (EE) enes mesuratges linears s'establìs ena actualitat en orde de (0,025 m); per tant,  $EE_d = [0,000-0,025 \text{ m}]$ . En cas des mesuratges d'angles entàs alineacions se prenen coma valor de referència es des alineacions des assetiaments e traçats romans d'un grad 1<sup>o</sup>) (Orfila; Chávez-Álvarez; Sánchez 2017, 113-134), que presenten en tèrmes d'error sexagesimau ( $1/360^{\circ} = 0,277\%$ ).

$EM_d$  prenuda de donades. Eth reng deth possible error deth procès d'observacion e prenuda de donades enes mesuratges linears  $EM_d = [0,000-0,015 \text{ m}]$ . En cas des angulars era valor estimada  $EM_a = [0,000-0,500^{\circ}]$ .

$EM_t$  errors procèssi. Dat qu'eth lheuament se realizèc damb ua Leica Scan Station C10, damb precision de 4mm a 50m; precision angulara 12" / 12"; sense er emplec de lents e damb un error miei d'alineacion entre posiciones de 6mm e un Leica Scan Station P20, damb precision de 3mm a 50m; precision angulara 8" / 8"; sense er usatge de lents e damb un error miei d'alineacion entre posiciones de 2mm (Figura 18.a). Dat qu'eth tractament de donades entà registrar es bromes de punts, realizat damb software Cyclone, a un error maximau de 0,009 m, eth

hilat 3D s'establís damb eth programa 3DReshaper (Figura 18.b), a on era densitat deth hilat s'ajustèc a un triangle de 0,025 m en tot ajustar era imatge (Figura 18.c) damb un error totau en un reng  $EM_{td} = [0,003-0,034 \text{ m}]$ .

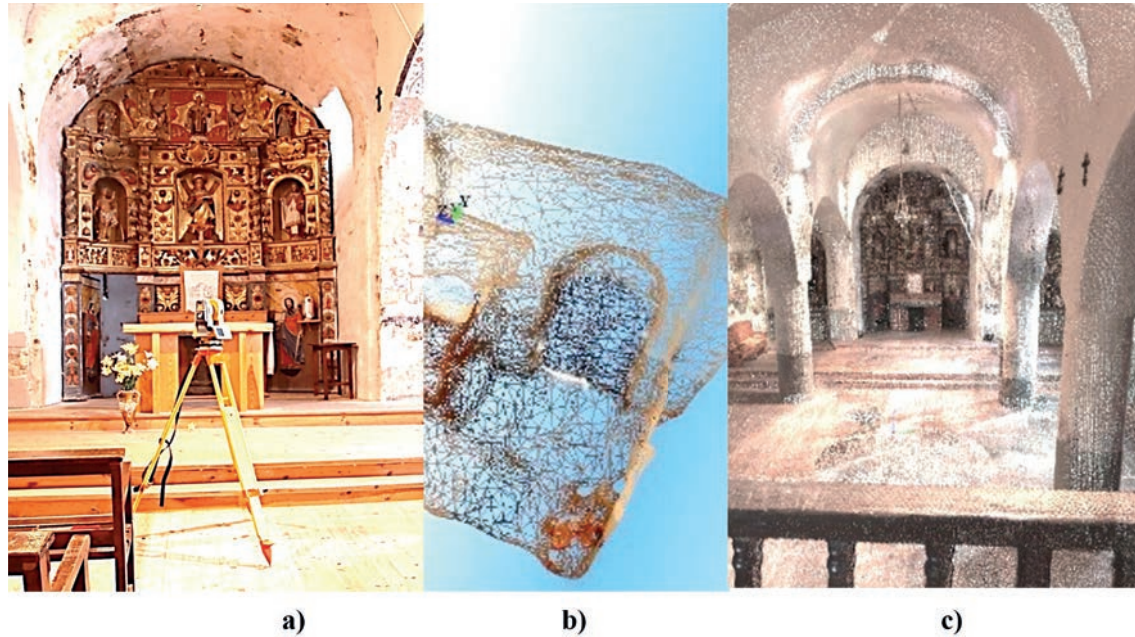


Figura 18. a) Leica Scan Station P20 en Santa Eulària d'Unha [38]; b) Reposicion informatica, hilat 3D damb programa 3DReshaper

Entath calcul angular des orientacions s'emplegue era metodologia dera arqueoastronomia, basada en un paramètre que mos permet de comparar es orientacions en territòris distants e era declinacion astronomica ( $\delta$ ), qu'ei independenta des coordenades terrèstres. Era sua obtencion se realize a compdar dera latitud ( $\phi$ ), er azimuth geografico reau ( $A$ ) e era nautada der orizon ( $h$ ) dera gessuda deth solei o dera còga dera bastissa, se pren coma referéncia un error en procès de  $1+1/2^\circ$ . (Belmonte; González-García 2013, 59-63), per çò que se pren un reng de  $EM_{ta} = [0,000-1,500^\circ]$ .

$EM_r$ , apreciacion en replanteg. Era valor d'apreciacion der esturmentau se pòt simular mejançant ua aproximacion ath sistèma metrologic dera Val d'Aran en tot partir dera ipotèsi qu'aguesta basa siguesse utilizada pendent es sègles (XI-XII). Era cana dera Val d'Aran mesure (1,896 m) (Poujade 1998, 368) de faïçon qu'eth pam (0,237 m) e eth dit (0,020 m), ath quau se pren coma referéncia dera valor d'apreciacion per èster era mès petita des unitats de longada, damb çò qu'er error poderie èster eth (1,04%) respècte ara cana aranesa. Se traçam ua circonferéncia d'ua cana aranesa (1,896 m) de diamètre, er arc de circonferéncia relatiu ara mesura deth dit aurà un angle de ( $1,172^\circ$ ) e era mesura der arc d'( $1^\circ$ ) que represente eth cors solar d'un dia serà de (0,013 m). Era mesura prepausada ei fòrça parièra ara *cana destra* (2,796 m), subdividida en 12 pams destres (0,233 m) e ath còp en dotze dits (0,019 m) (Alsina; Feliu 1990, 37-38) utilizat en encastre constructiu catalan, damb ua diferéncia de sonque (0,004 m) damb respècte ath pam destre (Riu 1996, 825-837). Per çò qu'entara determinacion dera valor d'apreciacion respècte ath patron deth dit (0,020 m), ei era sua mitat. Entàs mesures de longada s'establís er interval  $EM_{rd} = [0,000-0,010 \text{ m}]$ . Entàs mesures angulars, era valor s'assimile en tot traçar ua circonferéncia d'ua cana de diamètre, prenent er arc de circonferéncia relatiu ara mesura deth dit aurà un angle de ( $1,172^\circ$ ), en tot establir era valor d'apreciacion de  $EM_{ra} = [0,000-1,172^\circ]$ .

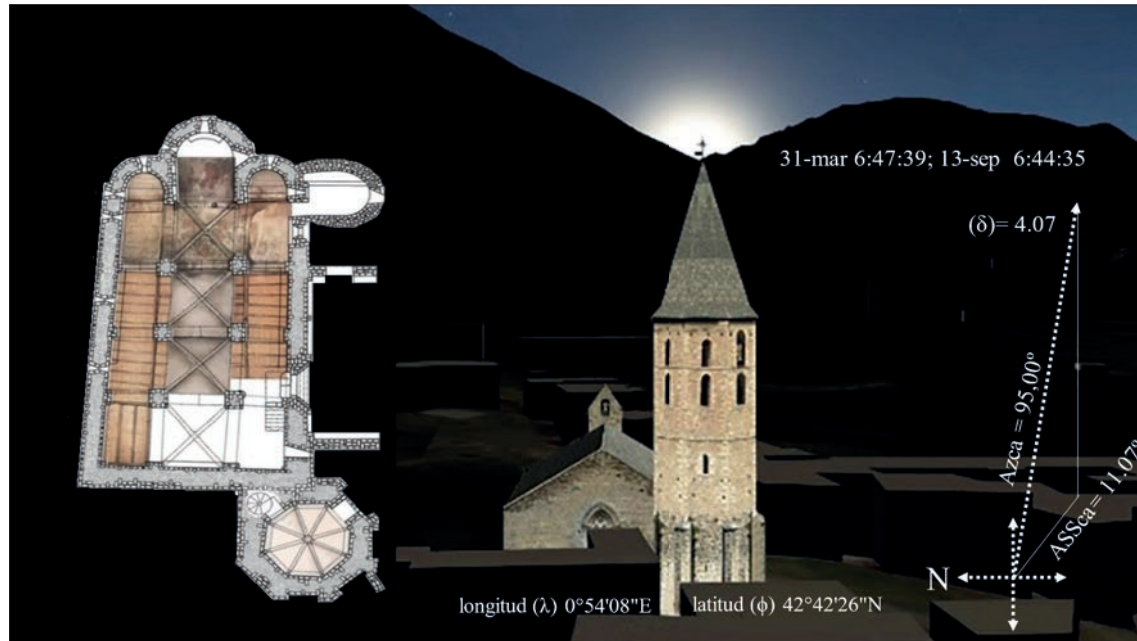


Figura 19. Resultats arquimetrics de Sant Andreu de Salardú [37]

D'aguesta manera, eth tractament des valors lineares e angulares, entà determinar es anomalies (EA), a ua valor enes longades d'  $EA_d = [0,000-0,084]$ , atau er error maximau ei de  $(\pm 0,084 \text{ m})$ . Entath calibratge prenem era valor (5,592 m), dues *canes destres*, que represente eth el 1,502% d'aguest patron. En cas deth mesuratge des angles era valor determinada ei  $EA_a = [0,000-4,172^\circ]$ , damb un error maximanu de  $(\pm 4,172^\circ)$  en tot representar un  $(\pm 1,159\%)$  der arc sexagesimau. Compreneram coma valor dera orientacion canonica era comprenuda en interval  $[85,828^\circ - 94,172^\circ]$ .

Per ua auta part, er error maximau establert correspon a ua precision de  $\pm 4,233$  dies. Damb aquestes premises s'obtien es resultats (Taula 5), en tot atier era ora der eveniment tenguent en compde era refraccion solara e er orari UTC +0 Central European Time (CET) (Figura 19).

Espaci sacre	Latitud	Longitud	Aza	Azn	Azg	Azca	ASSca	( $\delta$ )	Gregorian	Julian	Ora	Gregorian	Julian	Ora
41 Santa Maria de Cap d'Aran de Tredòs	42,70°	0,92°	111,05°	109,57°	108,96°	109,86	13,40°	-4,95	08-mar	02-mar	7:40:19	05-oct	29-sep	7:19:08
40 Sant Felix de Bagergue	42,72°	0,92°	101,96°	101,53°	101,77°	101,75	22,96°	7,14	08-abr	02-abr	7:36:16	04-sep	29-ago	7:33:54
39 Sant Esteue de Tredòs	42,70°	0,91°	105,87°	102,14°	103,07°	103,69	13,12°	-1,02	18-mar	12-mar	7:19:22	26-sep	20-sep	7:20:06
38 Santa Eulària d'Unha	42,71°	0,90°	94,45°	92,58°	93,15°	93,39	14,79°	6,75	07-abr	01-abr	6:43:01	07-sep	01-sep	6:47:13
37 Sant Andreu de Salardú	42,71°	0,90°	96,56°	94,11°	94,34°	95,00	11,07°	4,07	31-mar	26-mar	6:47:39	13-sep	07-sep	6:44:34
34 Santa Maria d'Arties	42,70°	0,87°	93,03°	91,68°	92,56°	92,42	13,64°	6,75	07-abr	01-abr	6:42:37	07-sep	01-sep	6:35:52
31 Sant Pèr d'Escunhau	42,70°	0,83°	53,70°	50,90°	53,71°	52,77	15,14°	-	18-may	##	5:38:49	25-jul	19-jul	5:49:54
30 Sant Tomàs de Casarilh	42,70°	0,83°	71,44°	75,99°	71,99°	73,14	11,04°	19,50	16-mar	10-mar	7:26:48	29-sep	23-sep	7:06:25
29 Sant Esteue de Betren	42,70°	0,81°	107,93°	102,62°	105,73°	105,43	13,99°	-1,81	25-feb	19-feb	8:20:08	18-oct	12-oct	7:50:49
28 Sant Miquèu de Vielha	42,70°	0,80°	120,05°	120,02°	119,42°	119,83	16,27°	-9,14	09-abr	03-abr	6:43:40	02-sep	26-ago	6:28:39
27 Sant Andreu de Casau	42,71°	0,79°	87,89°	90,00°	90,59°	89,49	11,52°	7,50	16-mar	10-mar	6:50:09	28-sep	22-ago	7:06:13
26 Sant Martin de Tours de Gausac	42,71°	0,79°	106,36°	104,99°	104,55°	105,30	13,38°	-1,82	18-abr	12-abr	7:42:31	25-ago	19-ago	7:45:28
25 Santa Maria de Mijaran	42,71°	0,80°	101,81°	98,73°	100,57°	100,37	26,88°	10,77	22-feb	16-feb	8:55:39	19-oct	13-oct	8:28:03
24 Sant Felix de Vilac	42,72°	0,80°	128,74°	128,15°	126,27°	127,72	21,57°	-10,24	21-mar	15-mar	7:36:15	23-sep	17-sep	7:20:49
22 Sant Esteue de Montcorbau	42,73°	0,79°	110,33°	103,52°	103,51°	105,79	16,93°	0,17	15-abr	09-abr	6:48:15	25-ago	19-sep	6:48:44
21 Sant Pèr de Betlan	42,73°	0,79°	88,91°	92,71°	92,80°	91,47	16,10°	9,69	02-feb	27-ene	8:23:17	03-nov	28-oct	8:21:35
19 Sant Martin d'Aubert	42,73°	0,78°	125,48°	119,63°	126,56°	123,89	12,39°	-14,71	08-abr	02-abr	6:48:41	04-sep	29-ago	6:21:07
16 Sant Joan d'Arros e Vila	42,76°	0,77°	43,19°	40,70°	40,27°	41,39	28,29°	-	28-feb	22-feb	7:18:13	14-oct	08-oct	6:54:02
15 Sant Miquèu de Vilamòs	42,75°	0,74°	88,57°	90,00°	87,97°	88,85	9,54°	-8,03	28-feb	22-feb	7:19:07	14-oct	08-oct	6:46:28
14 Sant Ròc de Begòs	42,74°	0,74°	109,50°	107,08°	107,62°	108,07	8,13°	-8,03	28-feb	22-feb	7:19:07	14-oct	08-oct	6:46:28
12 Santa Maria de Vilamòs	42,75°	0,73°	107,74°	105,23°	107,24°	106,74	5,97°	-	08-abr	02-abr	6:48:41	04-sep	29-ago	6:21:07
9 Sant Fabian d'Arres de Jos	42,75°	0,71°	162,01°	164,72°	162,83°	163,19	7,99°	-	28-feb	22-feb	7:19:07	14-oct	08-oct	6:46:28
6 Era Mar de Dnu dera Purificacion de Bòsso	42,79°	0,69°	120,57°	117,55°	118,25°	118,79	22,81°	-3,76	11-mar	05-mar	8:30:32	03-oct	28-sep	8:09:07
4 Sant Blas de Les	42,81°	0,72°	126,02°	126,96°	124,57°	125,85	30,69°	-0,59	19-mar	13-mar	9:10:12	26-sep	20-sep	8:52:03

Taula 5. Taula dera declinacion solara des glèises romaniques dera Val d'Aran

Es resultats dera taula 5 depenen dera observacion solara der espaci sacre, en tot indusir a un replanteg dera bastissa a trauès dera sua visualizacion en sòn orizon, per çò que se dedusís qu'eth sòn alinhament en replanteg depen dera aparicion der astre (Figura 20).

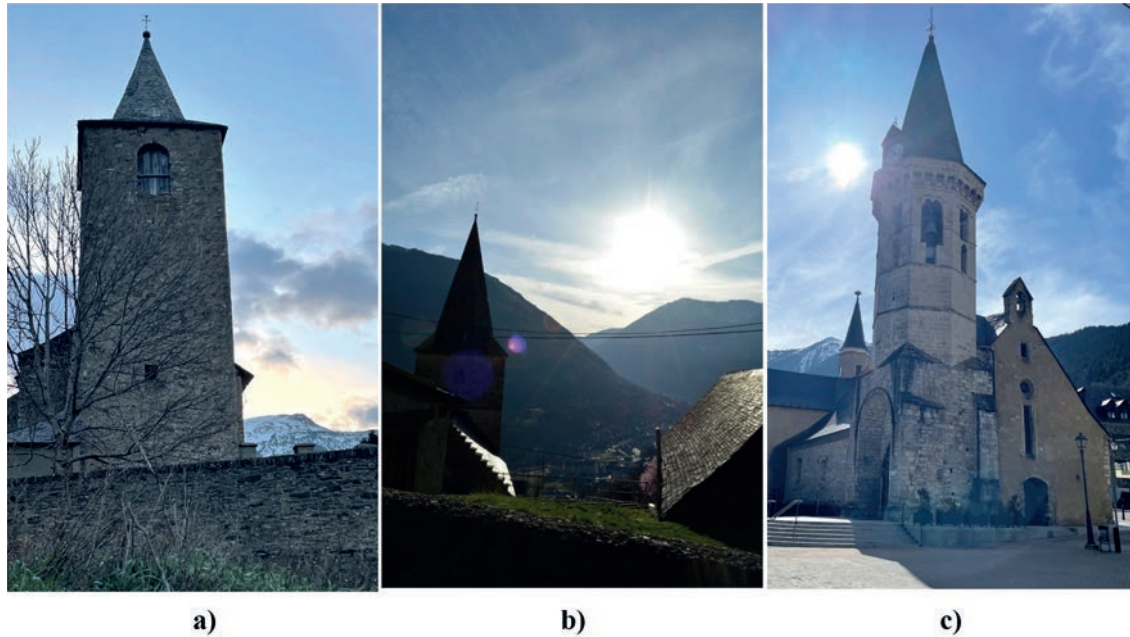


Figura 20. Observacion dera posicion solara ascendenta. a) Sant Pèir de Betlan [21]; b) Sant Andrèu de Casau [27]; c) Sant Miquèu de Vielha [28].

## 5. D'AUTI METÒDES D'ORIENTACION: ES OMBRES SOLARES E ES *HOROLOGIUM PEDUM*

Ua ata manèra de poder determinar era orientacion des glèises ei era que se pòt realizar a trauès dera projeccion des ombres, mejançant era analema, ἀνάλημμα (pedestau) qu'ei era trajectòria que descriu eth Solei e forme ua corba lemniscata. Segontes aquest principi, quan era *umbra* d'un objècte ei mès petita, er astre solar aurà era nautada maximau e per tant ei plaçat en Sud. Damb aquest principi se pòt mesurar ena Val d'Aran eth temps, pr'amor qu'en aquest instant coïncidirie damb es 12 ores en temps solar locau e, per aquerò, era orientacion precisa des sued glèises segontes es sued coordenades geografiques. ( $\lambda$ ,  $\phi$ ) (Figura 21).

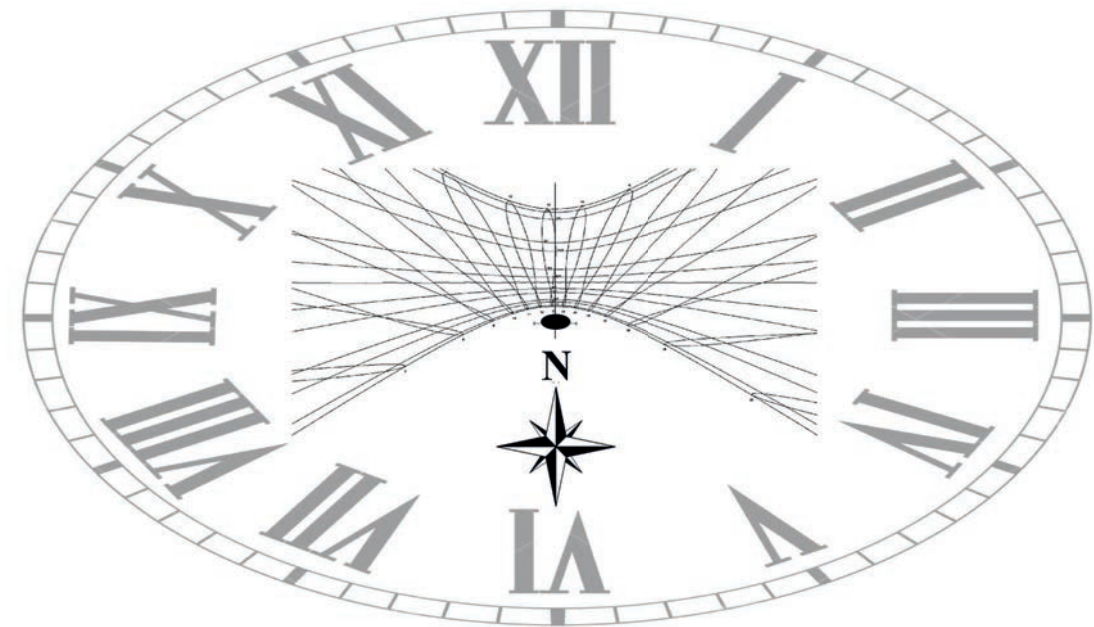


Figura 21. Analema solara damb temps locau sus un relòtge de temps miei e era sua orientacion

Ua forma practica qu'ère coneishuda dera tradicion tardoclassica se basaue ena ombra d'ua persona tabulada per Rutilio Tauro Emiliano Palladio (s. IV) ath finau des libres (II-XIII) *De re rustica* <sup>9</sup>. Eth principi se base ena proporcion dera ombra d'un còs ( $L_u$ ) respècte ara nautada d'un gnomon ( $L_g$ ). Se determine mejançant era expression der angle  $\theta_s$  [11]:

$$\tan \theta_s = L_g / L_u \quad [11]$$

Non existís ne enes manuscrits ne enes edicions dera òbra ua referéncia exacta d'ua relacion entre eth el *mentor* e era sua *umbra* en *pedes*. Era edicion de Palladio de Désiré Nisard (1806-1888), atribusís era possibilitat qu'era òbra siguesse escrita ena Gàlia (Nisard 1864, 648). Enes estudis astronòmics, Otto Neugebauer (1899-1990), place aguesta proporcion entre 6:1 e 7:1 (Neugebauer 1975, 739). Per un aute costat, Jonathan Roth (1955-), en referir-se as Regulacions Imperiaus, suggerís qu'era nautada minimau des reclutes ei de (5+5/12) pès romans e li atribusís ua magnitud de 165 cm (Roth 1999, 9-13). Deth punt d'enguarda metrologic e de proporcionalitat, Vitruvio (*Vitr*, LIII.5) s'establís era relacion 6:1, ditz: *por haber advertido que el pie del hombre era la sexta parte de su altura; y que el codo constaba de seis palmos, a saber, 24 dedos* (Vitruvio 1787, 60).

Metodologicament, e deuant des diferéncias numeriques de mesura e proporcion, entà determinar era dimensionalitat entre era nautada der observador e era deth pè, preneram eth sistèma de proporcionalitat en interval [5,42 /6/ 7], de faïçon qu'era proporcion entre eth còs uman e era sua ombra sigue de bon observar peth *mentor*. Se sage atau de generalizar entar emplec dera madeisha relacion en gnomon ( $L_g$ ) e era sua ombra ( $L_u$ ). Podem determinar en forma de taula era ombra en pès en foncion dera ora canonica e eth mes, atau com es diuèrsi resultats

dera proporcionalitat entre era nautada deth *mentor* ( $M_e$ ) e era *umbra* projectada ( $U_p$ ), en cas de Palladio (Taula 6).

Rutilio Tauro Emiliano Paladio (s. IV)													
ora	Calendari mesi							Me/Up 6:1					
	Gèr	Her	Mar	Abr	Mai	Jun		Gèr	Her	Mar	Abr	Mai	Jun
I-XI	29	27	25	24	23	22	<b>10</b>	4,83	4,50	4,17	4,00	3,83	3,67
II-X	19	17	15	14	13	12	<b>3</b>	3,17	2,83	2,50	2,33	2,17	2,00
III-IX	16	14	12	11	10	9	<b>4</b>	2,67	2,33	2,00	1,83	1,67	1,50
IV-VIII	12	10	8	7	6	5	<b>2</b>	2,00	1,67	1,33	1,17	1,00	0,83
V-VII	10	8	6	5	4	3	<b>1</b>	1,67	1,33	1,00	0,83	0,67	0,50
VI	9	7	5	4	3	2		1,50	1,17	0,83	0,67	0,50	0,33
	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>								
ora	Me/Up 5,42:1							Me/Up 7:1					
	Gèr	Her	Mar	Abr	Mai	Jun		Gèr	Her	Mar	Abr	Mai	Jun
I-XI	5,35	4,98	4,61	4,43	4,24	4,06		4,14	3,86	3,57	3,43	3,29	3,14
II-X	3,51	3,14	2,77	2,58	2,40	2,21		2,71	2,43	2,14	2,00	1,86	1,71
III-IX	2,95	2,58	2,21	2,03	1,85	1,66		2,29	2,00	1,71	1,57	1,43	1,29
IV-VIII	2,21	1,85	1,48	1,29	1,11	0,92		1,71	1,43	1,14	1,00	0,86	0,71
V-VII	1,85	1,48	1,11	0,92	0,74	0,55		1,43	1,14	0,86	0,71	0,57	0,43
VI	1,66	1,29	0,92	0,74	0,55	0,37		1,29	1,00	0,71	0,57	0,43	0,29

Taula 6. Horologio de Rutilio Tauro Emiliano Palladio (s. IV)

En interval proporcionau d'aguesta taula, era ombra mès cuerta e alongada respècte ath còs uman ei entre [0,29-5,35], proxim ara proporcion umana [(1/3)-5+(1/3)], a on (1/3) ei era distància entre eth pit e eth cap. D'aguest tipe de taules oràries n'auem hònts dirèctes en labades e pèires de talha de bères glèises cristianes. Ua referéncia cronologicament propèra ara òbra de Palladio ei era tauleta de pèira damb un relòtge de solei de pè, encara qu'incomplèt, dera basilica d'Ammaedara (c. 550) ena ciutatèla justiniana de Haïdra (Túnez). Siguec realizada jos eth pontificat deth bisbe Jacinto de Ammaedara, deth quau s'an conservat ua part des mesi abriu/setemeexo, mai/agost e

junh/junhsèga. Ena sua reconstrucció, es ombres s'escueren entàs ores de gèr/deseme (27-7) e hereuèr/noveme (26-6) (Baratte; Bejaoui 2004, 1121-1151), estant dispausada entà ua latitud  $(\varphi=35, 56^\circ)$ , er interval  $[0,29-4,98]$  ei proxim ara proporció humana  $[(1/3)-5]$ . Ua referéncia damb relacion as glèises araneses serie eth relòtge de solei de pè existent en San Pedro de la Nave (c. 680-671). Era glèisa siguec trasladada en 1930 entà hèr er embassament de Ricobayo per Alejandro Ferrant (1897-1976). Era taula entalhada sus ua pèira de talha de (0,72 m. Ample x 0,42 m. naut), a ua cronologia e procedéncia incèrta, e qu'era sua datacion epigrafica se place entre es sègles (VII-IX) (Llidó 2019, 26-49). Ena taula inacabada i apareishen es mesi de gèr/deseme (28-8) e hereuèr/noveme (27/07), damb ues ombres un shinhau mès cuertes qu'es de Palladio. Entara sua ubicacion actuau ( $\varphi=41, 58^\circ$ ), er interval ( $\varphi=41, 58^\circ$ ), ei proxim ara proporció antropomorfica de  $[(1/3)-5+1/6]$ .

Era òbra de Palladio siguec matizada per d'aves taules en foncion dera latitud deth lòc der observador, e acomodada ath besonh e utilitat des ores canoniques des monastèris benedictins jos era *Regula Sancti Benedicti* (529) de Benito de Nursia (480-543), e des quaus se consèrven uns seishanta manuscrits enes monastèris o catedraus medievaus latins. Era adaptacion geografica d'aguestes pandules, atau com es desparières hònts, autors e copistes d'aguesti còdex, an provocat ua classificacion sistematica: Es dera seria A, modèl d'Aachen, jos era òbra deth benedictin Wandalbertus de Prüm (c.813-870); los B, modèl de Flavigny; es classificats coma C, modèl Abadia de San. Gallen, enquia damb sies variantes ( $C_1, C_{1,5}, C_2, C_C, C_L, C_S$ ), jos era influéncia Beda Venerable (c. 672-735); es manuscrits mozarabs seria D (Schaldach 2008, 9-16), as quaus s'i an ahijut coma E es de Palladio (Arnaldi 2020, 17-34).

Horologium Mozarabe (VII-XI)													
ora	Calendari mesi							Me/Up 6:1					
	Gèr	Her	Mar	Abr	Mai	Jun		Gèr	Her	Mar	Abr	Mai	Jun
I-XI	28	27	25	24	23	22	10	4,67	4,50	4,17	4,00	3,83	3,67
II-X	18	17	15	14	13	12	4	3,00	2,83	2,50	2,33	2,17	2,00
III-IX	14	13	11	10	9	8	3	2,33	2,17	1,83	1,67	1,50	1,33
IV-VIII	11	10	8	7	6	5	2	1,83	1,67	1,33	1,17	1,00	0,83
V-VII	9	8	6	5	4	3	1	1,50	1,33	1,00	0,83	0,67	0,50
VI	8	7	5	4	3	2		1,33	1,17	0,83	0,67	0,50	0,33
	1	2	1	1	1								
	Me/Up 5,42:1							Me/Up 7:1					
	Gèr	Her	Mar	Abr	Mai	Jun		Gèr	Her	Mar	Abr	Mai	Jun
I-XI	5,17	4,98	4,61	4,43	4,24	4,06		4,00	3,86	3,57	3,43	3,29	3,14
II-X	3,32	3,14	2,77	2,58	2,40	2,21		2,57	2,43	2,14	2,00	1,86	1,71
III-IX	2,58	2,40	2,03	1,85	1,66	1,48		2,00	1,86	1,57	1,43	1,29	1,14
IV-VIII	2,03	1,85	1,48	1,29	1,11	0,92		1,57	1,43	1,14	1,00	0,86	0,71
V-VII	1,66	1,48	1,11	0,92	0,74	0,55		1,29	1,14	0,86	0,71	0,57	0,43
VI	1,48	1,29	0,92	0,74	0,55	0,37		1,14	1,00	0,71	0,57	0,43	0,29

Taula 7. *Horologium pedum* manuscrits ispanics

Ena peninsula iberica existissen enquia dotze manuscrits descrits coma ispanics en centres monacaus com San Martin de Albeda ( $\varphi=42, 66^\circ$ ) damb eth *Codex Albeldense Vigilans* (c. 976), San Millán de la Cogolla ( $\varphi=42, 36^\circ$ ) damb eth *Codex Aemilianensis* (c.992), Santo Domingo de Silos ( $\varphi=41, 96^\circ$ ) damb *Liber Ordinum* (c.1052) (Figura 22.a). S'i ahig er antifonari dera catedral de León (c. 950) ( $\varphi=42, 60^\circ$ ), eth dera catedral de Burgo de Osma (s.XI-XII) ( $\varphi=41, 59^\circ$ ), atau com ua còpia deth Fuero Juzgo (1058) conservat en VITR/14/5 Biblioteca Nacionau d'Espanha (Figura 22.b).

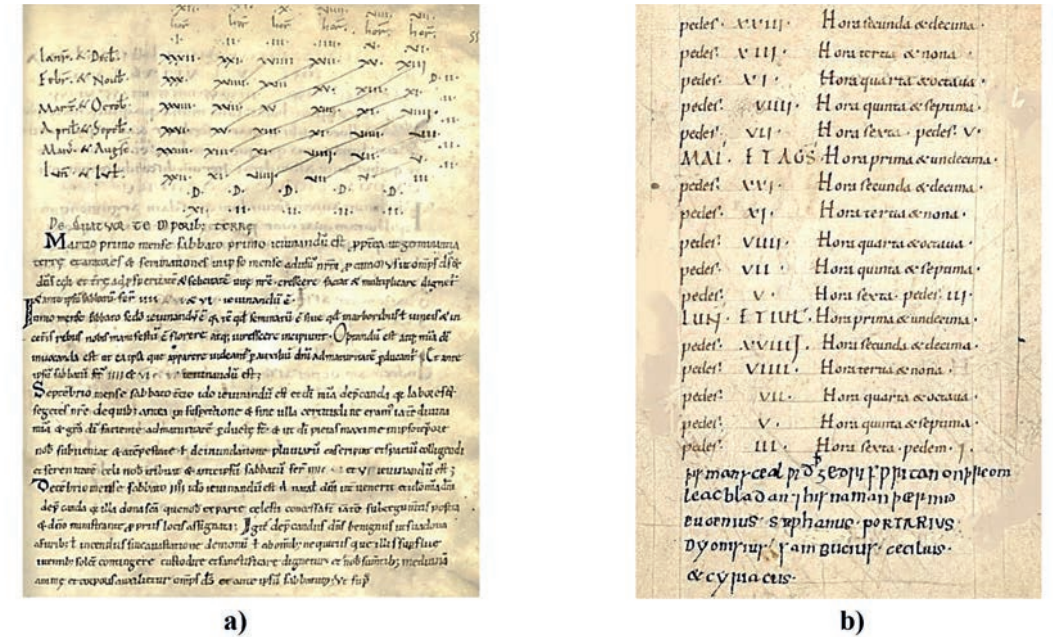
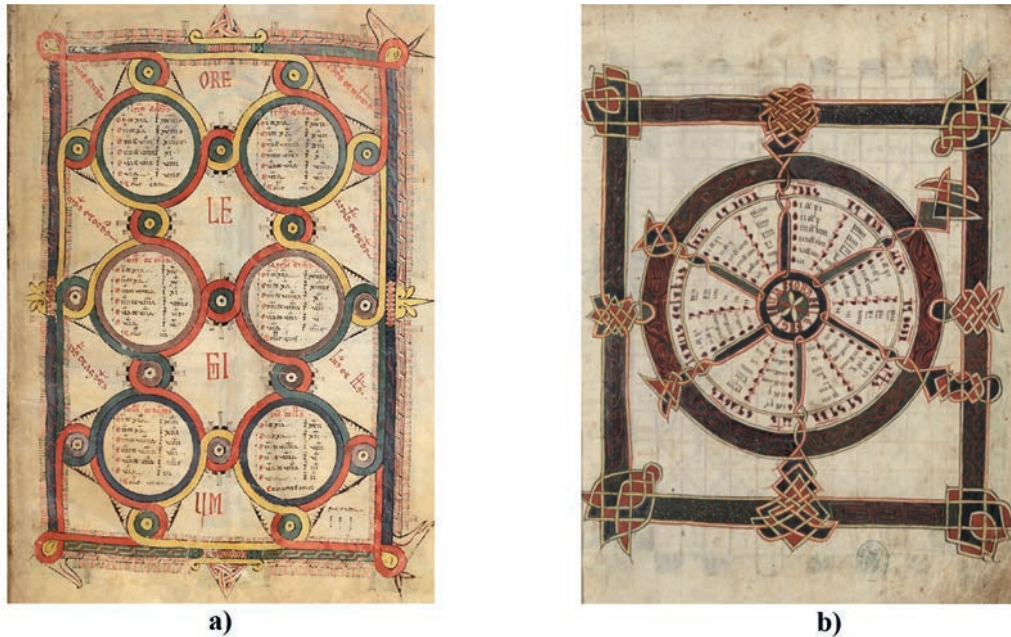


Figura 22. Manuscripts ispanics. a) Paris, BnF Lat. 2171, f. 23r. (s.XI) V; b) Madrid, BNE, VITR/14/5, p. 21(1058)

Figura 23. *Horologium pedum*, a) Manuscripts A. Madrid, BNE, Mss/3307, manuscrit de Metz, f. 51 r (c. 828-850), b) Manuscripts C, Vaticano, Bibl. Apost. Vat.Reg.lat.338 f.91 5 (s. IX)

Aguesti manuscrits an era sua representacion enes taules d'ombres, damb un reng [0,29-5,17], a on era porcion deth solstici d'ostiu ei era madeisha qu'en de Palladio, en tot qu'era d'iuèrn serie mens alongada. Entara latitud mieja des manuscrits de tradicion mozarab ( $\varphi=42^\circ$ ), era proporcion umana  $[(1/3) - 5 + 1/6]$ , coïncidís damb eth *Horologio* de San Pedro de la Nave. Atau enes manuscrits ispanics era proporcion de gnomon aurie minimum era seccion  $[1 / (5+1/6)]$  (Tabla 7). Eth conjunt dera rèsta de variantes des manuscrits de *horologium pedum* conservados series A, B, C, an tanben representacions en forma de taules, com eth de Metz, f. 51 r (c. 828-850) BNE, Mss/3307 (Figura 23.a), o eth dera Biblioteca Apostolica Vaticana, Reg.lat.338 (s. IX) (Figura 23.b).

S'analisam eth conjunt des taules des manuscrits entar interval determinat, entàs ombres maximes produsides en mes de gèr-deseme e ora prima (E-(I-XI), e es ombres minimas, en junh-junsèga e ora sèxta (J-(VI), segontes era *concordia mesium*, s'obten un resultat de [0,29-5,90] (Taula 8).



Horologium pedum										
mes/ora	Codicologia Relòtges de Pè									
	A	B	C1	C1,5	C2	Cc	Cl	Cs	D	E
Gèr-(I-XI)	32	27	29	29	29	29	21	29	28	29
Jun-(VI)	3	2	1	1,5	2	1,5	1	2	2	2
Me/Up 5,42:1										
Gèr-(I-XI)	5,90	4,98	5,35	5,35	5,35	5,35	3,87	5,35	5,17	5,35
Jun-(VI)	0,55	0,37	0,18	0,28	0,37	0,28	0,18	0,37	0,37	0,37
Me/Up 6:1										
Gèr-(I-XI)	5,33	4,5	4,83	4,83	4,83	4,83	3,50	4,83	4,67	4,83
Jun-(VI)	0,50	0,33	0,17	0,25	0,33	0,25	0,17	0,33	0,33	0,33
Me/Up 7:1										
Gèr-(I-XI)	4,57	3,86	4,14	4,14	4,14	4,14	3,00	4,14	4,00	4,14
Jun-(VI)	0,43	0,29	0,14	0,21	0,29	0,21	0,14	0,29	0,29	0,29

Taula 8. Manuscrits latins *Horologium pedum* dera edat mieja

Es ombres minimes non afecten pas ara proporcion entà determar ( $L_u$ ) respècte ara nautada d'un gnomon ( $L_g$ ), mès òc es mès longues. Es taules des relòtges de pè mos balhen ua relacion entà determar eth gnomon de  $[1/6]$ , damb era se poderie curbir era utilitat entà totes es latituds der empèri roman en epòca de Vitruvio,  $\varphi = [23 + 1/4^\circ - 53 + 1/4^\circ]$ .

## 6. ES HÒNTS DETH CONEISHMENT E ERA PRAXÍS DERA ORIENTACION

Entath replanteg des glèises araneses ei de besonh determinar quines poderien èster es hònts dirèctes a qué poderen auer accèss entà poder traçar era orientacion corrècta. I a era evidéncia deth coneishement per part de clèrgues e laïcs dera *De architectura* (c.15 aC) de Marcos Vitruvio Polion (c.80-c.20 aC) e, encara i a agut assagi de cercar era influéncia dirècta de Vitruvio ena arquitectura medievau, ei fòrça qüestionada (Kruft 1991, 31-41) e eth sòn emplec generalizat non auer lòc enquiath descurbiment deth manuscrit Poggio en monastèri de Sant Gallen (1415) per Gian Francesco Poggio Bracciolini (1380-1459). Ena actualitat se consèrven 132 manuscrits enquiath sègle XV<sup>10</sup>. Er arquitècte palatin Eginardo (770-840) que bastís un arc de trionf entath monastèri de Maestrich, conselhe de comprene-lo e interpretar-lo enes sues *Epistolae* (Cervera 1986, 35-58). Es *Constitutio* de York (926) promulguen er estudi d'Euclides e Vitruvio (Cervera 1978, 44). per ua auta part, eth bisbe Oswald de Mor cester (912-992) acudie ara geometria entara fundacion dera abadia de Ramsey (969) (Harvey 1972, 107).

Eth bisbe Bernward de Hildesheim (993-), en tot nomenar a Vitruvio, bastic era glèisa abaciau de San Miguel (1001-1031) (De Bruyne 1946, 2, 409-410). Reconeishut per Riquero de Reims (c. 940-998) *Historiae* (CXXXVIII 107), *secundum Vitruvii atque Boetii*, per Hucbaldo de San Amando (840-930) *De harmonica institutione* (CXXXII 946), *Ut Vitruvius dixit in libro de Architectura*; Hugo de San Víctor (1096-1141) *Eruditio Didascalica* (CLXXVI 765), *Palladius quoque De agricultura scripsit; Vitruvius autem De architectura*, Pedro Diácono de Montecasino (1107-1140), *De viris illustribus Cassinensibus* (CLXXIII 1048), *Vitruvium de Architectura mundi abbreviavit* o Vicente de Beauvais (c.1194-1264) en *Speculum naturale* (XXVIII 2), *Vitruvius in libro tertio de architectural Corpus hominis ita natura composuit* (Manzanero 2008, 8-99). Vitruvio èra amplament reconeishut

en sòn *De architectura* (c.15 aC). Indique qu'un arquitècte a de saber astronomia e a de conéisher er emplec deth *gnomon* entà poder determinar es equinòccis e solsticis (*Vitr,L.I*). Vitruvio definic era construccion de relòtges solars (*Vitr,L.IX, 7*)<sup>11</sup> (Vitruvio 1899), e era sua aplicacion ena Peninsula se hè enes relòtges de Mérida (Almagro; Raya, 1996, 79-89) e Caesaraugusta (Raya 2010, 199-202).

A despriet qu'era observacion deth cors solar ère coneshuda en moment dera construccion des glèises araneses, cau matizar qu'eth concèpte deth traçat der *analemma* enes edicions de *De architectura* apareish per prumèr còp ena edicion de Giovanni Giocondo (c. 1433 - 1515) (L.IX, VIII) (Vitruvio 1511, fol.92) (Figura 24.a), similara ara deth *Capítulo octavo dellos Reloxes, y de la Sombra del Gnomon en tiempo del equinoccio en Roma, y en algunos otros lugares*, dera prumèra edicion espanyòla de Miguel de Urrea, (c. 1520-c.1568) (Vitruvio1582, 118-121) (Figura 24.b), referida tanben per José Ortiz y Sanz (1739- 1822) *Capitulo VIII*. En *De la descripción de los relojes por medio del analema* (Vitruvio1787-228-230), apareish eth tèrme *analema* (Figura 24.c) com era projeccion que permet era construccion des ores egales de temps vertadèr (Soler 1988 1127-1133). Ua auta referéncia a d'èster era de Marco Cetio Faventino (f. 350) en *Artis architectonicae privatis usibus adbreuiatus liber* (c.350), que recuelh era tradicion de Vitruvio dera Tor des Vents d'Atenas (*Fave. II*), era orientacion en cases ruraus (*Fave. XII*) e urbanes (*Fave. 14*) e era construccion de relòtges, en tot definir eth de doble èish e eth semicircular o de quadrant (*Atris arch.i XXIX*)<sup>12</sup>.

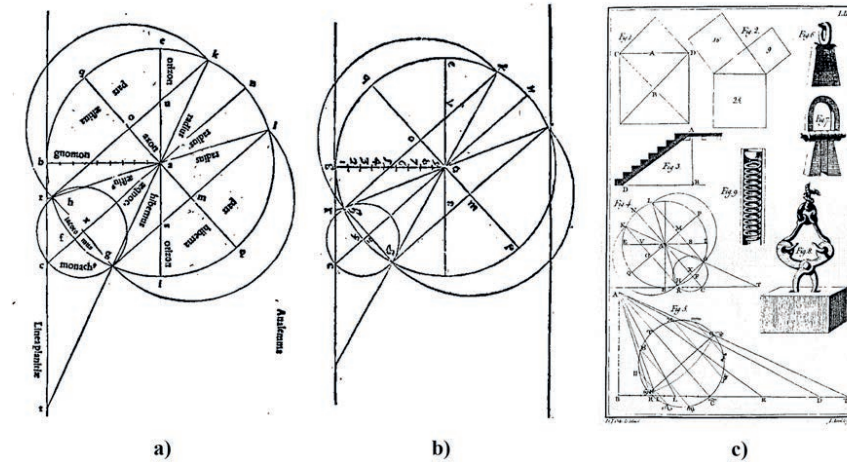


Figura 24. Edicions De architectura. a) Giovanni Giocondo (1511) fol. 92; b) Miguel de Urrea (1582) p. 120. c) José Ortiz y Sanz (1787), Lama L.II

Era experiéncia des hònts gromatiques e era sua transmission medievau enes cenòbis permeten de fixar d'outes hònts dirèctes. Higinio Gromático (fl. 98-102) en *De limitibus constituendi* (La. 166-208) determine es èishi deth cors deth solei, E-O e er èish deth mon N-S, qu'a era sua origina ena tradicion Etrusca, e que se realizaue a compdar deth punt peth quau se produsie era gessuda deth solei eth dia dera fondacion dera ciutat, que coïncidie soent damb eth *Die Natalis* deth sòn fondador (Aveni; Romanom1994, 545-563). Enes *De limitibus*, Frontino (c. 30-104) (La. 26-33) s'enfronte ara orientacion des èishi meridians, namente es referéncias istoriques (III.1) e es errors indusits (III.5, III.12), mès non i a pas cap de descripcion que determine era linha meridiana (Guillaumin 2005, 157-161). En d'auti casi, era orientacion equinocciau, apuada ena practica de divisions parcelèries ruraus, ei aplicabla ath replanteg des castres o des ciutats de naua creacion damb era tecnica deth *varatio* de

Marcus Iunius Nypsius (f. 200) (Orfila-Pons; Chávez-Álvarez; Sánchez López, 2017, 113-134), descrita en *Fluminis varatio* (La. 285) e *Limitis repositio* (La. 286-295).

Higinio Gromático, en *De limitibus constituendi* (La. 166-208) determine es èishi deth cors deth solei, E-O e er èish deth mon N-S, en tot plaçar eth Nòrd ara dreita, eth Sud ara esquèrra, er Oèst ath deuant e er Èst ei darrèr, qu'a era sua origina ena tradicion etrusca e se realizaue a compdar deth punt peth quau se produsie era gessuda deth solei eth dia dera fondacion dera ciutat, que coïncidie soent damb eth *Die Natalis* deth sòn fundador (Aveni; Romano 1994, 545-563). Enes *De limitibus*, Frontino (c. 30-104) (La. 26-33), s'enfronte ara orientacion des èishi meridians, namente es referéncies istoriques (III.1) e es errors indusits (III.5, III.12), mès non i a pas ua descripcion deth procediment dirècte entà determinar era linha meridiana (Guillaumin 2005, 157-161). Es hònts *De limitibus constituendi*, de Higinio Gromático e *De limitibus* de Frontino sigueren trasladades per Sant Isidoro en sòn *Etymologiarum* (L.15), encara non existís cap de referéncia a bèth metòde de traçat geometric (Guillaumin 2015, 9-34).

Per un aute costat, eth coneishement scientific tardoclassic recuelhut en *scriptorio* deth cenòbi de Ripoll<sup>13</sup>, en *Ars gromatica* de Gisemundo (ACA 106) (Figura 25), hè referéncia ara geometria de Varron, ath cercle dera tèrra e era sua division en mesi e se reitàre que preneren erroneament era gessuda e còga deth solei coma referéncia entà determinar es orientacions. En (ACA 225) deth sègle XI i é era construccion d'un relòtge azimutal (Puigvert 1995, 89-118). Andús manuscrits son restacadi ara òbra apocrif de Gerberto d'Aurillac (938-1003), format en an 986 en Vic peth bisbe Ató.



Figura 25. Archiu dera Corona d'Aragon, ACA, COLECCIONES, Manuscrits, Ripoll,106

Era circumstància de localizacion geografica dera Val d'Aran damb ua nautada der orizon (ASS>0) hè qu'eth replanteg dera orientacion deth canon liturgic depene dera visualizacion circumstanciaiu e particulara der observador, o ben d'un sistèma universau que resòlve eth traçat orient-occident. S'establisson coma referéncies, dera *De architectura* (M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub>), as quaus se referís Moritz Benedikt Cantor (1829-1920) (Cantor 1880, 66-69), d'autes, es tecniques d'orientacion a trauès des des gramatics des sègles (I-III) as quaus se referís Oswald Ashton Wentworth Dilke (1915-1993), metòdes (M<sub>3</sub>, M<sub>4</sub>, M<sub>5</sub>, M<sub>6</sub>) (Dilke, 1967, 9-29). Aqueri conservadi enes cenòbis o catedraus, com son es tèxtes des de Gisemund de Ripoll plantejadi per Josep Maria Millàs Vallicrosa (1897-1970) (Millàs 1931, 238-243) (M<sub>7</sub>, M<sub>8</sub>), e pera possibilitat dera òbra apocrif de Gerberto d'Aurillac (938-1003) referida as gromatics damb es metòdes (M<sub>9</sub>, M<sub>10</sub>) a trauès deth coneishement de Gerberto a trauès der (ACA 22) de Ripoll e

er (ACTo, 80) dera catedrau de Tortosa (Lluís i Ginovart, J , Baiges I, Alanyà, J. 2015, 803-851).

Tipe orientacions e tolerància enes metòdes de traçat						
Metòde	Autor	Tipe orientacion	Tipe traçat	Caracteristiques	Operacions geometriques	Error (max) =0,92%
M1	Vitruvio	Meridiana	Instrumentau	2 ombres	6	0,15
M2	Vitruvio	Equinocciau	Instrumentau	3 ombres	15	0,06
M3	Higinio Gromatico	Meridiana	Observacion	ora prima	-	-
M4	Higinio Gromatico	Equinocciau	Observacion	ora sèxta	-	-
M5	Higinio Gromatico	Meridiana	Instrumentau	2 ombres	6	0,15
M6	Higinio Gromatico	Equinocciau	Instrumentau	3 ombres	15	0,06
M7	Gisemundo	Equinocciau	Instrumentau	2 ombres	4	0,23
M8	Gisemundo	Equinocciau	Instrumentau	2 ombres	2	0,46
M9	Apocrifo de Gerberto	Meridiana	Instrumentau	2 ombres	6	0,15
M10	Apocrifo de Gerberto	Equinocciau	Instrumentau	3 ombres	15	0,06
M11	Bossòla	Meridiana	Observacion	Bossòla	-	-

Tabla 9. Metòdes de traçats dera orientacion

Finaument, era ipotèsi der emplec dera bossòla, pr'amor que bèri estudis an desvelat era possibilitat de que bères glèises plaçades en centre de Dinamarca (Abrahamsen 1992, 293-303), Alemanha e Àustria (Arneitz; Draxler; Rauch; Leonhardt 2014, 1-7), podessen utilizar era agulha imantada. En encastre arquitectonic non auem pas notícies de hònts enquia Lorenz Lechler (c. 1460- c. 1538), qui, enes instruccions entath sòn hilh, *Unterweisung für seinen Sohn Moritz* (1516), oriente eth còr damb ua bossòla Frankl 1960, 916). Tanben era *Lettera di Raffaello d'Urbino a Leone X* (1519) de Raffaello Sanzio (1483-1520) *della forma e misura propria della bussola della calamita* (Visconti 1840, 15-35). Damb açò se mènque era linha meridiana. Establim coma metòde (M<sub>11</sub>) per èster documentada ena Euròpa deth sègle XII<sup>14</sup>. Es metòdes traçaràn era linha meridiana N-S o era equinocciau E-O (Taula 9).

Metòde (M<sub>i</sub>). Vitruvio (c.80- 20 aC), *De architectura* (Vitr,LI.VI.6), recuelherà dus metòdes entà traçar era ròsa des vents. Eth prumèr mejançant un gnomon, qu'es grècs apèren *Sciothiras* ena edicion Miguel de Urrea (1582), e ena de José Ortíz y Sanz (1787) *sciatheras*. Se ditz que trace, sus era ombra produsida peth gnomon, ua circonferéncia sus era que mènque un punt peth maitin (S<sub>1</sub>). En arribar eth vrèspe, e quan era ombra deth madeish gnomon coïncidisque damb era madeisha circonferéncia, se mercarà un aute punt (S<sub>2</sub>), se determinarà era bisectritz entre andús punts (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>) e eth centre dera circonferéncia. Aquesta linha mènque eth septentrion, eth *cardus roman* (Figura 26).

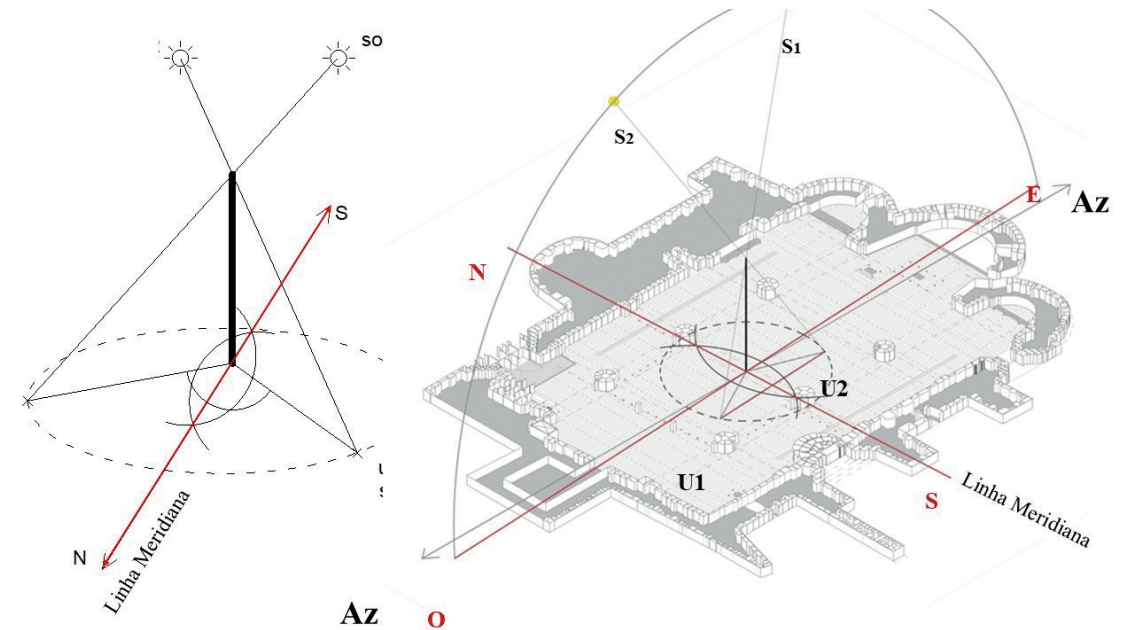


Figura 26. Metòde traçat (M<sub>i</sub>) orientacion meridiana. Marco Vitruvio Polión (c.80- c.20 aC) Entath replanteg de Santa Maria d'Arties [34]

Metòde (M<sub>2</sub>). Vitruvio (c.80- 20 aC), *De architectura* (Vitr, LI.VI.12), se determine a traùs dera projeccion de tres ombres, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> y S<sub>3</sub>. La (S<sub>1</sub>) serà er mèis alongada e era mes propèra a meddia (S<sub>3</sub>) era mèis cuerta. Se construïssen tres triangles rectangles damb era mieja des ombres (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> y S<sub>3</sub>). En tot abàter era ombra (S<sub>3</sub>) der extrem deth gnomon sus es ombres (S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>), se determinen dus punts (1', 2'). Per aguesti dus punts (1', 2') se trace ua rècta, e ua auta, damb es extrems des (1', 2'). Era interseccion d'aguestes dues rèctes determine un punt (3') que, unit ara dera ombra mèis propèra tà meddia (S<sub>3</sub>), determinarà eth *decumanus*, era linha equinocciau (Figura 27).

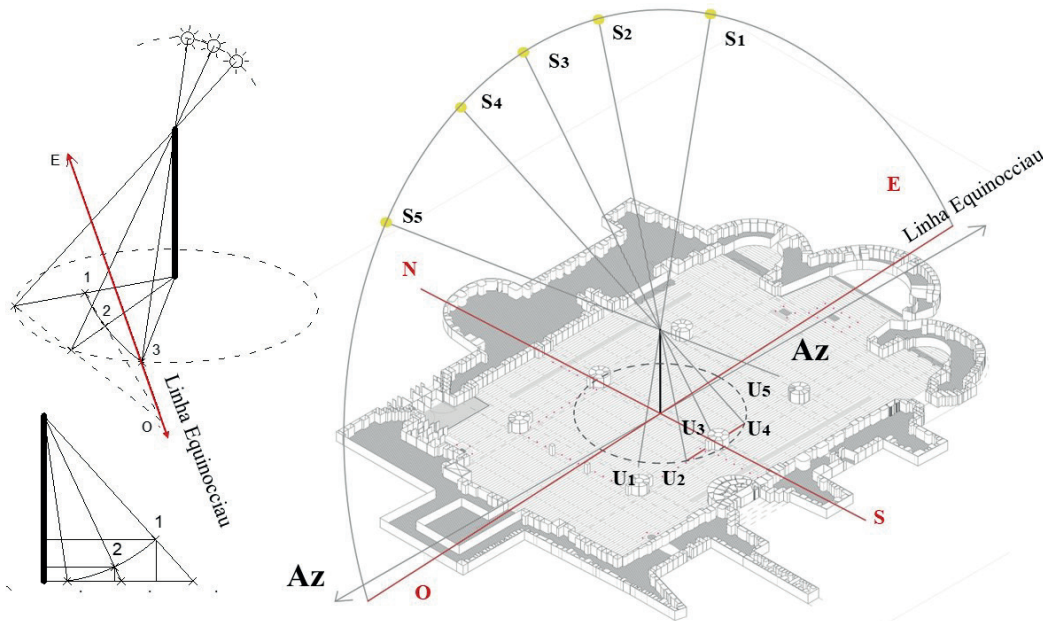


Figura 27. Metòde traçat (M<sub>2</sub>) orientacion equinocciau. Marco Vitruvio Poliòn (c.80- c.20 aC) entath replanteg de Santa Maria d'Arties [34]

Metòde (M<sub>3</sub>). Higinio Gromático (c. 100), *De limitibus constituendi* (La. 166-208) [65], recorrís ath solei gessent entà determinar eth *cardus* e *decumanus*, en tot fixar-se coneishent es equinòccis, mèis enes autes situacions se pòt indusir a error. Ditz: *aut forte cierunt errorem et neglexerunt, ei contenti tamen regioni ortum et occasum demetiri*. (La. 182-183). Tanben se referís ad açò Sexto Julio Frontino (c. 30-104) en sòn *De limitibus constituendis; Postesta hoc ignorantes non nulli secuti; ut quídam agri magnitudinem, qui qua longior erat, facerunt decumanum et quídam ortum spectant* (La. 29). Era construccion ortogonau deth *cardus* e *decumanus* que s'emplegue entà ciutats e castres, se realitzarà atau, damb er èish equinocciau. En aguesta tesitura, tesitura Higinio Maior (fl. 98-102) en *De limitibus* (La. 108-112), a on eth traçat des camps damb eth *decumanus* maxim, d'Èst -Oèst, e eth *Cardus* maxim Nòrd-Sud, ditz que s'an de gravar es hites *duodrantaus* en tot guardar entà occident ena part superiora d'aguesti, ath còp qu'eth primèr *decumanus* ara esquèrra s'a de gravar en tot guardar entà orient. Mès non especifica pas com posicionar-se damb respècte ath solei d'orient (Blume; Lachman; Rudorff 1848, 166-208). Metòde (M<sub>4</sub>). Higinio Gromático (c.100), *De limitibus constituendi* (La. 188), se fixe er èish meridian mejançant era ora sèxta; *Optimum est ergo umbram hora sexta deprehendere et ab ea limites inchoare, ut sint semper meridiano ordinati*. Damb eth traçat dera groma arringlerada damb eth solei de meddia, quan era ombra projectada d'un còs ei era mèis petita, se determine era linha meridiana deth *cardus*.

Metòde (M<sub>5</sub>). Higinio Gromático (c.100), *De limitibus constituendi* (La. 188-189), de Higinio Gromático, ei similar ath de Vitruvio (M<sub>1</sub>). Ditz traçar un cercle en un lòc planèr deth solèr, quan era senhau deth *sciotherum* entre en cercle dempús dera gessuda deth solei, se senhale aguest punt (S<sub>1</sub>), e dempús, se torne a anotar eth punt (S<sub>2</sub>) quan era ombra coïncidís un aute còp damb era figura. Aguesta linha (S<sub>1</sub>- S<sub>2</sub>) se dividís en dues parts sus eth cercle ath quau dirigim eth *cardus*, ei a díder, era linha meridiana de (N-S).

Metòde ( $M_6$ ). Higinio Gromático (c.100), *De limitibus constituendi* (La. 189-181), ei un metòde similar ath Metòde ( $M_2$ ) de Vitruvio. Partís de tres ombres ( $S_1, S_2, S_3$ ) d'un *gnomonem*. En tot abàter era mès propèra ath meddia ( $S_3$ ), sus es autes mès longues ( $S_1- S_2$ ). Se determine ua linha d'aguestes projeccions sus es linhas ( $S_1- S_2$ ), ua auta linha damb er extrem des ombres majors ( $S_1- S_2$ ). Es dues linhas s'amassen en un punt qu'ath sòn torn ei unit ar extrem dera ombra menora ( $S_3$ ), en tot determinar atau er alinhament dera groma de forma equinocciau (Guillaumin 2005, 240-241).

Metòde ( $M_7$ ). Gisemund (c. 880), *Ars gromatica siue geometria Gisemundi* (Andreu 2012, 49-123). Recomane, atau com es gramatics classic, de préner era ombra dera ora sèxta ordenada peth meridian, com eth metòde ( $M_4$ ) de Higinio Gromático. Eth utilize eth metòde dera ombra e era sua translacion ath torn d'ua circonferéncia de referéncia. Dempús dera gessuda deth solei i a ua ombra alongada ( $S_1$ ), ua de mès curta ( $S_2$ ) e ua auta de mès curta ( $S_3$ ), ombra que tire entar interior deth cercle. Posteriorament contacte sus era circonferéncia ( $S_2, S_4$ ) e formen era linha equinocciau sus era quau s'apuarà era groma (Figura 28.a).

Método ( $M_8$ ). Gisemund (c. 880), *Ars gromatica siue geometria Gisemundi*, determine eth metòde a traucs de dues ombres fòrça propères. Pren es dues mèrques de referéncia ( $S_1, S_2$ ) de dues ombres que ditz que pòden èster observades en esquaire. Un còp examinades es longituds, egale era mès longa ( $S_1$ ) damb era longitud dera mès curta ( $S_2$ ), damb ua senhau (1'). Ditz amassar er extrem dera ( $S_2$ ) damb (1') e resòlver damb era groma er alinhament des senhaus. Non aclare pas exactament er alinhament. Semble ua derivacion deth metòde des tres ombres de ( $M_2$ ) e ( $M_6$ ).

Es dues prumères mèrques ( $S_1, S_2$ ) formen era linha equinocciau (Figura 28.b).

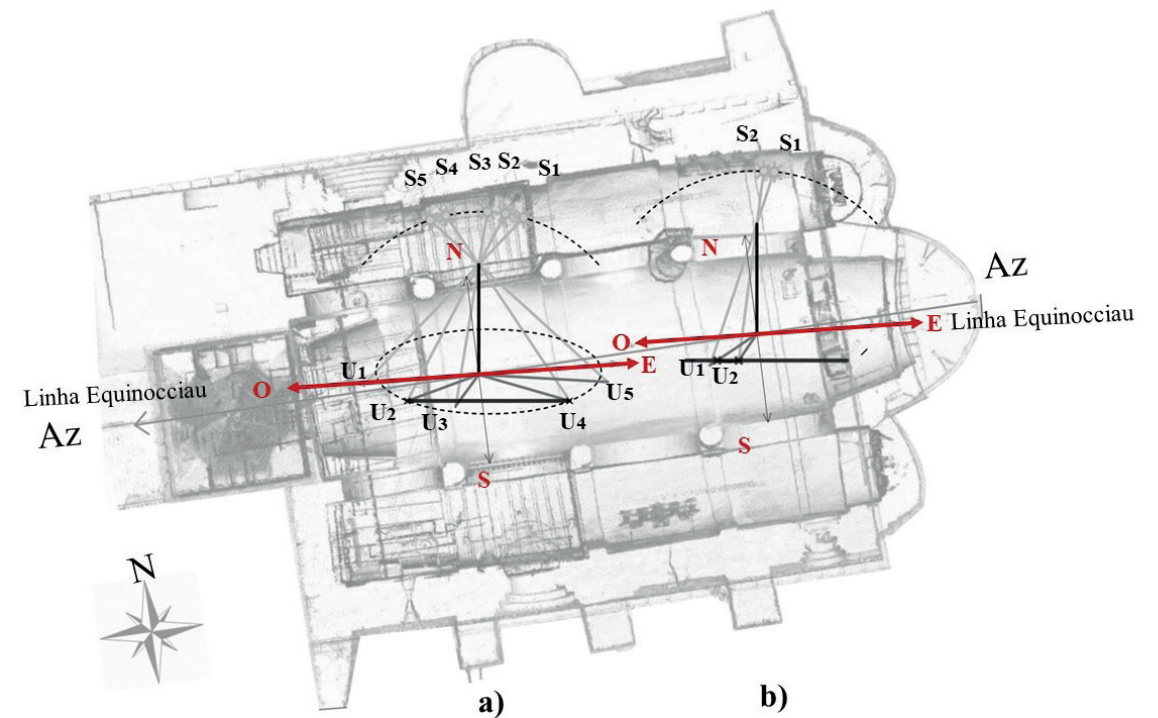


Figura 28. Ars gromatica Gisemund (c.880) entath replanteg de Santa Maria d'Arties [34].

a) Metòde equinocciau ( $M_7$ ); b) Metòde equinocciau ( $M_8$ )

Metòde ( $M_9$ ). Apocrifa de Gerberto d'Aurillac (938-1003) *Geometria Incerti Auctoris* (Bubnov 1899, 363-364). *Quot stadia in terris respondeant Zodiaci partibus*, en d'auti manuscrits apareish tanben coma proposicion *Ad inveniendam terres magnitudinem*. Ath finau dera proposicion, a on nomena a Eratostenes (276 aC - 194 aC), entà trobar es dimensions dera Tèrra, se tròbe un metòde parièr as de Vitruvio, ( $M_5$ ) de Higinio el Gromático e ( $M_7$ ) de Gisemondo.

Metòde ( $M_{10}$ ). Apocrifa de Gerberto de Orlhac (938-1003). *Geometria incerti auctoris*. Proposicion *Alia ratio meridianum describendi*, metòde parièr ath ( $M_2$ ) de Vitruvio.

Metòde ( $M_{11}$ ). Emplec dera bossòla (c. 1200). Se coneish era existència dera pèira imantada documentada ena navegacion europèa deth sègle XII, qu'es marinèrs nordics aperauen *Leidarstein*. Alexander Neckam (1157-1217) namente un petit esturment parièr e Guiot de Provins (c. 1150-c. 1208) parle de *pierre laide et brunette* (La Roncière 1897, 394-409). Se'n suggerís er emplec dejà en Mesoamerica Era cultura Maia e es indis Olmec cambièren simultanèament es alinhaments des bastisses en lòcs desparièrs, damb çò que s'a plantejat qu'aguesti aueren un metòde entà determinar eth nòrd magnetic (Fuson 1969, 494-512). Se discutís era primacia dera pèira imantada entre America e China (John 1975, 753-760). Era orientacion mejançant era geomància (feng shui) siguec utilizada enes hòsses des antics caplòcs chinesi de Xi'an e Luoyang dera dinastia Han (206 a.C.-220) (Charvátová; Klokočník; Kolmaš; Kostelecký 2011, 159-174).

## 7. PRECISION E ESTURMENTACION DES METÒDES D'ORIENTACION

Entà determinar era precision analisam eth procès e numèro d'operacions geometriques que cau entà determinar er alinhament dera bastissa sacra. En cas de Vitruvio (c.80- 20 aC), eth metòde ( $M_1$ ) *De architectura* (*Vitr, LI.VI.6*) que determine era orientacion meridiana a trauès de dues ombres e qu'era sua execucion a de besonh sies operacions geometriques (figura 29).

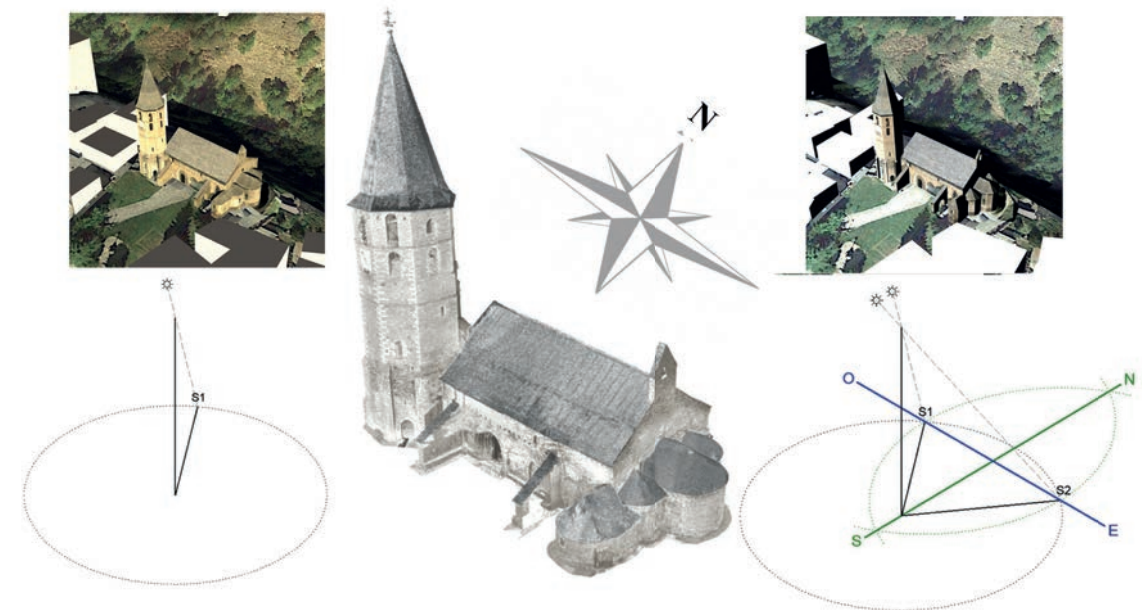


Figura 29. Marco Vitruvio Poliòn (c.15 aC), Metòde ( $M_1$ ). Sant Andreu de Salardú [37]. Equinòcci (2018), S1 8:45 h, S2 15:15 h GTM (Google Earth Pro)

Eth metòde ( $M_2$ ), en *De architectura* (*Vitr, LI.VI.12*), que determine ua orientacion equinocciau mejançant tres ombres damb ua execucion de quinze operacions geometriques (Figura 30) (Lluís i Ginovart; Lluís-Teruel; Ugalde -Blázquez 2021, 433-451).

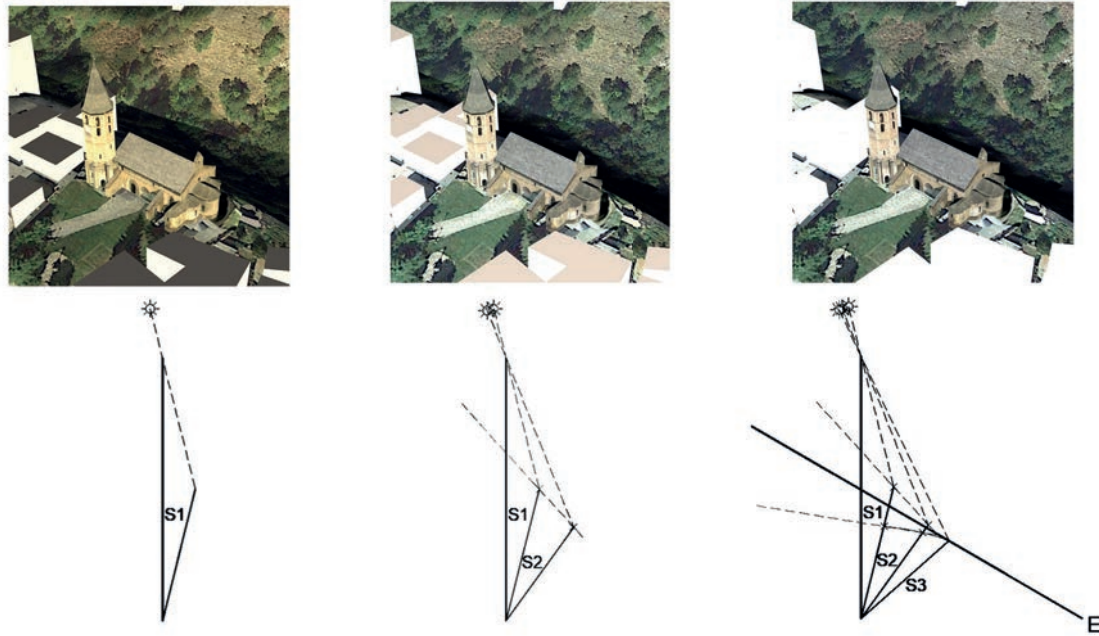


Figura 30. Marco Vitruvio Polión (c.15 aC), Metòde ( $M_2$ ) Sant Andreu de Salardú [37]. Equinòcci (2018), S1 8:45 h, S2 10:00 h, S3 11:00 h GTM (Google Earth Pro)

De Higinio Gromático (c.100): Eth metòde ( $M_3$ ), en *De limitibus constituendi* (La. 166-208), que determine ua orientacion meridiana mejançant un procediment d'observacion dera *ora prima*. Eth metòde ( $M_4$ ), en *De limitibus constituendi* (La. 188), que determine ua orientacion meridiana mejançant observacion pendent era *ora sèxta*. Eth metòde ( $M_5$ ), en *De limitibus constituendi* (La. 188-189), que determine ua orientacion meridiana a traucès de dues ombres damb ua execucion de sies operacions geometriques, parièr ath ( $M_1$ ). Eth metòde ( $M_6$ ), en *De limitibus constituendi* (La. 189-191), que determine ua orientacion equinocciau mejançant quinze operacions geometriques, parièr ath ( $M_2$ ).

Es metòdes apocrifs de Gerberto, del *Geometria Incerti Auctoris* (c.1000) son: Eth metòde ( $M_9$ ) parièr ath ( $M_1$ ) de Vitruvio, ath ( $M_5$ ) de Higinio el

Gromático e ath ( $M_7$ ) de Gisemundo; e eth metòde ( $M_{10}$ ), parièr ath ( $M_2$ ) e ath ( $M_6$ ).

Eth metòde ( $M_7$ ) de Gisemundo recomane de préner era ombra meridiana pendent era ora sèxta. Aguest metòde determine ua orientacion equinocciau a traucès de dues ombres. Era sua execucion requerís quate operacions geometriques (Figura 31.a). Eth metòde ( $M_8$ ) de Gisemundo determine eth traucèt mejançant dues ombres fòrça propères ath meddia damb ua orientacion equinocciau mejançant dues ombres a traucès d'un procediment esturmentau qu'era sua execucion a de besonh dues operacions geometriques (Figura 31.b).

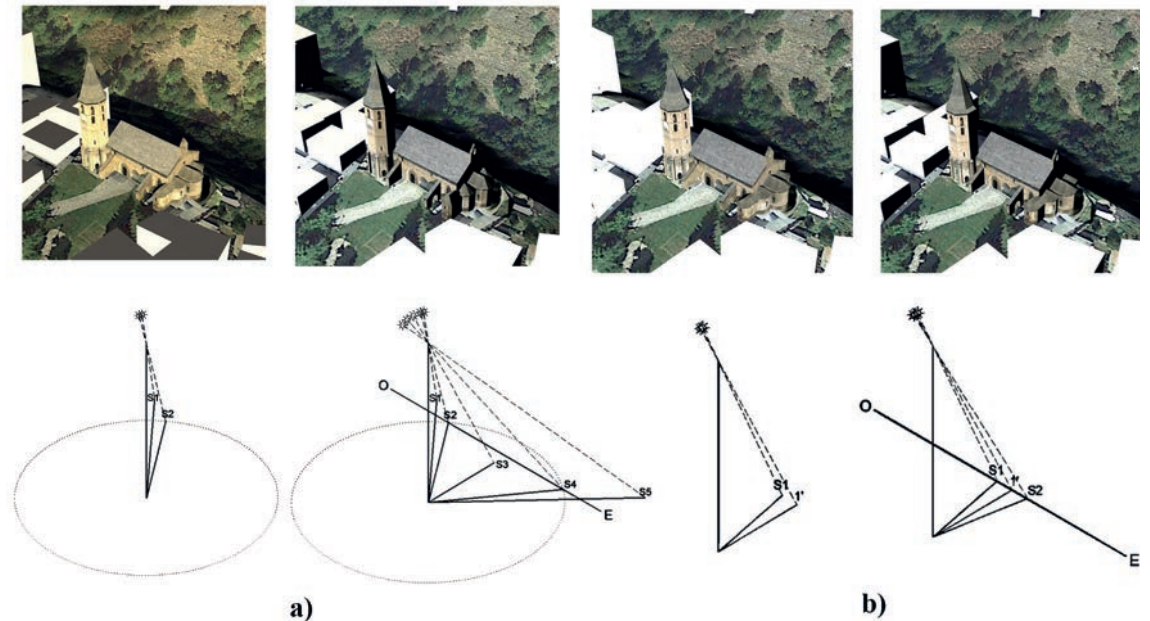


Figura 31. *Ars gromatica* Gisemundo, c880: Sant Andreu de Salardú [37]. Equinòcci (2018), S1 11:00 h, S2 13:00 h, S1' 12:00h GTM (Google Earth Pro); a) Metòde  $M_8$ ; b) Metòde  $M_9$

Cau planteja-se tanben er emplec dera bossòla (c. 1150) ( $M_{11}$ ), que determinarà ua orientacion meridiana a traucès der alinhament d'ua agulha imantada e es cambis deth Nòrd magnetic. Per çò que tanh ara bossòla, ena actualitat s'establís un desviament respècte ath Nòrd



vertadèr de [+0°,51'E; +0°, 55' E] o damb un error [ $\pm 0^\circ 21'$ ] e damb ua translacion anau enquiath Èst de (0°10'). Ena epòca dera datacion d'aguestes glèises, era correccion a realizar deth Nòrd vertadèr serie en interval[+16°; +22°]. Ei a díder, era declinacion magnetica des sègles XI e XIII serie en un interval de [16° - 22°], per çò que resulte fòrça improbable.

Es traçats esturmentaus ( $M_1, M_5, M_7, M_9$ ) vien determinadi a compdar de dues ombres, ua premeridiana e ua auta pòstmeridiana, que se projècten sus ua circonferéncia entà garantir qu'es sues longituds siguen pariones. Se distinguissen en que Vitruvio prenerà era prumèra ombra cinc ores abans de meddia, de faïçon que determine eth radi dera circonferéncia e genèr un cercle de gran diamètre, per çò qu'eth gnomon podie èster de pòca magnitud. Enes auti metòdes se trace prumèr era circonferéncia e se demore as moments en qué era ombra entre e ges dera madeisha. Un còp trobadi es dus punts, se presenten naues variacions: Vitruvio ( $M_1$ ) realize ua decusacion que junherà ath centre dera circonferéncia entà determinar atau eth meridian; atau tanben Higinio ( $M_5$ ), mès a compdar deth punt miei dera rècta que resulte de júnher andús punts, damb un marge d'error deth ( $e_{M1,5} = 0,15\%$ ). Eth mès senzilh ei eth metòde ( $M_7$ ) de Gisemundo, qu'amasse dirèctament es dus punts entà determinar er èish equinocciau, podent auer un marge d'error en sòn traçat ( $e_{M7} = 0,23\%$ ) menor as mèto des  $M_1$  y  $M_5$ . Pera sua part, eth metòde ( $M_8$ ), basat en dues ombres fòrça propères ara ora sèxta, poderie resultar encara mès senzilh, donques se base sonque en júnher es extrems des dues ombres propères de longituds equivalentes. Totun açò, ei imprecís en èster eth traçat damb eth màger marge d'error ( $e_{M8} = 0,46\%$ ) de toti es metòdes. Es traçats esturmentaus ( $M_2, M_6$  y  $M_{10}$ ) utilizen tres ombres entà determinar era orientacion mejançant procediments geometriccs complèxes, per çò que pera sua esturmentacion de quinze operacions les portarie a ua tolerància fòrça menora ( $e_{M2,6,10} = 0,06\%$ ).

Entà determinar es possibles esturments entà traçar era orientacion, auem referéncia dera *groma*, era *metae*, eth *signa* e *perpendicularis* referides per Frontino en *De arte mensoria* (Thulin, C. (1913, 15-19) e era *Limitis repositio* de Nypsius (La. 286). Era *groma* (Blume; Lachman; Rudorff 1852, 336-349), (Adam 1982, 1003-1019), coneishuda a trauès dera lauda sepulcrau de Aebutis Faustus ena Val d'Aòsta (Rossi 1877, 156-165) e era deth agrimensor Verus de Pompeya (Dilke 1979, 41-42), ère compausada per ua barra de subjeccion *ferramentum* en solèr, d'a on se tenguie ua alidada formada per dues varetes perpendiculars *corniculae*, des quaus penjauen quate hius, *fila* o *nerviae*, damb es sues respectives plomades, *pondera* e ua auta centrau ena *corniculae*, nomentada *perpendicularum* en tot apuntar eth *umbilicus soli* (Roth 1996, 299-422). Totun, aguest esturment non apareish pas enes *Originum sive etymologiarum libri viginti* (c.630) d'Isidoro de Sevilla e, per aguesta rason, era pervivéncia der esturment enes sègles (IX-XIII) ei dobtosa. Eth sistèma operatiu entà replantegi en *De limitibus constituendi* Higinio Gromático s'execute; *lineam autem per metas extendemus et per eam ad perpendicularum cultellabimus* (La. 192), en tot esténer ficèles entre balhon e balhon e en tot tirar sus eth ua plomada. Parièra expression en *De limitibus* de Frontino, *pertice aequilite ad perpendicularum cultellare debemus, tum ad permensum rigorem extendere lineam* (La. 33-34) (Guillaumin. 2015, 9-34). Er emplec dera ficèla apareish enes enciclopedistes cristians, o ben era ficèla, *linea* (Etym. XIX.18.3) enes *De instrumentis aedificiorum* enes *Etymologiarum* (XIX.18), era *regula*, règla (Etym. XIX.18.2) (*De. Uni.* XXI.11), e eth *circinus*, compàs (Etym, XIX.19.10) e er esquaire, *norma*, (Etym.XIX.18.1).

En manuscrit (BnF. ms. fr. 190093) de Villard de Honnecourt (c.1175-1240), ena part dedicada ara geometria (fol.20r-fol.21r) (Erland-Branderburg 1991, 39-41) i apareishen enquia quate representacions d'esquaires (Lam. 39, f, g, p), (Lam. 40, k); compàs (Lam. 39, a, b, d, q) (Lam. 40, b, c), (Lam. 41, d); regla (Lam. 39, d, p), (Lam. 39, a). En (fol. 14v. Lam. 27) de Villard. *Vesci une glize d'esquarie, ki fu esgardée a faire en*

*l'Ordene de Cistiaus*, a on genèr eth sòn temple cistercenc a compdar d'ua trama de carrats capabla de créisher longitudinaument. Ena edicion critica der arquitecte J.B.A. Lassus (1807-1857) (Lassus 1858, 113-120) se mòstre era estranhesa dethh modèl dera absida quarrada, çò que poderie èster ua manèra de replantar parièraa ara tecnica dera *varatio* de Nypsius, a manèra d'un traçat regulador ortogonau esquairat (Rossi. 2012, 135-139). Ua auta referéncia d'aguest autor ei era referéncia deth *Fluminis varatio* en referéncia ath *Pa[r] chu prent om la largace d'one aive sens paseir* (fol. 20 r, fig. 39, l) (Bechmann 1991, 154-155).

Es esquaires apareishen en *Timaeus* de Platón (c.429-437 aC), a on eth triangle rectangle escalen ( $30^{\circ}$ - $90^{\circ}$ - $60^{\circ}$ ) se genèr a compdar der equilatèr (*Tim.* 54,d-e) e eth carrat a compdar der isoscèles (*Tim.* 55,b) (Lisi 1997,125-261). Aristotil (384-322 aC) lo definirà, en *Metaphysicorum*, a compdar der arc capable (*Met.* L.IX, 10, 1051<sup>a</sup>, 25-30) (García 1998, 492-493), mès serà Euclides (326-265 aC) qui demostrarà eth teorèma deth triangle rectangle enes sòns *Elementa* (L.I. 47) (Heath 1908, 3, 349-368). Vitruvio recorrerà a Platon en tot definir eth carrat de costat 10 damb es sues diagonaus e era tèrna Pitagorica (3, 4, 5) (*Vitr.* L.IX) Cetio Faventino (f. 350) recuelh er esquaire coma principi dera proporcionalitat (2, 2, 2+ 10/12) (*Fave.* XXVIII).



Figura 32. Berand Boysset (1355-1415) *La siensa de atermenar* (1401); a) (fol. 216 r); b) (fol 218 r); c) (fol 218 r)

Ua referéncia tardiua entara execucion de replantegi poderie èster *La siensa de atermenar* (1401) de Berand Boysset (1355-1415) escrita en lengua occitana, *Siec si aysi con si ni per qual maniera tot bon atermenador deu atermenar ni si deu governar ni conoiser d'un terme ni d'aquel declarar ni de sos aguachons con si los deu pauzar ni a qual part. Laqual declarasion e la siensa e los quapitols d'atermenar s'en siegon e son aytals* (CBM 327, fol. 60r). Eth tèxte dedicarà ua part ara construccion der esquaire, bastit damb règla e compàs compàs (CBM. 237, fol. 216 r) (Figura 32.a) e ua auta sense esturments (CBM 327, fol. 218 r, fol 220 r) (Figura 32.b, c) (Lluís i Ginovart 2016, e132). En madeish tractat i a operacions d'aplat *perpendicularum* (Figura 33.a). (CBM. 237, fol. 143 v) o alineacion *extendere linean* enes tèrmes dera agrimensura romana (CBM. 237, fol. 251 r) (Portet. 2004,221-231) (Figura 33.b). es metòdes operatius un còp desapareishuda era groma e er esquaire optic de Heron d'Alexandria c.20-62) (Schoene1903, 192-193) se redusiren ath *cadrim* (CBM 327, fol. 269 v)<sup>15</sup> (Figura 33.c).

## 8. ETH CONEISEMENT GONIOMETRIC DE RIPOLL



Figura 33. Berand Boysset (1355-1415) *La siensa de atermenar* (1401); a) (fol. 143 v); b) (fol 251 r); b) (fol 269 v)

Rudolf Beer (1863-1913) dèc era prumèra referéncia der *Ars gromatica Gisemundi* ( $M_7$ ,  $M_8$ ) de Gisemundo en *Die Handschriften des Klosters Santa Maria de Ripoll, I* (1907), en tot reconéisher era singularitat d'aguest tractat d'agrimensura (fol. 76-86) (Beer 1907, 65). Siguec difondit en Catalonha en *Bolletín de la Real Academia de Buenas Letras de Barcelona* (1910) (Beer; Barnils 1910, 49-50) mès siguec Carl Olof Thulin (1871-1921) qui l'introdusic laguens deth *Corpus agrimensorum Romanorum* (Thulin 1911, 87). Eth manuscrit siguec tanben estudiat e editat en part per Josep Maria Millàs Vallicrosa (1897-1970) (Millàs 1931, 327-335). Der *Ars gromatica Gisemundi*, qu'es sues origines codicologiques se placen ena geometria de Pseudoboecio (s. VIII). Se'n consèrven dues còpies: eth

*Codex Parisinus* BnF 8812 (c. 800-833) dera França meridionau (110/097) e eth *Codex Riuipullensis* 106 (c. 850-900) deth cenòbi de Ripoll (118/096) (Toneatto 1995, 999-1112). Era sua part introductòria remet ara *Demonstratio artis geometricae* de Pseudo-boecio e a uns recuelhs deth *De limitibus* de Higinio Maior (fl. 98-102) (Toneatto 1982) e deth *Corpus Agrimensorum Romanorum*, a on i apareish era metodologia dera orientacion (fol.77r25-77v 10) (Andreu 2012, 58)<sup>16</sup>. Eth manuscrit *Ripollensis* de Gisemundo conten traci d'escritura visigotica. S'a identificat eth trabalh d'un agrimensor dera nauta edat mieja de hònts propères a Higinio Maior que, luenh d'èster un simple copista, coneishie es fondaments d'aguesta disciplina autan a nivèu teoric com practic. Ena òbra de Higinio Maior, i apareishen dus metòdes entà poder orientar elements (Lluis i Ginovart; Ugalde Blázquez; Lluis Teruel 2021, 2005-2014). Tot sembla indicar qu'eth metòde mès probable de replaneg des metòdes instrumentaus s'age realizat mejançant es metòdes dera ombra solara, en tot determinar ben a trauès dera linha meridiana o era equinocciau, pr'amor qu'es ipotèsis der emplec dera bossòla ( $M_{11}$ ), son incèrtes en aquera epòca, ja que cau arribar en Reneishement entà dispausar de hònts dirèctes. Es metòdes gromatics ( $M_3, M_4$ ) d'observacion dirècta deth solei, an ua precision relativa, autan entà determinar era nautada deth solei respècte ara gessuda, com era data d'observacion deth fenomèn.

Per un aute costat, eth metòde de Gisemundo ( $M_8$ ) non ei pas precis, ja qu'es ombres son fòrça propères e, per tant, er èish equinocciau presentarà desviaments. Dera analisi des metòdes geometricas, s'obsèrve qu'es mès simples e precisi que s'auessen podut utilizar entre es sègles (IX-XIII) son: eth ( $M_7$ ) de Gisemundo, eth mès simple pr'amor que sonque li calen quate operacions geometricas entà determinar era linha equinocciau. Es metòdes ( $M_1$ ) de Vitruvio, eth ( $M_5$ ) des gromatics y ( $M_9$ ) deth apocrif Gerberto d'Aurillac an de besonh de sies operacions geometricas damb eth compàs, mès s'eth traçat se realize en interval

anterior ara ora tèrça e posterior ara nòna, er angle suggerit pera projeccion solara permet ua bisectritz precisa, de manèra qu'era linha meridiana se pòt traçar damb fòrça precision.

Es metòdes ( $M_2$ ), ( $M_6$ ), ( $M_{10}$ ), respectivament de Vitruvio, de Higinio Gromático e de Gerberto d'Aurillac, que tracen er èish equinocciau, son de mès complexitat geometrica, pr'amor qu'es ombres son fòrça propères e es angles fòrça parièrs e, per tant, era precision geometrica en utilizar era apertura de compàs produsís mès error relatiu pes quinze operacions geometricas qu'a de besonh. Damb es traçat esturmentau des metòdes estudiadi se prepausa un error de (0.25 %), çò que represente apruprètz uns (0.25°). en foncion de cada operacion geometrica se determine qu'es mès senzilhs son es de Gisemundo ( $M_7, M_8$ ), traçadi damb sonque ua operacion e qu'eth sòn error ei laguens d'un reng [0°-1°], enes metòdes ( $M_1, M_5, M_9$ ), podem establir un error d'un interval d'entre [0°-1,5°], en tot qu'en traçat ( $M_2, M_6, M_{10}$ ) seriem en un error entre eth [0°-3.75°] (Tabla 9).

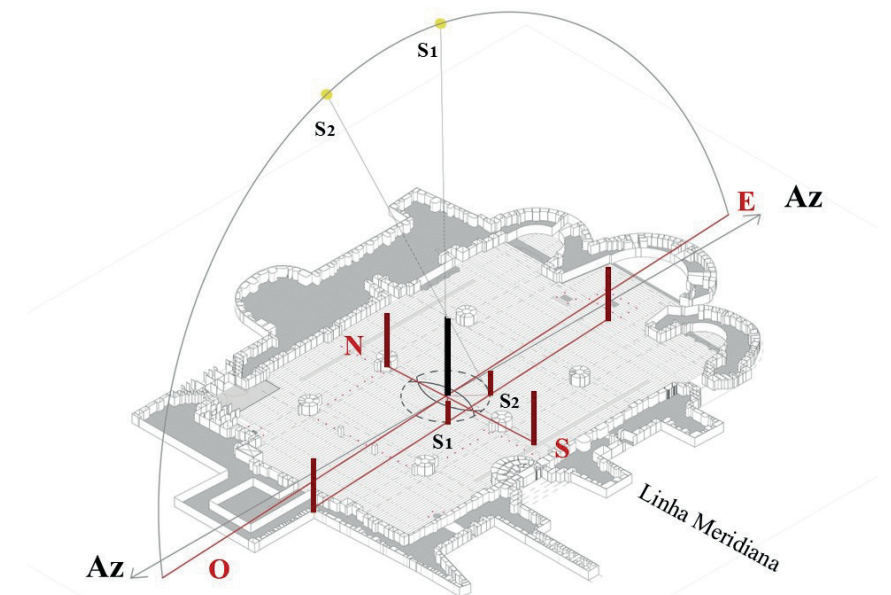


Figura 34. Metòde de replaneg de Santa Maria d'Arties [34]. ( $M_1$ ) de Vitruvio, ( $M_5$ ) Higinio Gromático ( $M_9$ ) der apocrif de Gerberto

Es mertòdes majoritàriament empregadi son ( $M_1, M_5, M_7, M_9$ ), replantejati a trauès d'ua ombra premeridiana e pòstmeridiana, en tot poder emplegar es esturments des *Etymologías* (XIX.18) de San Isidoro de Sevilla (c. 556-636) (Isidoro de Sevilla 2004, 1288-1290) e eth *De Universo* (XXI.11) de Rábano Mauro (c. 776-856) (Rabano Mauro 1864, Col. 564-565). Eth metòde mès senzilh e exacte ei eth metòde ( $M_7$ ), pr'amor que trace dirèctament er èish equinocciu apuat en piquet que hè de gnomon, en tot realizar un *extendere linean*, mejançant er emplec de piquets, e damb dues operacions geometriques dirèctes, com illustre *La siensa de atermenar* de Berand Boyssset (CBM fol. 251 r). Es metòdes ( $M_1, M_5, M_9$ ), un còp realizada dera biseccion der angle, e apuadi en jalon que hè de gnomon, s'aurà de marcar er èish equinocciu a trauès d'ua *pertice aequilite ad perpendicularum*, damb un plom (CBM 327, fol. 142 r.) e un esquire damb cinc operacions geometriques (Figura 24). Damb aquest procès de replanteg, mejançant es pèrgues e er esquire, e dempús deth prumèr traçat des ombres, s'aurà d'ahíger un error deth  $[0^\circ-1,25^\circ]$ . Damb tot açò poderam estimar entar azimuth d'ua orientacion d'aguesti sègles (IX\_XIII) uns errors relatius d'apruprètz  $[0^\circ-5^\circ]$ .

Entara execucion de çò qu'auem definit coma orientacion canonica (E-O) des litúrgies deth *Gemma animae* de Honorio d'Autun e eth *Mitralis de Officio* de Sicardo, bisbe de Cremona, eth metòde mès senzilh e precís ei eth de Gisemundo, que trace damb sonque ua operacion geometrica er èish equinocciu (Figura 35). Aquest èish ei eth madeish qu'eth dera bastissa sacra, per tant, era orientacion serie determinada damb un error totau de  $[0^\circ-1,5^\circ]$ , damb çò qu'er azimuth (A) serie entre  $[87,5^\circ-91,5^\circ]$ , per tant, damb un desviament der orde de quasi 2 dies. Es *ecclesiae ad orientem* sigueren replantejades mejançant ua ombra pre e pòst meridiana e traçades o ben sonque damb ua *extendere linean*, o ben

dempús d'aguesta, e mejançant *pertice aequilite ad perpendicularum*, damb un plom e un esquire marcar er èish equinocciu dera bastissa sacra.

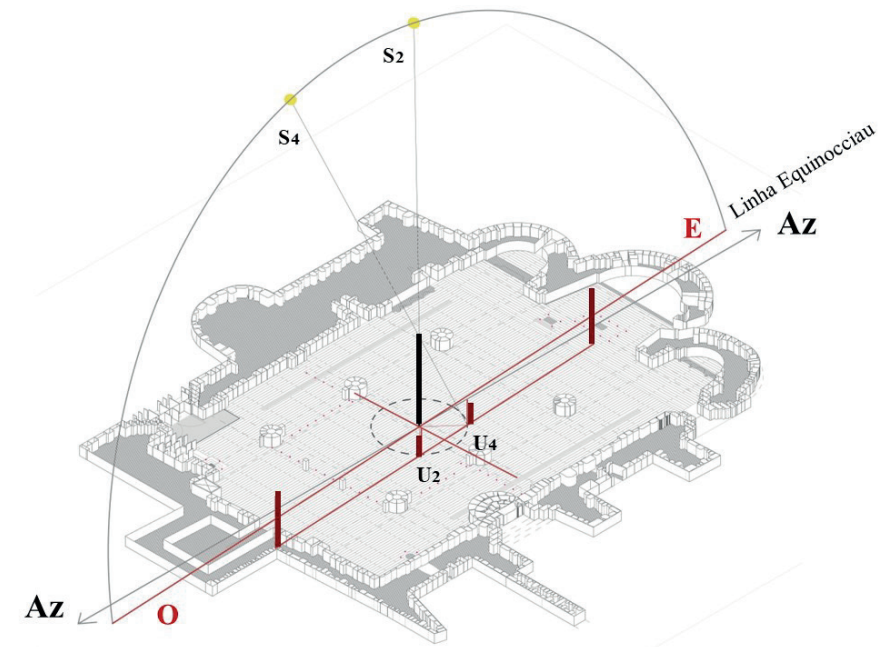


Figura 35. Ipotetic replanteg de Santa Maria d'Arties [34].  
Metòde de Gisemundo replanteg d'ua bastissa sacra *ad orientem*

Ua auta qüestion entà determinar ei quina ei era melhor epòca der an entà realizar es operacions de replanteg, que depeneràn dera innivacion dera Val e, per tant, dera nautada taquimetrica era glèisa qu'oscille entre es estudiades ena actualitat coma romaniques en interval  $[1421-660 \text{ m}]$  de Sant Fèlix de Bagergue [40] e Sant Blas de Les [4] encara qu'era antica glèisa dera Mair de Diu de Montgarri [42] ei plaçada a 1648 m. Per ua auta serie referida as sues coordenades geografiques ( $\lambda, \phi$ ). Era mès ath Nòrd ei Sant Blas de Les [4] ( $0^\circ,42'55''\text{E}, 42,48',48''\text{N}$ ), ath Sud Sant

Pèir d'Escunhau (0°49'30"E- 42°41'48"N) [31], ar Eèst Sant Fèlix de Bagergue Tredós [42] (0°54'55"E, 42°43'04"N), encara que serie Montgarri (0°59'41"E, 42°45'34"N), e ar Oèst era Mair de Diu dera Purificacion de Bòssost [6] (0°41'32"E, 42°47'08"N). Per çò que tanh ara prumèra qüestion, es donades dera estacion nivometeorologica automatica dera Bonaigua a ua nautada de 2266 m e orientacion Èst deth Serviç Meteorologic de Catalonha (UTM31N X: 334808 Y: 4723574), deth sector nivoclimatic, Aran-Franja Nòrd dera Palharsa, eth registre istoric (ETRS89) damb inici des mesures: 01/11/1997, s'obsèrve que, pendent er equinòcci de primavera, eth celh de nhèu acostume a èster ath maximum (Figura 36).

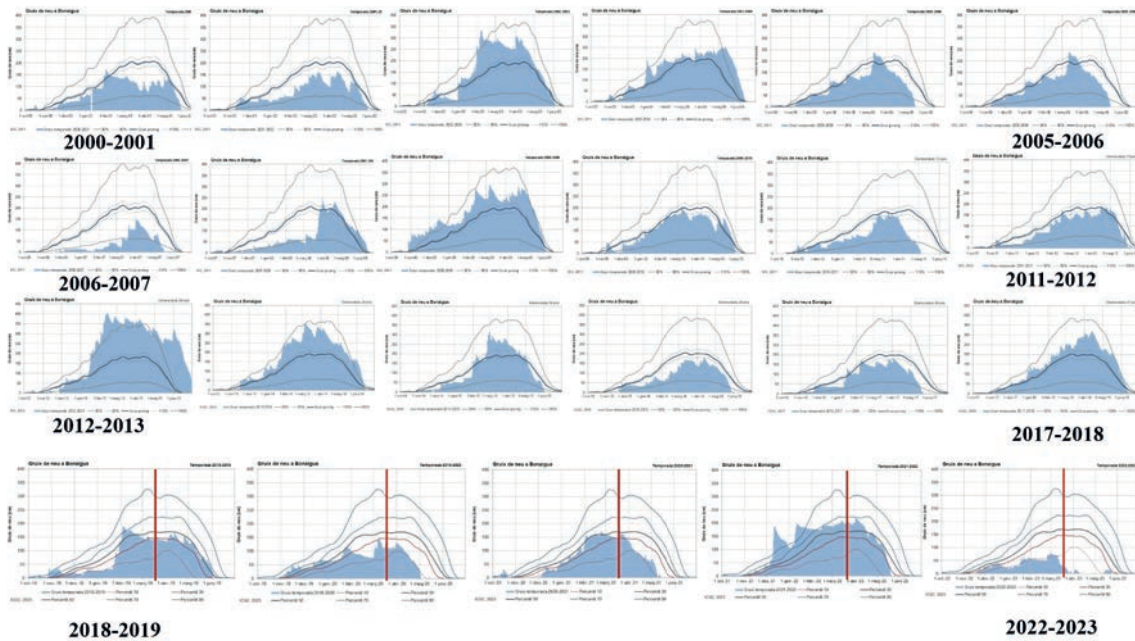


Figura 36. Registes nivometeorologics dera estacion dera Bonaigua (2266 m) deth Serviç Meteorologic de Catalonha. <https://www.icgc.cat/Administracio-i-empresa/Serveis/Perill-d-allaus-i-informacio-nivologica/Informacio-nivologica/InfoGruixNEU> (05-02-2024)

Per un aute costat, per çò que tanh ara periodicitat, auem ues grafiques setmanaus referides as dies de precipitacion (Figura 36.a) e era qualitat meteorologica des dies (Figura 36.b) facilitades a traùs deth portau que combine hònts de donades passades, presentes e futures de Snow-Forecast.com, que s'actualize periodicament. Eth periòde equinocciau de primavera ei propèr as maxims dera freqüència de precipitacion setmanau, qu'amendrís considerablament autan ena tardor com en solstici ivernau.

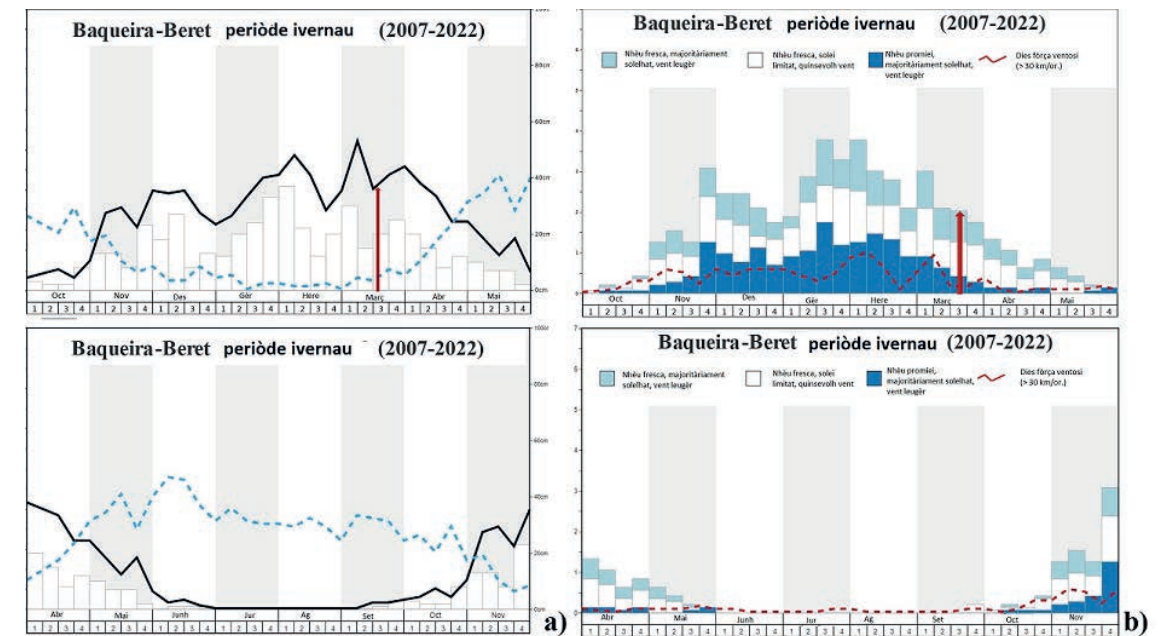


Figura 37. Registes nivometeorologics dera estacion de esquí de Baqueira-Beret (207-2022). <https://www.snowforecast.com/resorts/Baqueira-Beret/history> (05-02-2024)

Era dusau qüestion depenerà dera proporcion de gnomon e eth dia deth sòn traçat pr'amor qu'era projeccion dera ombra ven determinada enes *horologium pedum*. Se s'obsèrve era trajectòria solara e era descripcion dera projeccion sus un plan orizontau deth metòde ( $M_7$ ) de Gisemundo, (c.800), a era madeisha basa qu'es relòtges de solei azimuthaus. Era

epistola de Gerberto al *Frati Adae* (998) (Havet 1889, 135-136), coneishuda com *Epistola de horologiis duorum climatum ad fratrem Adam*, ei era prumèra referència dirècta ad aguest tipe de relòtges, e qu'era sua tipologia s'a conservat en pògui documents latins des sègles (XI-XIII) (Arnaldi 2008a, 31-40) (Figura 38), un shinhau posteriors ara òbra de Gisemundo e entre eri, eth mès antic, er (ACA 225, fol. 94r-97r) (s. XI) (Arnaldi 2012, 24-27).

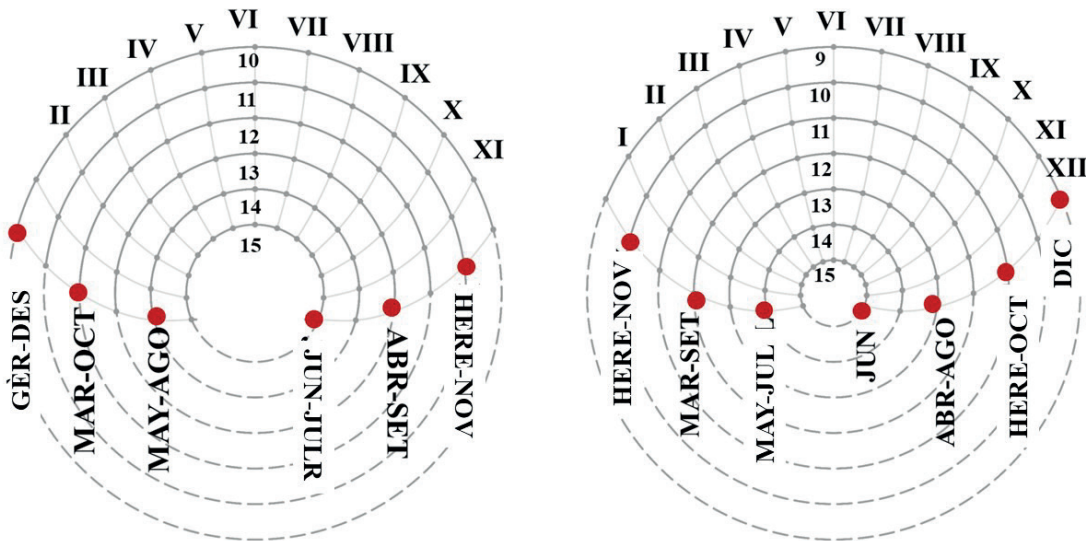


Figura 38. Description esturment orologic deth manuscrit (ACA 225, fol. 94r-97r) (s. XI) deth Monastèri de Ripoll

Eth manuscrit de Ripoll dispause dera construccion de dus modèla de relòtge d'azimutaus entà ua durada deth dia entre 9 e 15 ores e traçats

sus ua pèira planèra (Farré 1991, 35-37). Eth prumèr  $RIP_1$  ei format per sies circonferències concentriques e, descrits der interior estant, damb es mesi (junh-junhsèga) damb ua durada de 15 ore, enquiath cercle exterior (gèr-deseme) damb sonque 10 ores. Eth dusau  $RIP_2$ , dispause sèt cercles, eth prumèr deth mes de junh, damb 15 ores; eth dusau (mai-junhsèga) 14 ores; enquiath setau de deseme damb 9 ores, en tot dividir es figures en andús casi damb ua linha meridiana. Aguesta linha li permeterà d'orientar er esturment damb era ajuda deth oroscòp, o era estela Polara. Era metodologia grafica consistís en dividir eth dia deth mes representat en 24 parts, e a on se trigue en  $RIP_1$  eth cercle  $C_{1,1}$  en tot mercar ores  $H_{1,1} = 15$ , en cas deth  $RIP_2$  eth cercle  $C_{2,7}$ ,  $H_{2,7} = 9$ . Eth traçat a de besonh de cèrtes abilitats geometriques e aritmetiques ja que s'an de dividir es arcs de circonferències enes sues respectives ores. Atau er Arc  $A_{1,1}$   $H_{1,1} = 15$ , en 15 parts, er Arc  $A_{2,7}$   $H_{2,7} = 9$  en nau parts, e entad aquerò se supause damb era ajuda deth nomentat astrolabi (Figura 38).

Era propòsta metodologica deth relòtge azimuthau (s. XI) der occident latin ei fòrça parièr ara observacion des ombres que prepausa Gisemundo (s. IX). Atau, eth traçat d'aguesti relòtges depen dera latitud e, per aquerò, des ores diüernes, damb traçats entàs oraris d'entre entre [9-15 h.] y [6-18 h]. En bèri manuscrits sonque se mèrquen era ora prima, era tèrça e nòna, qu'indique precisament eth cambi de prètzhèts manuaus e era ora sèxta deth *Angelus* de meddia ( $U_{III}$ ), que represente eth principi deth prètzhèt maitiau e era ora nòna  $U_{IX}$ , quan comence eth trabalh deth vrèspe, son es que son mès separadi ena sua equidistaa dera ora sèxta ( $U_{VI}$ ), era ora de dinar, ja que formen entre eri un angle orari (h), propèr a  $[+45^\circ; -45^\circ]$ . Aguesti coneishements, posteriors ath (ACA 106), èren implicits ena observacion deth metòde [M7], ja qu'er angle ( $\omega$ ) des ombres [ $U_{III}-U_{IX}$ ], ei propèr a  $180^\circ$  e, per tant, permeten un alinhament optim. En tot utilizar ua metodologia experimentau, com ac podie auer hèt Gisemundo, entà determinar era orientacion deth metòde de ( $M_7$ ), e encara qu'eth tèxte deth (ACA 106) non suggerís ne era

instrumentacion, ne era construccion, en tot préner coma referéncia uns manuscrits posteriors entara construccion de quadrants der occident musulman (s. X-XIII), podem simular eth procés de construccion e d'observacion deth manuscrit de Ripoll. Prenem era descripcion de com, damb ua *balāta* (Martínez 2014, 163-169), gnomon, podem conéisher es ores deth dia, deth traçat deth quadrant deth *Kitāb al-hay'a* (s. XI) deth cordobés Qāsim b. Mutarrif al-Qattān (Casulleras 1993, 65-87). Eth procés indique era disposicion sus pèira trenda, atau com en (ACA 225), en tot bastir aquiua ua circonferéncia d'un pam de diàmetre e damb un gnomon en centre de miei pam ( $L_u$  1:  $L_g$   $\frac{1}{2}$ ), plaçat damb precision, e sense error d'inclinacion, a mès de tenguer-lo damb caudia entà que non se botge. Era rèsta dera descripcion ei fòrça parièra ara operativa de Gisemundo, mès en tot traçar era linha meridiana de Vitruvio.

Entara simulacion se construís ua circonferéncia de radi ( $R=1$ ) ( $L_u=1$ ), damb un gnomon de desparières proporcions, en tot utilizar eth sistèma proporcionau dera epòca, de mesura ( $L_g$ ). en tot utilizar era carrada (1:1), era sesquitàrça ( $1: \frac{3}{4}$ ), era sesquialtera ( $1:2/3$ ), era mitat ( $1:1/2$ ) e era quarta ( $1:4$ ), entàs coordenades des monastèri de Ripoll ( $42^\circ 12' 04''$  N-  $2^\circ 11' 27''$  E), en tot determinar es ombres ( $U_i$ ), entà ora mieja ( $h_i$ ),  $GTM=0$  entà facilitar era sua possibla reproduccion, encara qu'es resultats grafics non siguen simetrics sus er angle solar  $h=0^\circ$ . Des cinc ombres projectades que descriu eth metòde, dus s'intersequen damb era circonferéncia, era prumèra ( $U_2$ ) en ora premeridiana ( $h_2$ ), e era auta ( $U_4$ ), postmeridiana ( $h_4$ ), en tot formar un angle orari ( $\omega$ ) (Taula 10).

Es resultats grafics dera aplicacion deth metòde de Gisemundo se determinen entara ora mieja, representada per (12) ena figura, en tot plaçar era ora locau sus era perpendicular des ombres ( $U_2-U_4$ ) er angle solar locau  $h=0^\circ$  ena figura (VI), permeten de determinar qu'es gnomons nauti, de proporcion (1:1), an mès precision geometrica en solstici d'ostiu, pr'amor qu'en aguesta sason der an es ( $U_2-U_4$ ) arriben a auer un angle ( $\omega$ ) =  $180^\circ$ . Damb aguesta proporcion non poderiem pas utilizar eth metòde en solstici d'iuèrn (Figura 40). Es der interval de mida mès cuerta [3:4, 1:2], faciliten era utilizacion enes equinòccis, encara que tanpòc serien utils entà traçar-les en solstici d'iuèrn e es sòns dies propèrs, a on mos calerie minimum un gnomon entre es proporcions experimentades de proporcion (1:4), 0,25 ena taula 5, que traçarrien dus punts propèrs ara linha meridiana damb un ( $\omega$ ) =  $165, 68^\circ$ , damb çò qu'es gnomons cuerti son mès efectius enes solsticis d'iuèrn. Es traçats optims (E-O) entath monastèri de Ripoll se produsisen quan er alinhament des ombres ( $U_2-U_4$ ), damb un angle ( $\omega$ ) =  $167, 28^\circ$ , fòrça propèr ar angle orari ( $h$ ) ( $+45^\circ, -45^\circ$ ), que representen es ores canoniques (III-IX), se produsissen damb era proporcion de (2:3) enes equinòccis.

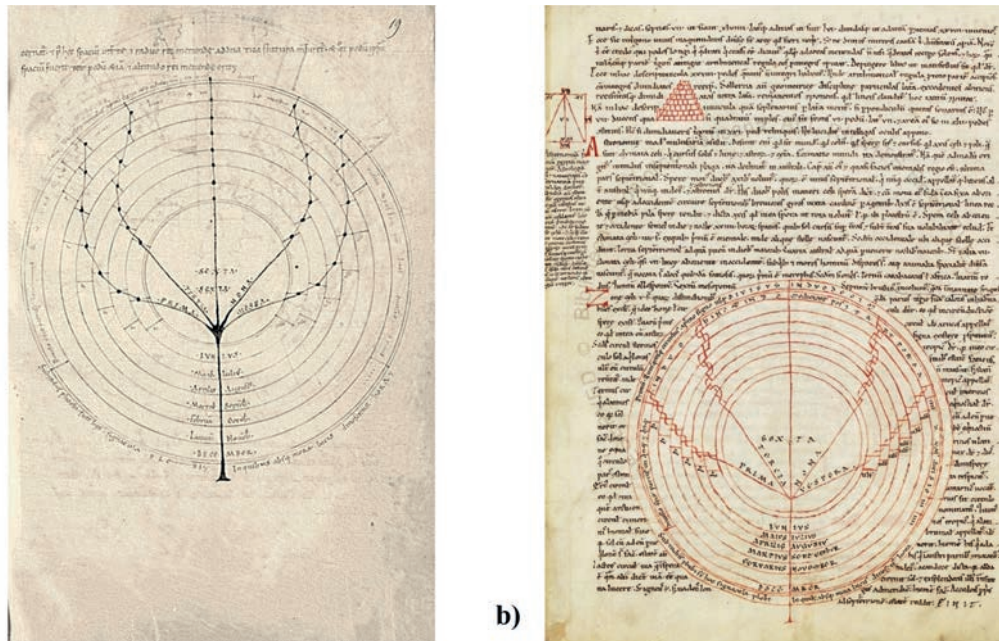


Figura 39. Manuscrits de relòtges azimuthaus; a) Paris, BnF Lat. 7412, f.19 r. (s. XI-XII); b) Vaticano, Bibl. Apost. Vat., Lat. 3101, f. 6v. (s XIII).



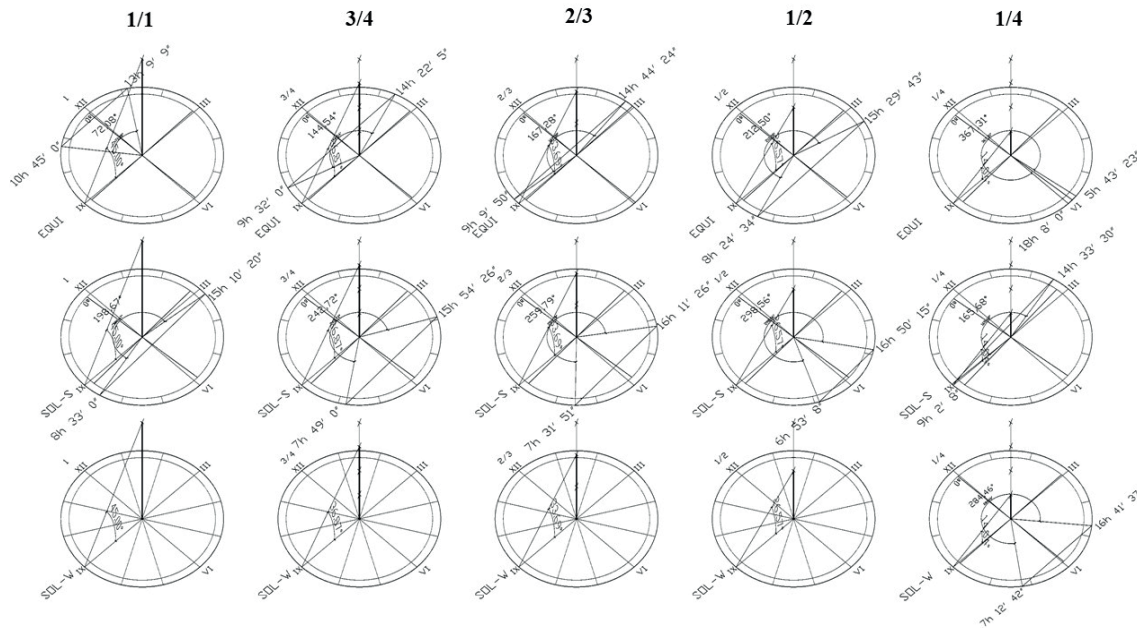


Figura 40. Aplicacion deth metòde de Gisemundo (M7), enes equinòccis solsticis entà desparières longituds de gnomons Monastèri de Ripoll ( $\lambda = 2^\circ 11' 27'' E$ ;  $\varphi = 42^\circ 12' 04'' N$ )

Er *Ars gromatica siue geometria Gisemundi* recuelh ua simplificacion geometrica deth metòde de Vitruvio en tot traçar dirèctament era linha equinocciau damb sonque quate operacions geometriques, ua circonferéncia, dus punts e un alinhament. Entad aquerò, a de resòlver implicitament en procès bères qüestions goniometriques, com era proporcion entre eth radi de circonferéncia (Lu), ombra, respècte ara nautada deth gnomn (Lg). Era qüestion ja auie estat abordada per agrimensura romana, a trauès de Paladio e constataue enes scriptorios des cenòbis a compdar deth sègle VIII damb es taules des *horologium pedum*. Es gnomons nauti (1:1) foncionen milhor en solstici d'ostiu, es baishi (1:1/4) en d'iuèrn e es mieis (2:3) entàs equinòccis. Era precision depenerà dera projeccion des ombres, qüestion desvolopada posteriorament enes relòtges de solei azimuthaus. Entad aquerò, quan es ombres (U2=U4) son proximes as ores (III-IX), ei quan se trace milhor er

alinhament. Agust moment orari coïncidís damb aqueth qu'ena vida monacau se hè eth cambi de prètzhètz de "ora eth labora". Agustis resultats son transportables tara Val d'Aran, ja qu'era ( $\varphi$ )  $42^\circ 12' 04''$  de Ripoll ei fòrça parièra as glèises araneses, plaçades mès tath Nòrd; Sant Blas de Les [4] ( $0^\circ, 42' 55'' E$ ,  $42, 48', 48'' N$ ) e tath Sud Sant Pèir d'Escunhau ( $0^\circ 49' 30'' E$ ,  $42^\circ 41' 48'' N$ ) [31].

Monastèri de Ripoll ( $\varphi$ ) $42^\circ 12' 04'' N$ ; ( $\lambda$ ) $2^\circ 11' 27'' E$							
Lg/Lu	Data		Lu=100 h m seg	$\Delta$ (Lu.-Lu.) h m seg	$\omega$ (L1-L2) $^\circ$	$360^\circ - \omega$	$(\omega L1-L2)/180^\circ$ Ref =1
1	21/03/2021	U2 h(a.m)	10 45 0	2 24 9	72,08	287,93	0,5996
		U4 h(p.m)	13 9 9				
	21/06/2021	U2 h(a.m)	8 33 0	6 37 20	198,67	161,33	-0,1037
		U4 h(p.m)	15 10 20				
21/12/2021	U2 h(a.m)	- - -	- - -	-	-	-	
	U4 h(p.m)	- - -	- - -	-	-	-	
0,75	21/03/2021	U2 h(a.m)	9 32 0	4 50 5	145,04	214,96	0,1942
		U4 h(p.m)	14 22 5				
	21/06/2021	U2 h(a.m)	7 49 0	8 5 26	242,72	117,28	-0,3484
		U4 h(p.m)	15 54 26				
21/12/2021	U2 h(a.m)	- - -	- - -	-	-	-	
	U4 h(p.m)	- - -	- - -	-	-	-	
0,67	21/03/2021	U2 h(a.m)	9 9 50	5 34 34	167,28	192,72	0,0706
		U4 h(p.m)	14 44 24				
	21/06/2021	U2 h(a.m)	7 31 51	8 39 35	259,79	100,21	-0,4433
		U4 h(p.m)	16 11 26				
22/12/2021	U2 h(a.m)	- - -	- - -	-	-	-	
	U4 h(p.m)	- - -	- - -	-	-	-	
0,5	21/03/2021	U2 h(a.m)	8 24 34	7 5 9	212,50	147,50	-0,1806
		U4 h(p.m)	15 29 43				
	21/06/2021	U2 h(a.m)	6 53 8	9 57 7	298,56	61,44	-0,6587
		U4 h(p.m)	16 50 15				
22/12/2021	U2 h(a.m)	- - -	- - -	-	-	-	
	U4 h(p.m)	- - -	- - -	-	-	-	
0,25	21/03/2021	U2 h(a.m)	7 12 42	9 28 55	284,46	76,04	-0,5803
		U4 h(p.m)	16 41 37				
	21/06/2021	U2 h(a.m)	5 43 23	12 14 37	367,31	-7,31	-1,0406
		U4 h(p.m)	18 0 0				
22/12/2021	U2 h(a.m)	9 2 8	5 31 22	165,68	194,32	0,0795	
	U4 h(p.m)	14 33 30					

Taule 10. Ombra e eth sòn angle orari ( $\omega$ ) deth monastèri de Ripoll

## 9. RESULTATS OBTENGUDI ENA ARQUEOMETRIA

Era analisi des resultats presente qu'era màger part des 24 glèises dera Val d'Aran tendissen envèrs ua orientacion equinocciau, en tot plaçar-se majoritariament deuant deth dusau octant (N-E) 4 d'eres e eth tresau (E-S) 18. D'aguestes, 13 glèises –que representen eth 54,17% deth totau- se concentren en interval dera sua setzau part [90,0 ° - 112,50 °] (Figura 41.c). En tot atier ara classificacion cronologica deth prumèr romanic, des onze glèises, ueit se concentren en interval [87,97 °- 109,86 °] estant es sòns extrems, Sant Miquèu de Vilamòs [15] orientat entath (E-N) e Santa Maria de Cap d'Aran de Tredòs [41] entah (E-S). Per ua auta part, tres d'eres son fôrça aluenhades d'aguest encastre intermiei, que son Sant Fabian d'Arres de Jos [9], Sant Joan d'Arròs e Vila [16] e Sant Pèir d'Escunhau [31] (Figura 41.a). es tretze glèises deth dusau romanic se placen entre [73,14 ° - 127,72 °], Sant Tomàs de Casarilh [30] e Sant Fèlix de Vilac [24] (Figura 41.b).

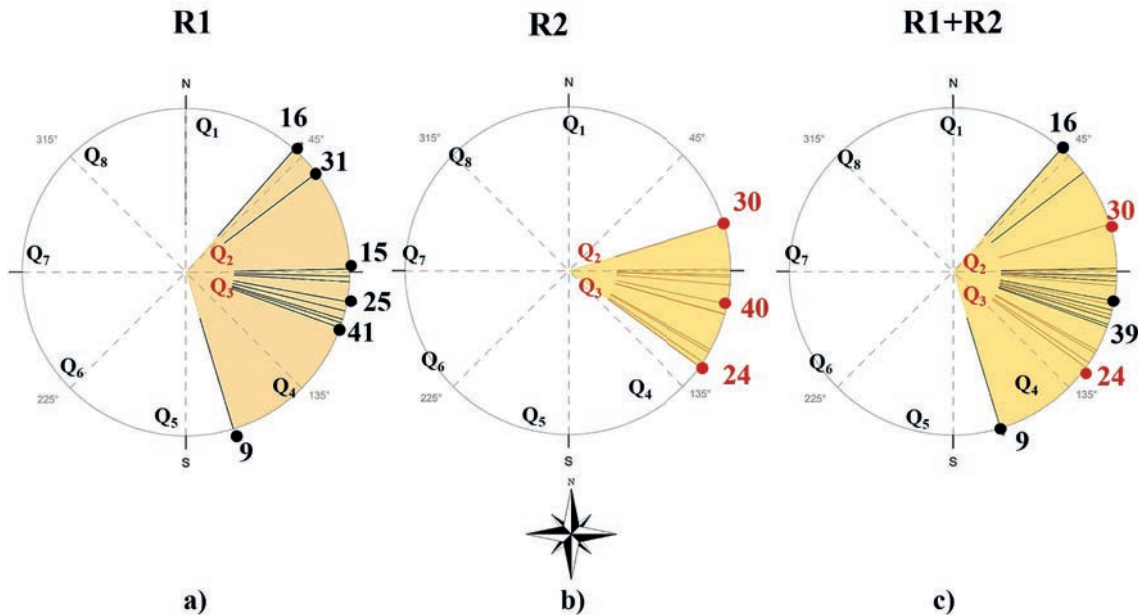


Figura 41. Azimuts des glèises romaniques primèr romanic R1 e dusau periòde R2

Quadrant	Intervau angular (α-β)	C/16	Romanic 1	Romanic R2	Romanic 1+2	% C/16	(4+5) %	(5+6)%	4+5+6 %
	00,0°-22,5°	1	0	0	0	0,00 %			
1	22,5°-45,0°	2	1	0	1	4,17 %			
	45,0°-67,5°	3	1	0	1	4,17 %			
2	67,5°-90,0°	4	1	2	3	12,50 %			
	90,0°-112,5°	5	7	6	13	54,17 %	66,67 %		
3	112,5°-145,0°	6	0	5	5	20,83 %		75,00 %	
	145,0°-167,5°	7	1	0	1	4,17 %			87,50 %
4	167,5°-180,°	8	0	0	0	0,00 %			
Totau			11	13	24	100 %			

Tabla 11. Quadre de referéncia des quadrants des azimuts des glèises dera Val d'Aran

En primèr romanic mos trapam tres bastisses que pr'amor deth sòn azimuth non an observacion der astre ena sua nautada en orizon. En cas de bères cabeçades tendissen a orientar-se entath solstici d'iuèrn, cas de Sant Joan d'Arròs [16] (Figura 42.a), qu'era sua façada opausada serie orientada entath sud, en tot cercar dilhèu eth patronatge deth martiri de Sant Joan Baptista, que se celèbre ena actualitat eth dia 29 d'agost e

que segontes eth *Martirologio Hieronymianum* se celebrarie enes VIII kalendas augustus eth 25 d'agost e referida solarament ara epòca der an 1150 eth 18 d'agost (Figura 43.a). Circunstància parièra passe en Sant Pèir d'Escunhau [31] (Figura 42.b), celebraue es III nonas iunius que corresponerie ath tres de junh e passat solarament ath vint-e-sèt de mai (Figura 43.b). En cas de Sant Fabian d'Arres de Jos [9] (Figura 43.b), era sua absida ac hè entar ostiu e era sua façada entar iuèrn, avertir qu'eth hestau celebraue d'acòrd damb eth martirologi es kalendas ianuaris, corresponent ar 1 de gèr, mès en realitat supausau eth 25 de deseme. Ena actualitat se celèbre eth 20 de gèr (Figura 43.b). damb tot açò, aguesta tipologia d'orientacions tendentes as solsticis serie eth [12,50%] des glèises considerades.

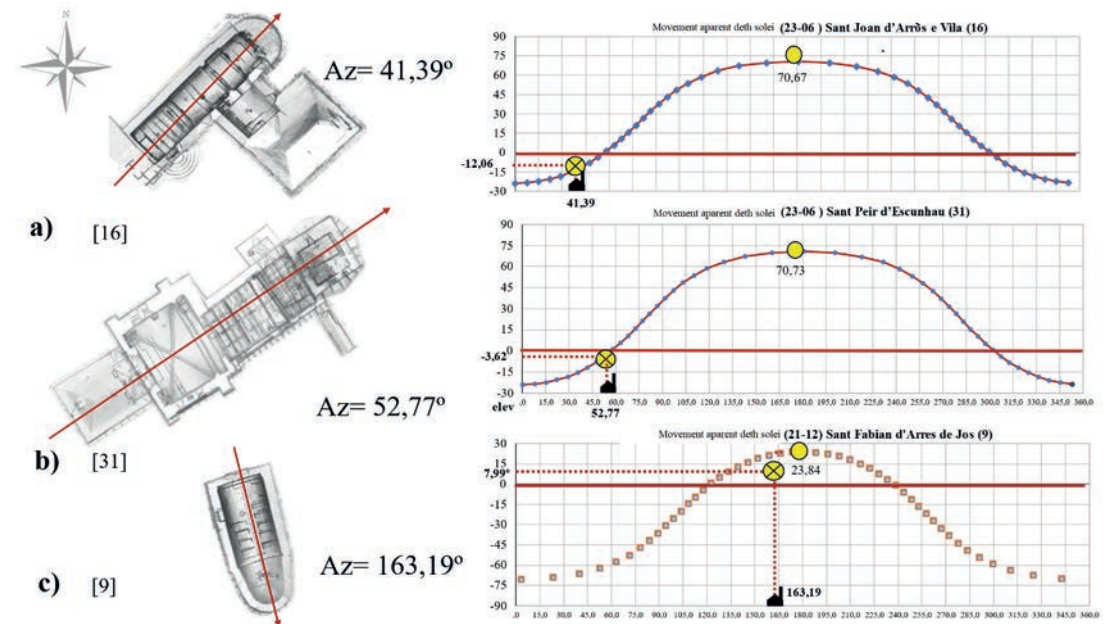


Figura 43. Orientacion des glèises deth primèr romanic orientades entàs solsticis



a)

b)

c)

Figura 44. a) Sant Fabian d'Arres de Jos [9]; b) Sant Joan d'Arròs [16]; c) Sant Pèir d'Escunhau [31].

• Critèri topografic per observacion d'orizon. Ei aqueth influït per entorn geografic e a on era alinhament dera bastissa pòt coïncidir damb ua data característica. Ena Val d'Aran i a un conjunt de glèises en qué era sua declinacion astronòmica ei fòrça propèra ara primauera -21 de març ( $\delta=0,0145$ )-, assignat per un error metodologic de  $\pm 4,23$  días, damb ua declinacion astronòmica en interval de  $[\delta = -2,00, +1,56]$  [16 març, 26 març], poderien pertàner ad aquest grop: Sant Estèue de Tredòs, [39] (Figura 44.a), Sant Estèue de Betren [29] (Figura 44.b), Sant Matín de Tours de Gausac [26], Sant Estèue de Montcorbau [22] e Sant Blas de Les [4]. Estas iglesias representarian el 20.83% deth sòn totau, des quaus cinc son deth primèr periòde e quate serien eth dusau romanic. Fòrça propèra ad aquesta declinacion ei Era Mair de Diu dera Purificacion de Bossòst [6], orientada en calendari julian eth 10 de març. Nomentar eth cas especific dera construccion deth replanteg de Sant Blas de Les, qu'ei era qu'a ua màger nautada der orizon ( $30,69^\circ$ ) de totes es glèises

romaniques dera Val d'Aran, e que tanben compde damb un azimuth absolutament declinat entath Sud, Azca= $125,85^\circ$  (Figura 45). Ad aquesta sonque la supèren Sant Fabian d'Arres de Jos [9] e 24 Sant Fèlix de Vilac [24]. Era gessuda deth solei se produsís en primauera, eth dia 19 de març.



a)

b)

Figura 44. a) Sant Estèue de Tredòs, [39]; b) Sant Estèue de Betren [29]

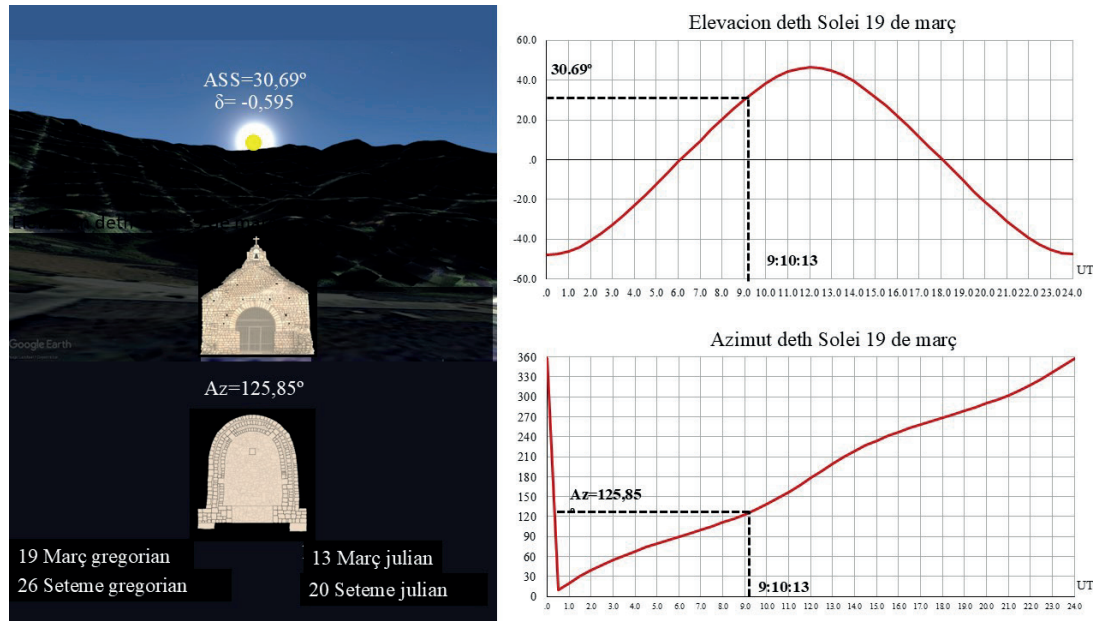


Figura 45. Orientacion de Sant Blas de Les

• Critèri calendari Pascau: Era fixacion dera Pasca se determinaue a trauès deth *computus paschalis*, e se realizaue mejançant es calendaris liturgics cristians en forma de rosetes, en tot determinar eth el *numerus aureus* e des *littera dominicalis* (Figura 46 c). Eth numèro aurèu indique era repeticion dera seqüència deth periòde deth cicle lunari complèt en un madeish dia dera setmana, qu'eth sòn retorn se relaize cada 19 ans; aguesta connotacion tanben ei coneishuda coma *circulus decemnovennalis* (Figura 46 a). Era letra dimenjau designe era seqüència deth primèr dimenge der an e pr'amor des ans bissèxtes, hè qu'eth cicle solar complèt se repetisque cada 28 ans (Figura 46.b).

D'aguesta manèra se complete eth procès entara determinacion deth coneishut coma cicle Pascau o *Annus*, qu'ei eth periòde en qué se

repetissen es dates en ua madeisha seqüència, autant en cicle lunari coma en solar, e se coneish coma *circulus magnus*, circumstància que se produsís cada 532 ans. En conèisher eth numèro, ena taula se determine era data de Pasca deth calendari liturgic (Figura 46.d).

Un aute tèxte de Bertrand Boysset del *Livre de raison* o *Mémoires d'Arles* des manuscrits de (Gênes, Bibl. Univ. E. III.18; Paris, BnF, fr. 5728), a on se combine eth latin, francés e occitan, apareishen es règles deth calcul; *Et que eciam littera i dominicalis curret per to tum annum. Et in quo die pasca Domini celebretur. Et quotus eciam curet numerus aureus annatim.* (Novati. 1892, 528-556).

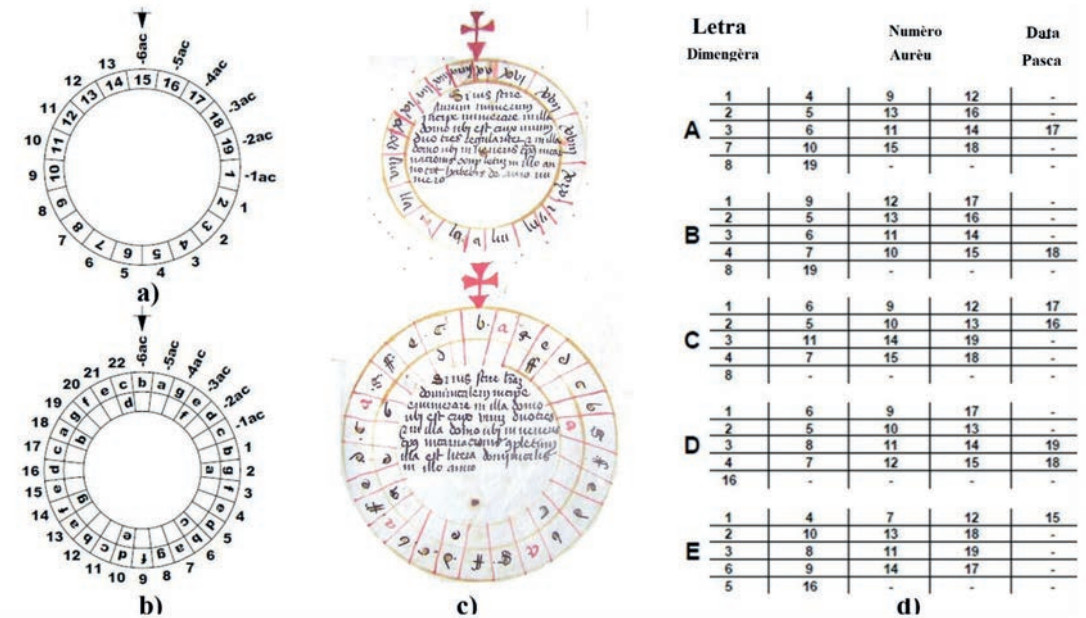


Figura 45. Rosasses e taules y tablas computus paschalis

Se tròbe tanben relatat en ua des primères òbres matematiques en lengua occitana dera Arièja, eth *Algorisme de Pamiers* (h. 1430) (Ms. BnF NAF 4140), que sage de resòlver es qüestions matematiques d'emplec

quotidian, com eth calcul emplegat entat calendari; Ayssi commensa hun libret per conoser quantas semans a de nadal entro a pac, mentran ni quans jorn de nupsials, ni la letra dominical, ni quant tandras per aure onmbre (Sesiano 1984, 27).

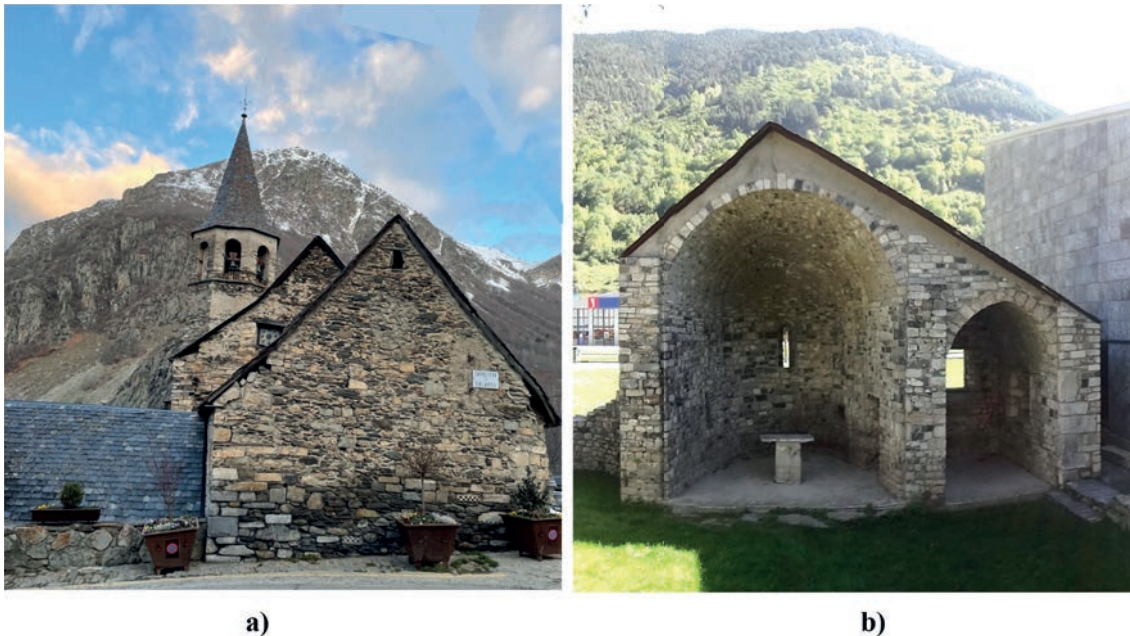


Figura 46. Glèises que poderien èster orientades entath dia dera Pasca de Resurreccion. A) Sant Fèlix de Bagergue [40]; b) Santa Maria de Mijaran [25]

Era data de Pasca s'establís entre eth 22 de març e eth 25 d'abriu, damb er error metodologic e a cambi deth calendari julian, serie en interval [16-III, 19-IV] [0,21, +12,58]. Laguens d'aguesta possibilitat i encaisharien, deth prumèr romanic: Santa Eulària d'Unha [38], Sant Pèir de Betlan [21] e Sant Miquèu de Vilamòs [15]. Deth romanic mès tardiu: Sant Fèlix de Bagergue [40] (Figura 47.a), Sant Andreu de Salardú [37], Santa Maria d'Arties [34], Santa Maria de Mijaran [25] (Figura 47.b), Sant Andreu de Casau [27], Sant Estèue de Montcorbau [22]. Son nau es

glèises que complirien aguesta condicion, que representarien un 37,50% deth totau, repartides entre tres deth prumèr romanic e sies deth dusau periòde.

Coma critèri canonic se comprenen aqueres glèises que son orientades Èst a Oèst, en tot tier en compde er error metodologic de 4,172 °. Lo complissen aqueres qu'an un  $A_{zca}$  [85,83 ° - 94,17°], complissen a mès qu'era sua declinacion astronomica son comprenudes entre [6,75, 9,69]: Santa Eulària d'Unha [38], Santa Maria d'Arties [34] (Figura 48), Sant Andreu de Casau [27], Sant Pèir de Betlan [21], Sant Miquèu de Vilamòs [15]. Aguesta circumstància hè qu'aguestes cinc glèises non agen podut èster traçades pera vision en sòn orizon der astre, e per tant an agut d'èster traçades per bèth metòde geometric, ja qu'era observacion solara a trauès dera sua nautada maximau comportarie errors superiors. Fòrça propèr ad aguestes caracteristiques se tròbe Sant Andreu de Salardú [37] damb un  $A_{zca}=95,00$ , damb un error menor a un grad der error metodologic (Figura 18). Compausen aguest grop un 20.83% des gleises araneses e concentrades majoritàriament en prumèr romanic.

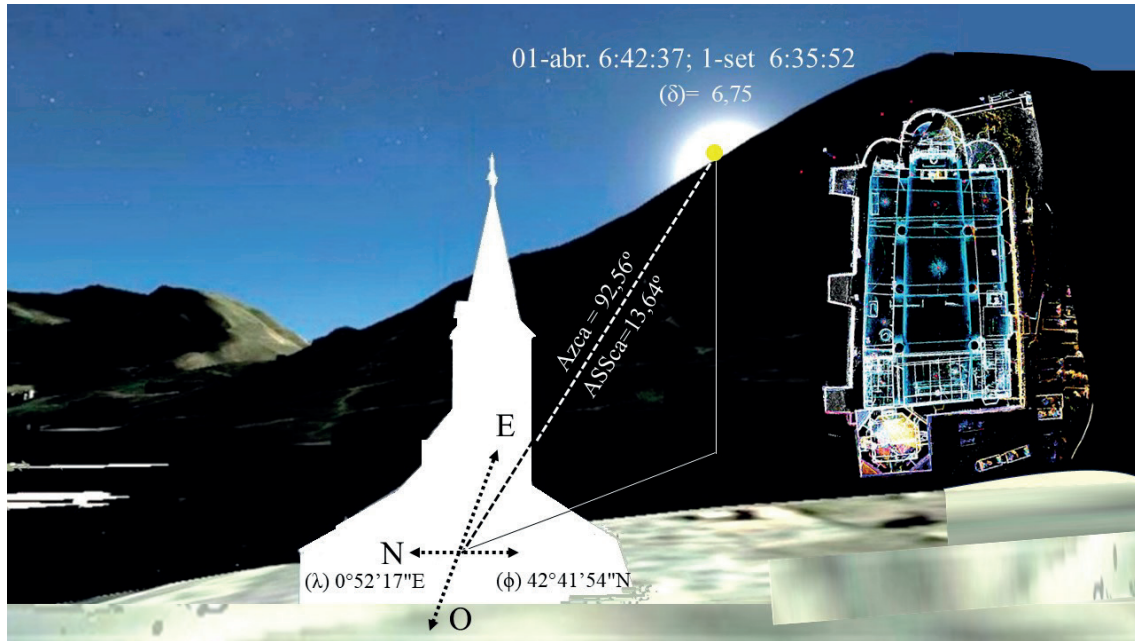


Figura 48 Caracteristiques arquimetriques de Santa Maria d'Arties [34]

• Criteri constructiu. I a un grop de glèises que, pr'amor dera sua situacion sus eth perfil topografic, an agut de besonh un condicionament deth terren entà poder auer sufisenta planor entà poder realizar era construccion, entre cata e aplaniment, per çò qu'era sua posicion per çò que tanh ar alinhament serie parallèla ara penent. En bèri casi, eth mur de barrament actue coma element de contencion, per çò que serie restacat damb era sua condicion constructiva, poderie èster eth cas de: Santa Maria de Cap d'Aran de Tredòs [41] (Figura 49), Sant Miquèu de Vielha [28], Sant Fèlix de Vilac [24], Sant Martin d'Aubèrt [19], Sant Ròc de Begós [14] e Santa Maria de Vilamòs [12] (Figura 50).



Figura 49. Glèises qu'an podut èster orientades per un critèri constructiu. Santa Maria de Cap d'Aran de Tredòs [41]

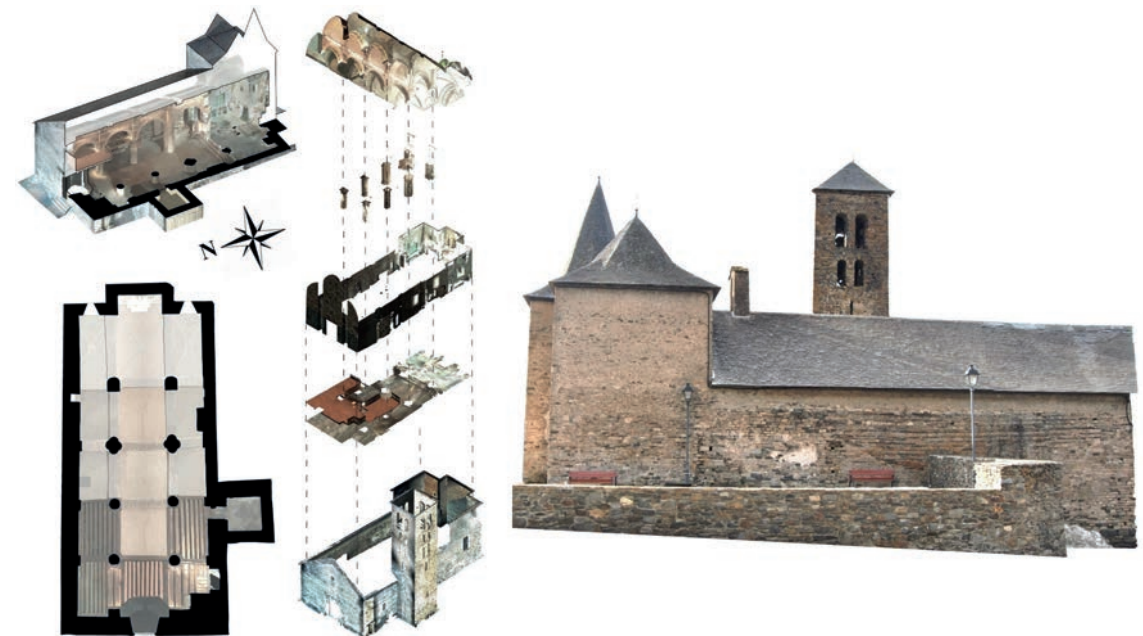


Figura 50. Glèises qu'an podut èster orientades per un critèri constructiu. Santa Maria de Vilamòs [12]

### 10. RESULTATS OBTENGUDI ENA ARQUEOMETRIA

Era metodologia emplegada en basa a un error relatiu, matizat en bèri casi es que son en limit parametric e en tot préner jerarquicament en basa ara referéncia des tratats liturgics des *ecclesiae ad orientem*. En aqueres glèises a on i a era concordança de diuèrses tipologies d'orientacion non ei pas possible de hèr ua catalogacion. En prumèr lòc, cau destacar qu'es glèises dera Val d'Aran son majoritàriament es des prumèr romanic (Figura 51.b). Sonque un 20.83% tendissen entàs solsticis (Figura 56.a), de manèra qu'es cabeçades de Sant Joan d'Arròs [16] e Sant Pèir d'Escunhau [31] (Figura 52.a) s'orienten entath Nòrd. En mens mesura ac hèn entath solstici d'iuèrn Sant Martin d'Aubèrt [19] eth 2 de hereuèr (Figura 52.b), en cas de Sant Fabian d'Arres de Jos [9] ac hè en ostiu, com tendent entath Sud Sant Tomas de Casarilh [30] que s'alinde en orizon eth 18 de mai (Figura 52.c).

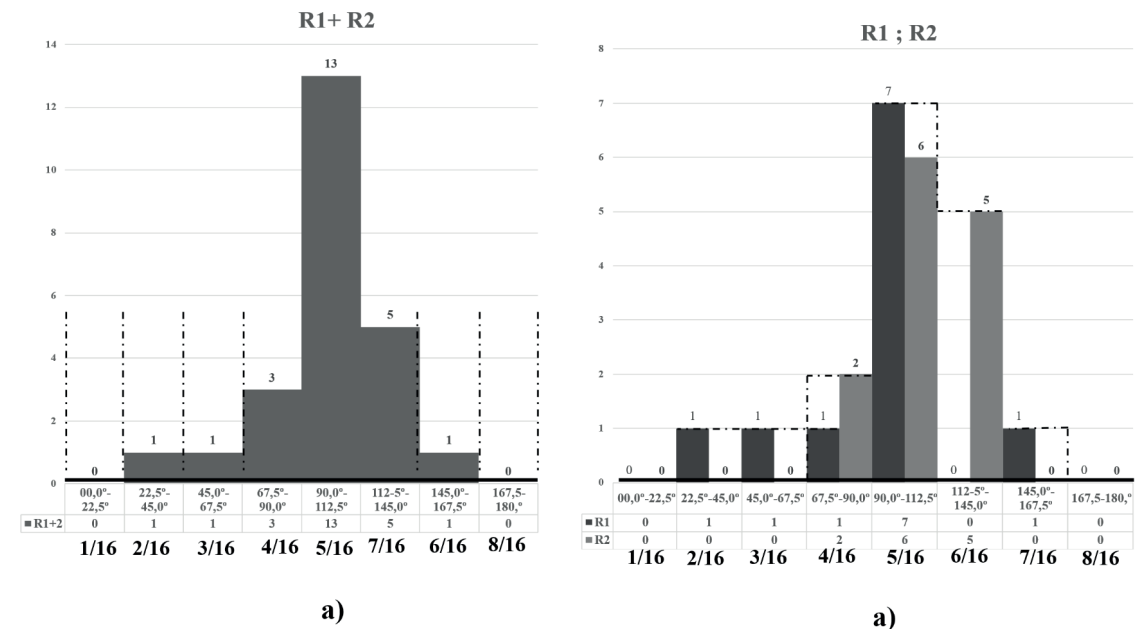


Figura 51. Azimuts des glèises romaniques prumèr romanic R1 e dusau estadi R2





a) b) c)  
Figura 52. a) Sant Pèir d'Escunhau [31]; b) Sant Martin d'Aubèrt [19];  
c) Sant Tomas de Casarilh [30]

Era grana majoritat des glèises prenen coma referéncia era orientacion Èst-Oèst ( $\delta=0,0145$ ).

Ues ac hèn ara gessuda deth solei en sòn orizon montanhós: un totau de cinc des sues glèises, assignat er error metodologic  $\delta= [-2,00, +1,56]$  [16 març, 26 març], ei eth cas de Sant Estèue de Tredòs, [39] (Figura 44.a), Sant Andrèu de Salardú [37] (Figura 53.a), Sant Estèue de Betren [29] (Figura 44.b), Sant Matín de Tours de Gausac [26] (Figura 53.b), Sant Estèue de Montcorbau [22] (Figura 53.c) e Sant Blas de Les [4]; çò que represente eth 25.00 % (Figura 57.b). Pren ua disposicion fòrça propèra as resultats d'aguesta metodologia Era Mair de Diu dera Purificacion de Bossòst [6].



a) b) c)  
Figura 53. Glèises orientades entath sòn orizon topografic a) Sant Andrèu de Salardú [37]; b) Sant Martin de Tours de Gausac [26]; c) Sant Estèue de Montcorbau [22]



a) b) c)  
Figura 54. a) Santa Maria d'Arties [34]; b) Sant Andrèu de Casau [27]; c) Sant Pèir de Betlan [21]

D'aves d'aguestes bastisses sacres son eth grop des cinc definides com era orientacion canonica  $A_{zca}$  ( $90,00^\circ$ ) (Figura 56.c), en tot significar un totau deth 20.83%, son plaçades laguens der interval des sòns azimuts  $A_{zca}$  [ $85,828^\circ - 94,172^\circ$ ],  $\delta = [6,75, 9,69]$ . Son Santa Eulària d'Unha [38], Santa Maria d'Arties [34] (Figura 54.a), Sant Andrèu de Casau [27], (Figura 54.b), Sant Pèir de Betlan [21] (Figura 54.c), Sant Miquèu de Vilamòs [15], e fòrça propèr Sant Andrèu de Salardú [37] damb un  $A_{zca}=95,00^\circ$ .

Un grop mès incèrt pera dificultat cronologica dera sua construccion relacionat damb era variabilitat dera data de Pasca, que s'establís entre eth 22 de març e eth 25 d'abriu  $\delta = [0,21, +12,58]$ , lo formen un totau de nau glèises, en tot eliminar aqueres ja nomentades per repeticion, poden considerar laguens d'aguesta ipotèsi (Figura 56.d): Sant Fèlix de Bagergue [40] (Figura 44.a) e Santa Maria de Mijaran [25] (Figura 44.b).

D'aves sies glèises orientades leugèrament entath Nòrd damb [ $\delta = -3,76, -10,24$ ], son: Santa Maria de Cap d'Aran de Tredòs [41], Sant Miquèu de Vielha [28], Sant Fèlix de Vilac [24], Sant Ròc de Begós [14] (Figura 55.a), Santa Maria de Vilamòs [12] (Figura 55.b) e Era Mair de Diu dera Purificacion de Bossòst [6] (Figura 55.c). Formen part d'un grop incèrt que podèc èster orientat pes preexisténcies orografiques e per tant peth sòn sistèma constructiu (Figura 56.e)

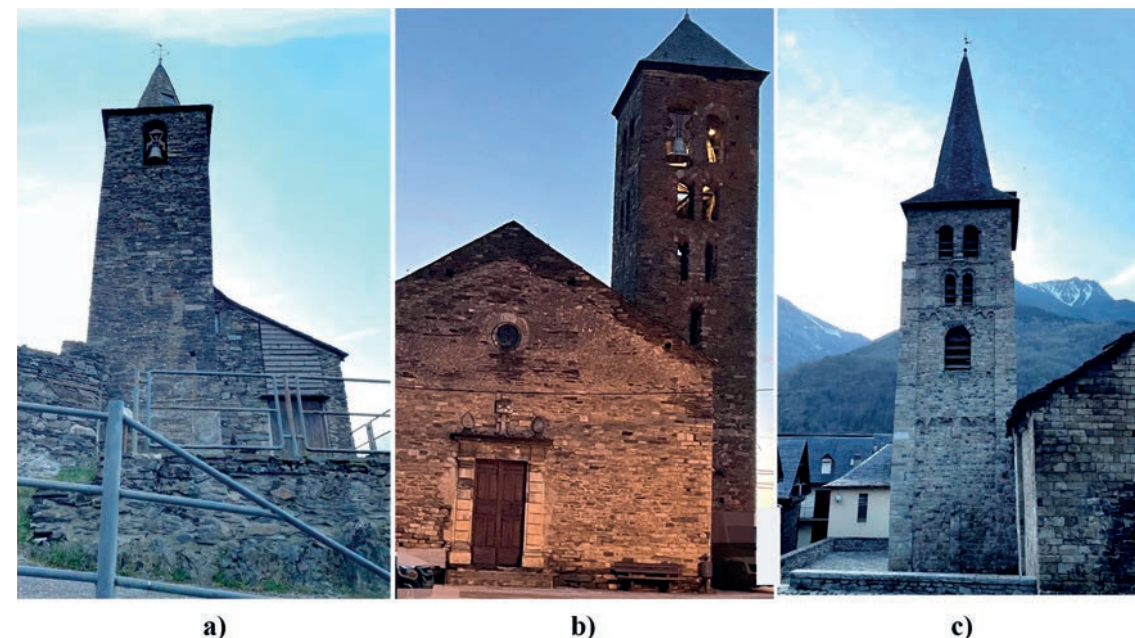


Figura 56. Ipotèsi de glèises araneses damb condicionaments constructius. a) Sant Ròc de Begós [14]; b) Santa Maria de Vilamòs [12]; c) Era Mair de Diu dera Purificacion de Bossòst [6]

Per ua auta part, era avaloracion permet ua analisi comparativa entre era Val d'Aran e d'aves glèises romaniques deth Pirenèu, com era Val de Boí. Ua prumèra analisi se pòt realizar pera observacion solara en orizon enquiara data des equinòccis. En tot assumir er error metodologic de  $\pm 4,23$  días, qu'era sua declinacion astronomica serie en interval, serà [ $\delta = -2,00, +1,56$ ], entre eth 16 de març e eth 26 de març, dedusim qu'era Val de Boí dispause d'ua construccion en aquest interval d'azimut (11,11 %), en tot qu'ena Val d'Aran son cinc ath (25,00%), (Figura 56.c).

Totun, cau destacar qu'ena Val de Boí existissen en interval [ $\delta = -3,60, -0,60$ ] quate glèises, que representen eth 44,44%, que serie cronologicament der 11 ath 18 de març e fòrça propères ara primauera, damb çò que poderíem plantejar ua tendéncia dera sua condicion metodologica coma glèises que son orientades entath equinòcci visuau

en orizon, ath delà tenguent en compde eth desfasament deth calendari julian.

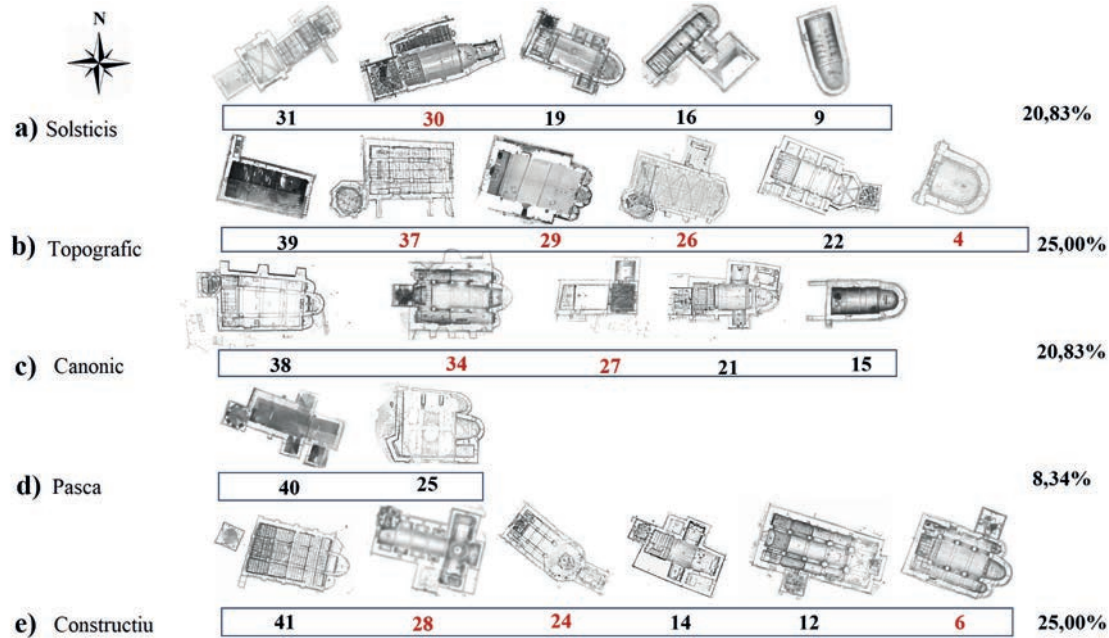


Figura 56. Catalogacion des glèises romaniques deera Val d'Aran segontes era sua orientacion

Ua auta comparança pren coma basa er error metodologic sus era orientacion canonica (E-O) que represente respècte ar arc sexagesimau (360 ±1,159%). En préner aguesta referéncia coma unitària podem establir ua seqüéncia de desviaments sus era orientacion canonica. Se determinen cinc intervals (±1,159%, ± 2,318%, ±3,477%, ±4,636%, >4,636%). Aguesta analisi mos permet de determinar eth critèri deth possible traçat geometric deth replanteg des pues glèises. En aguest estadi era Val de Boí non a pas cap de glèisa orientada canonicament (90º,00 ±1,159%), en tot qu'era Val d'Aran n'a cinc laguens d'aguest interval e se

i ahigem San Andrèu de Salardú [37] s'arribarie a un 25,00% deth totau des pues glèises.

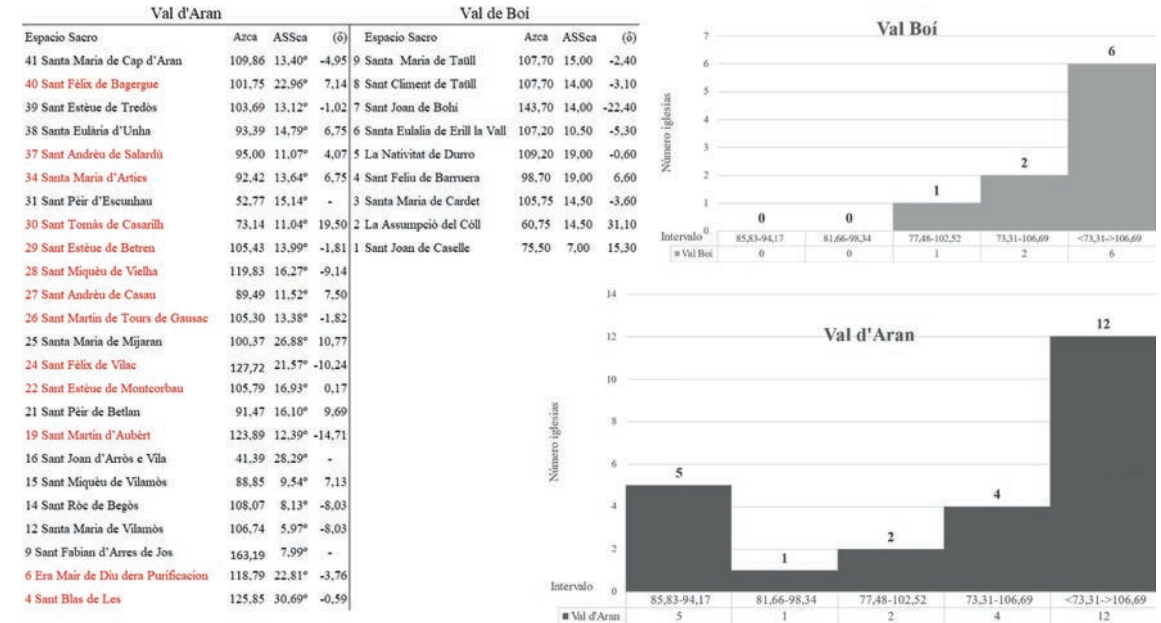


Figura 57. Comparança orientacion glèises deera Val d'Aran e Val de Boí

Era grana diferéncia entre es metodologies d'andús vals ei era precision deth traçat canonic des glèises deera Val d'Aran envèrs as deera Val de Boí. Mès ena Val d'Aran auem induit a pensar qu'aumens cinc d'eres pertanhen a çò qu'auem definitj coma critèri constructiu de replanteg estacat as operacions pròpries der art edilici en tot representar eth (20,83%). Majoritàriament pertanhen ad aguest grop es quate granes construccions sacres: Cap d'Aran de Tredòs [41], Sant Miquèu de Vielha [28] (Figura 58.a), Sant Fèlix de Vilac [24] (Figura 58.b) e Santa Maria de Vilamòs [12].

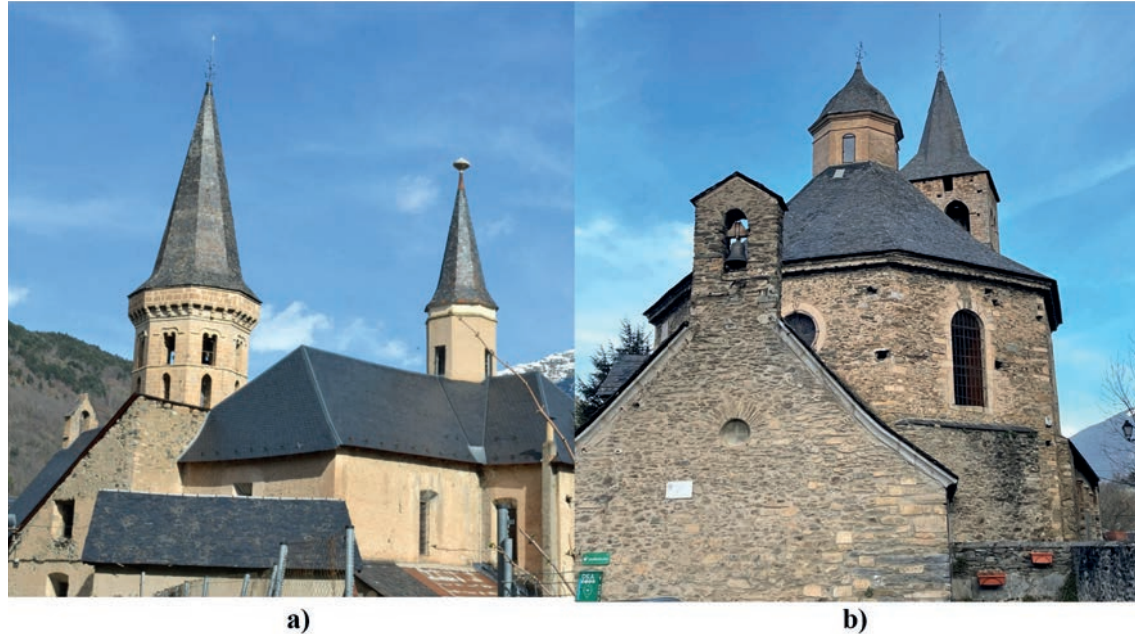


Figura 58. Glèises dera Val d'Aran orientades damb critèri constructiu.  
a) Sant Miquèu de Vielha [28]; b) Sant Fèlix de Vilac [24]

S'escape dera magnitud d'aguestes construccions Sant Ròc de Begós [14], a on era situacion *enclotada* en direccion ath sòn azimut e eth desartigatge laterau obligue a ua importanta operacion d'aplanament e nivelacion (Figura 59).



Figura 59. Glèises dera Val d'Aran orientades damb critèri constructiu. Sant Ròc de Begós [14]

En tot tier en compde era referéncia que sonque eth 11,60% des glèises romaniques dera Peninsula Iberica son establides en aguesta orientacion canonica Èst-Oèst Oeste (Pérez; Pérez 2019 ,61-791), s'a de destacar qu'eth 20,83% des construccions sacres dera Val d'Aran son orientades damb aguesta precision. Es glèises de Santa Eulària d'Unha [38] (Figura 60), Santa Maria d'Arties [34] (Figuras, 48, 53.a), Sant Andrèu de Casau [27] (Figura 53.b, 61), Sant Pèir de Betlan [21] (Figura 62), Sant Miquèu de Vilamòs [15] (Figura 63), damb traçat canonic e dada era sua declinacion astronomica ( $\delta = 4,07 - 9,69$ ), hèn a pensar que poderen èster traçades per bèth metòde geometric.



Figura 60. Glèises romaniques dera Val d'Aran damb orientacion canonica. Santa Eulària d'Unha [38]

Aguesta conseqüència ei ua des caracteristiques des valors patrimonius deth romanic aranés. Tipologicament, Santa Eulària d'Unha [38] (Figura 52.a, 59) e Santa Maria d'Arties [34] Figuras, 47, 52.a) son glèises que dispausen d'ua planta basilicau damb tres naus. Son ues des granes glèises araneses. Son plaçades en Naut Aran e pertanhen a Unha. Unha ei deth primèr romanic e Arties deth dusau. Serien en alinament Vielha-Tredòs  $Az_{28-41} = 88,07^\circ$  a traucès dera Garona, e per açò fòrça propèr ara orientacion Èst-Oèst  $Az_{E-O} = 90,00^\circ$ .

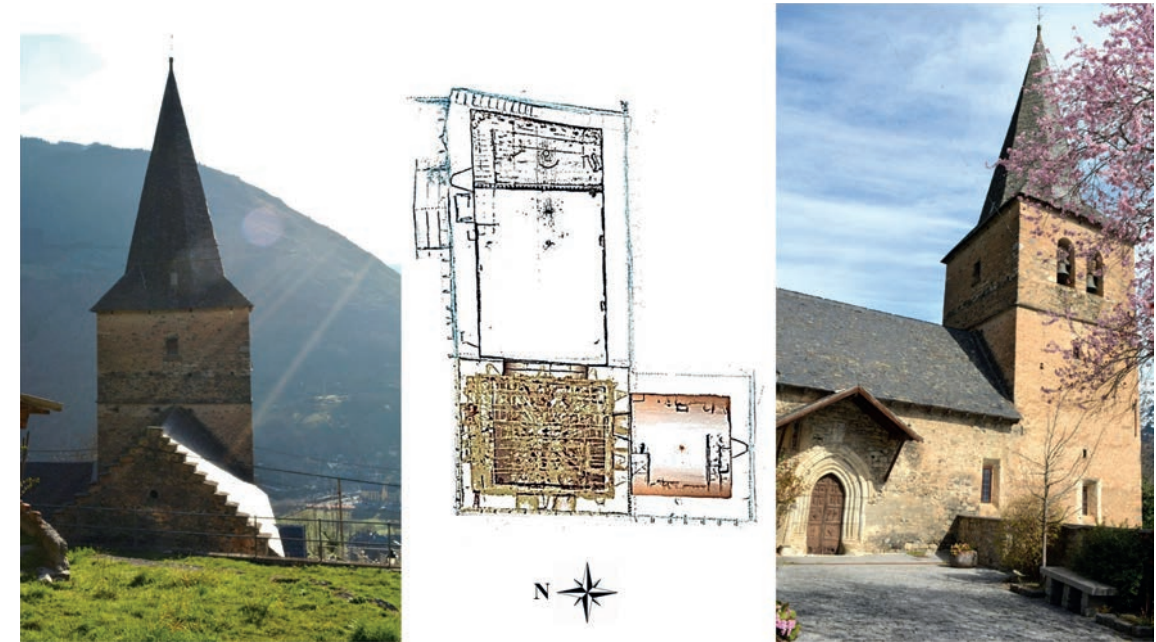


Figura 61. Glèises romaniques dera Val d'Aran damb orientacion canonica. Sant Andrèu de Casau [27]

D'aves com Sant Andrèu de Casau [27] (Figura 61), Sant Pèir de Betlan [21] (Figura 62) e Sant Miquèu de Vilamòs [15], bastides damb ua nau unica e pertanhenes ath primèr romanic, son orientades respècte ath cors fuviau. Primèr damb era direccion de Sant Miquèu Vielha a Sant Pèir de Betlan  $Az_{21-28} = 164, 88^\circ$ , propèr ara disposicion Nòrd-Sud  $Az_{N-V} = 180,00^\circ$ , entà virar cap a Sant Joan d'Arres deth Miei eth son  $Az_{8-21} = 116,97^\circ$ , sa on se plaçarie Sant Miquèu de Vilamòs (Figura 63.a).

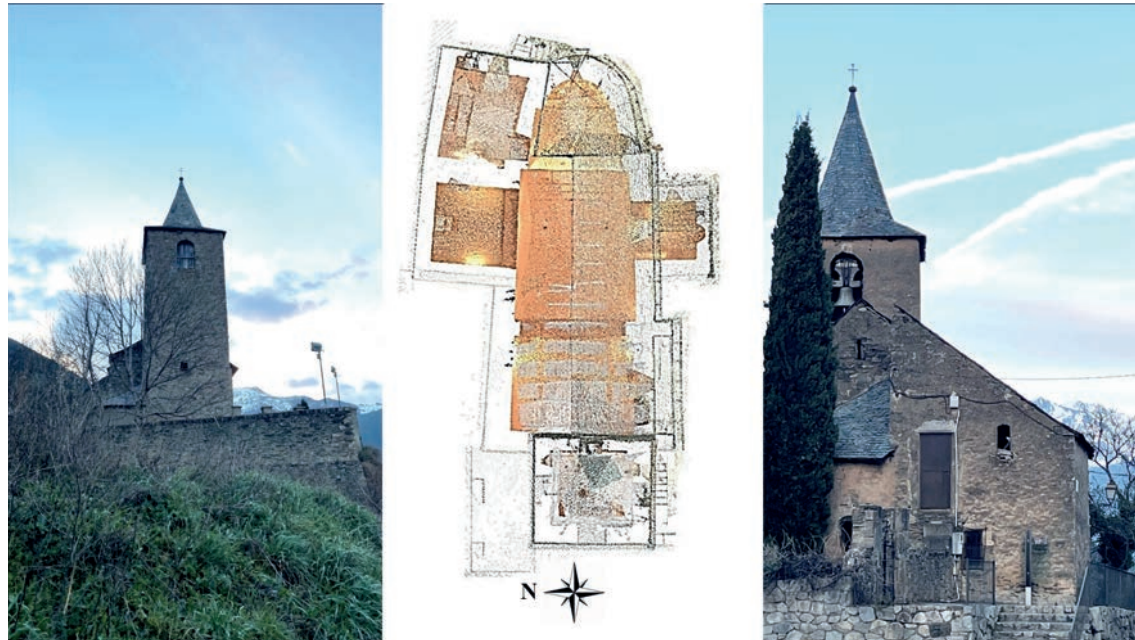


Figura 62. Glèises romaniques dera Val d'Aran damb orientacion canonica. Sant Pèir de Betlan [21]

Non podem pas precisar quina siguec era metodologia utilizada laguens des dètz metòdes possibles  $M_1 - M_{10}$  entà traçar aguestes glèises, mès podem apreciar que, en tot campar eth sòn procès operatiu, eth mès precis de toti ei eth  $M_7$ . Ère coneishut enes entorns geografics, concretant eth sòn replanteg en sonque dues operacions geometriques. Era determinacion deth periòde en que sigueren traçadi, era qüestion depen de dus factors: er esturment de traçat -gnomon- e era epòca der an en qué se realize. Es gnomons de proporcion (1:1) foncionen milhor en ostiu, es baishi (1:1/4) en iuèrn e es mieis (2:3) entàs equinòccis, son propères as ores (III-IX), moment orari que coïncidís damb aqueth en qué era vida monacau càmbie peth maitin e pera tarde es trabalhs de “ora et labora”.

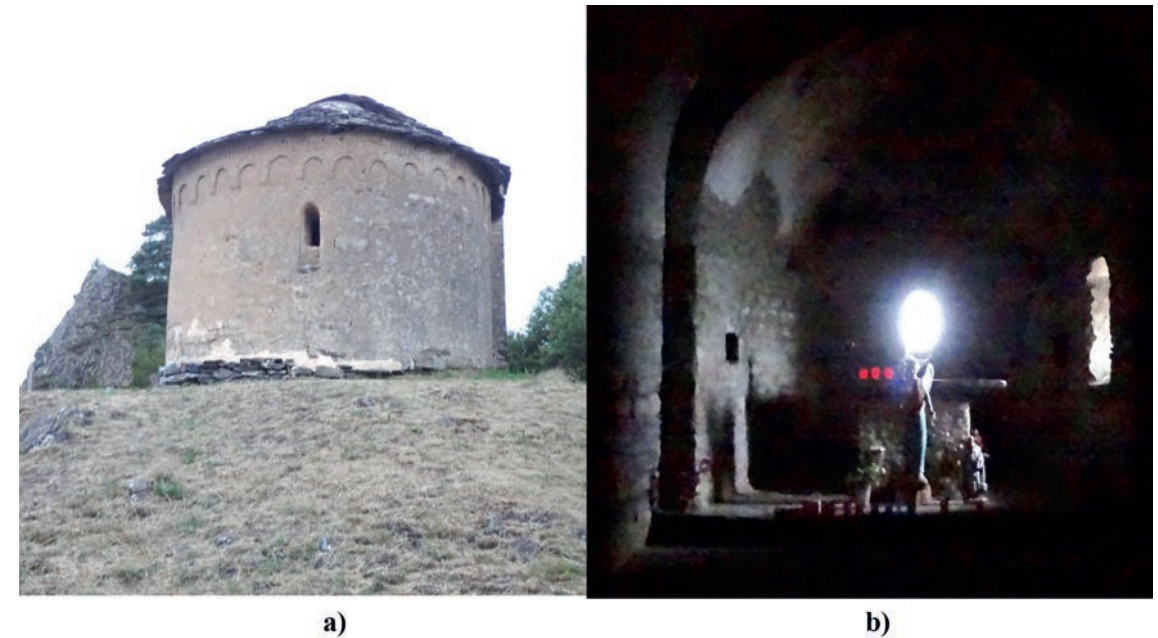


Figura 63. Glèises romaniques dera Val d'Aran damb orientacion canonica. Sant Miquèu de Vilamòs [15]

Es cinc construccions canoniques non son pas sasoèrament depenentes entath sòn replanteg, depeneràn sonque des condicions meteorologiques, en aguest cas tant en ostiu com en equinòcci de tardor serie eth moment mès probable, mès qu'aqueri der iuèrn e primavera. Aguesta circumstància ei despàrièra d'aqueri metòdes que depenen dera observacion solara.

Indusits pes ombres, cau pensar qu'era orientacion der espaci sacre ei determinanta entara sua iluminacion. Aguestes glèises damb orientacion canonica retardaràn era vision der astre solar sus eth sòn orizon mès enlà des equinòccis, contràriament ad aqueres qu'ac hèn visualizant. A despriet d'aquerò, non i a pas grana diferència en aqueri qu'ac hèn damb era observacion der equinòcci [ $\delta = -2,00, +1,56$ ] entre eth 16 de març e eth 26 de març, qu'era sua visualizacion se realize entre es

dies dus e sèt d'abriu. Segontes era metodologia desvolopada e es calculs realizadi, es orientacions canoniques que representen eth 20,83%, es qu'ac hèn damb era observacion der orizon representen eth 25,00% . per açò, era grana part des glèises receben era sua prumèra illuminacion solara fòrça propèras as periòdes des equinòccis e, per tant, un comportament luminic parièr.

Es prumèras lums sus er espaci arquitectonic provòquen un efècte de clar-escur sus aqueri elements qu'an volumetria (Figures 62.b, 12.b), mès d'escuritat totau sus es paramètres verticaus des absides (Figura 12.a). aguesta profusion dera lum serà tangenciau enes vòutes que lo curbissen de manèra que demoren veladament enlumenades, ar encòp que cromaticament protegides, pr'amor que ja non an incidéncia dirècta sus eres. Açò a estat profitat en bèri casi entara disposicion de pintures muraus sus aguestes vòutes, enlumenades doçament pera lum qu'entre pes petites hièstres ena absida o absidiòles, o enes petites rosasses que se dispausen a on se tròben eth presbitèri, *sancta sanctorum* e era nau, *sancta* (Figura 64).



Figura 64. Illuminacion d'Èst a Oèst en Santa Maria d'Arties [34]

Er efècte luminic sus es vòutes depenerà geometricament dera generatritz sus era directritz principau. De manèra que i a ua diferéncia entre es vòutes encanonades si que quina si que era sua generatritz que difumine constantament era lum ena sua seccion damb era degradacion respècte ath fòcus luminós, com en cas de Santa Maria d'Arties (Figura 65), d'aqueres que non lo dispausen com Santa Eulària d'Unha. Plan desparièr ei eth cas a on era pintura muraus se dispausen sus es vòutes de crotzeria, ja qu'aguesta tipologia bastida damb quate arcs crotzants da lòc a quate concavitats, per açò provòque ombres sus ua des sues superfícies e enes arcs de refòrç des vòutes e crotzants, com eth cas de Sant Andrèu de Salardú (Figura 66).



Figura 65. Pintures murals en glèises romaniques dera Val d'Aran. Santa Maria d'Arties

Era orientacion des bastisses sacres dera Val d'Aran, ath delà d'auer en consideracion es aspèctes liturgics, prefigure d'auti elements d'aguesti espacis, com era illuminacion interiora ath long deth dia. Tanben era disposicion exteriora des sòns entorns, com er espaci dimengèr d'amassada vesiau e era disposicion e direccionament des cementèris.



Figura 66. Pintures murals en glèises romaniques dera Val d'Aran. Sant Andreu de Salardú.

Era orientacion canonica d'ua part d'aguestes glèises non sonque complís damb es condicions des principaus tractats liturgics, com eth *Gemma animae* (c.1120) de Honorio de Autún (1080-c.1153), deth *Rationale divinatorum officiorum*, (c.1150) de Juan Belet (fl.1135-1182) e deth *Mitralis de Officio* (1190) de Sicardo de Cremona, senon qu'explique eth naut coneishement scientific d'aqueri que tracèren sus eth solèr aguestes glèises. Litúrgia, arquitectura e istòria dera sciéncia son es principaus aportacions dera arqueometria romanica aranesa, a on es glèises, *versus orientem, hoc est, versus solis ortum aequinoctialem*, son un des simbèus d'identitat patrimoniau e cultura, immèrs en aguestes construccions arquitectoniques (Figura 67).





a)

b)

c)

Figura 67. Glèises dera Val d'Aran orientades canonicament Èst-Oèst  
 a) Santa Eulària d'Unha [38]; b) Santa Maria d'Arties [34]; c) Sant Pèir de Betlan [21]

En camin dera arqueometria romanica aranesa manque encara fòrça per recórrer, en tot revisar es critèris de direccionament en replanteg dera geometria d'aguestes *Glèises en Còrnaenclinc de vòutes Escarramingades e*, per tant, des sòns azimuts (Az). Tanben entà compréner çò qu'auem catalogat com aqueres glèises orientades per tèrmes constructius, en tot apregondir en concèptes restacadi damb es calendaris liturgics dera extinguida diocèsi gascona de Sant Bertran de Cominges o revisant possibles replantegi en tot plaçar es glèises en vrèspe e, per tant, eth calcul vrespertin ena nautada der orizon (ASS) (Figura 68).

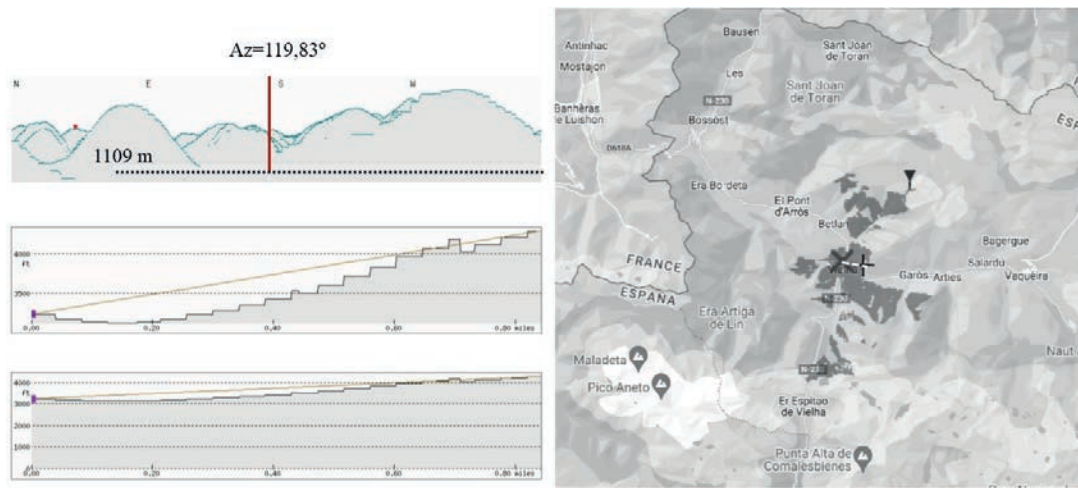


Figura 68. Orizon vrespertin de San Ròc de Begós [14]

## **APENDIX**

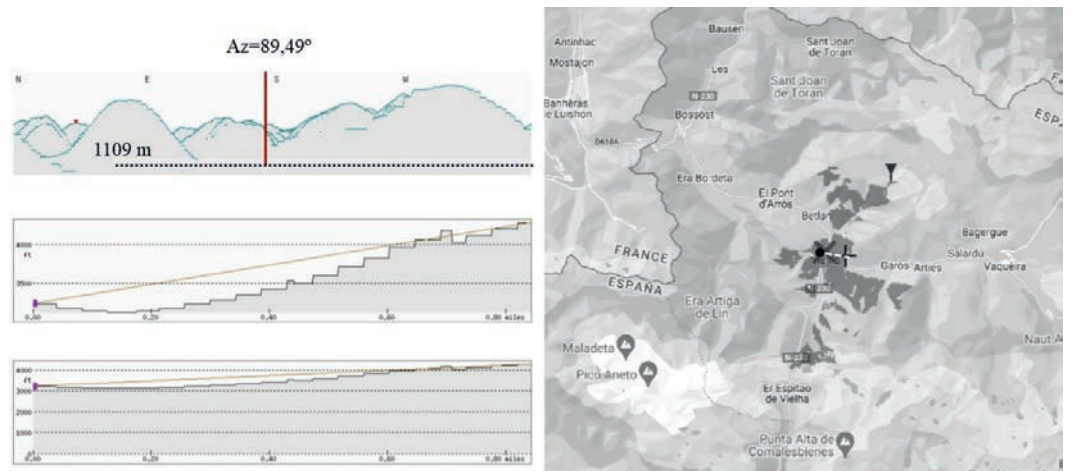
### *LOCALIZACION, AZIMUT NAUTADA DER ORIZON DECLINACION ASTRONOMICA*

En apendix s'establís, de cada ua des 24 glèises qu'auem considerat coma romaniques, era situacion des sues coordenades geografiques dera latitud ( $\phi$ ) e longitud ( $\lambda$ ), damb era sua nautada topografica, er azimut promiei de tres observacions (Azca) e era nautada der orizon (ASSca) que s'an establít entath calcul de declinacion astronomica ( $\delta$ ).



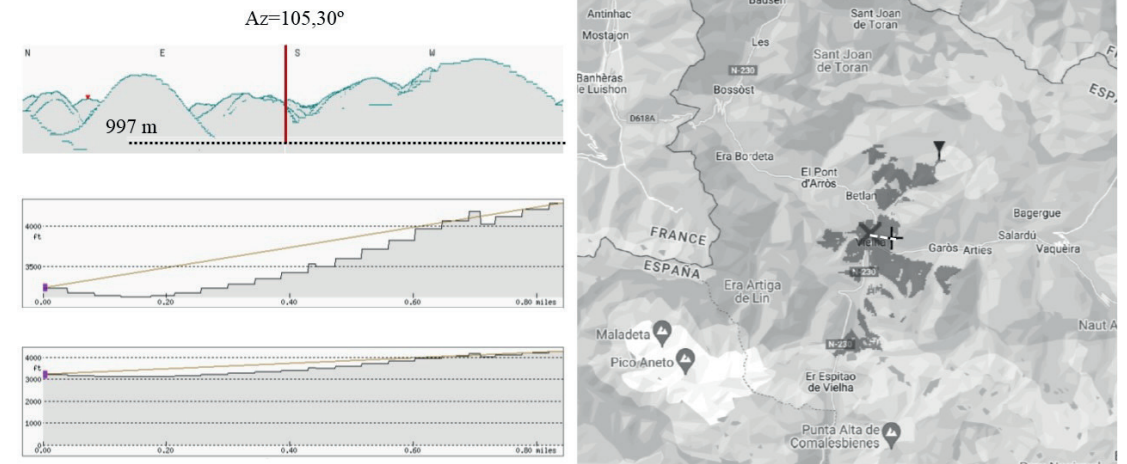
**28 Sant Miquèu de Vielha**

Latitud: 42,70° Longitud: 0,80° Nautada : 976



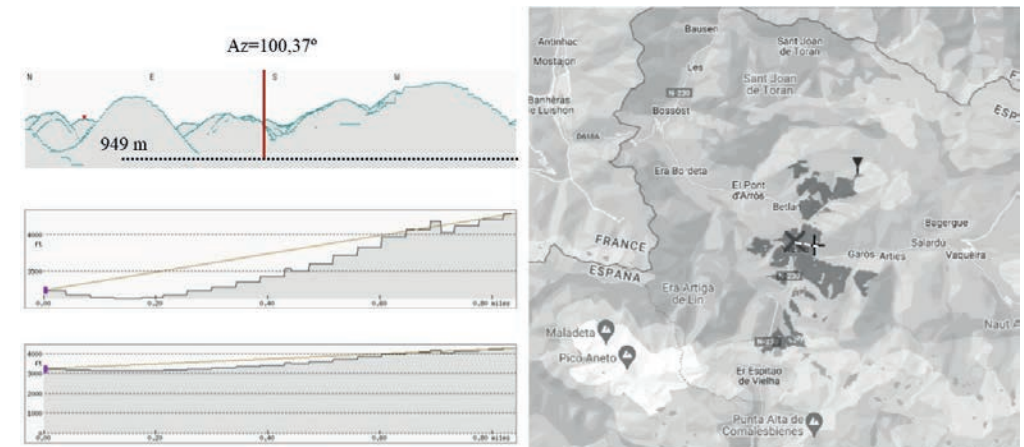
**27 Sant Andreu de Casau**

Latitud: 42,71° Longitud: 0,79° Nautada : 1109



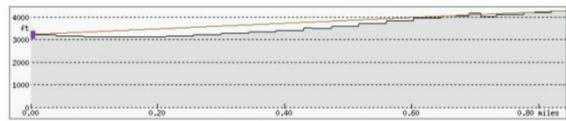
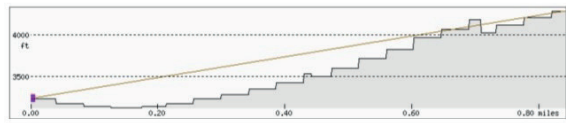
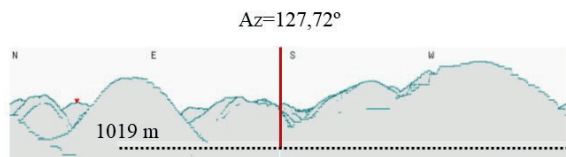
**26 Sant Martin de Tours de Gausac**

Latitud: 42,71° Longitud: 0,79° Nautada: 997



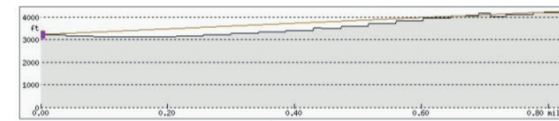
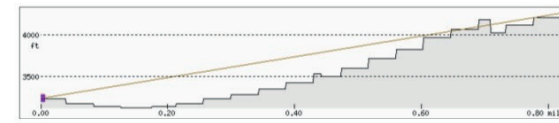
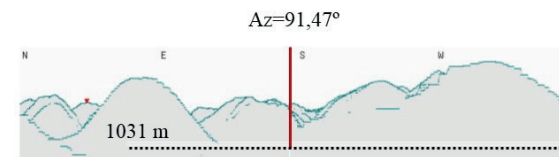
**25 Santa Maria de Mijaran**

Latitud: 41,71° Longitud: 0,80° Nautada: 949



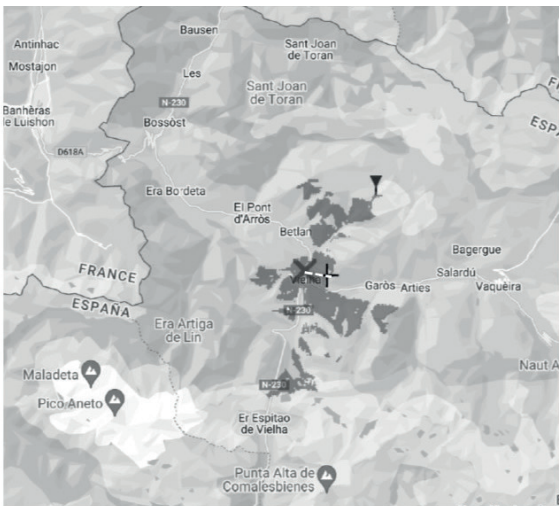
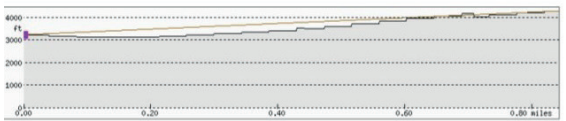
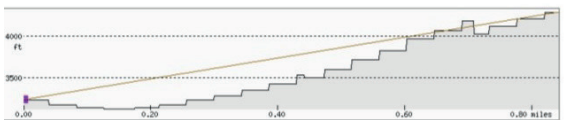
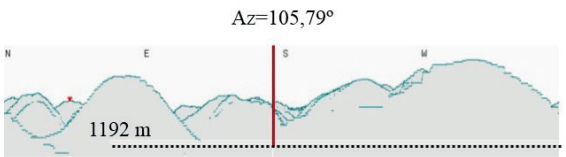
**24 Sant Fèlix de Vilac**

Latitud: 42,72° Longitud: 0,80° Nautada: 1019



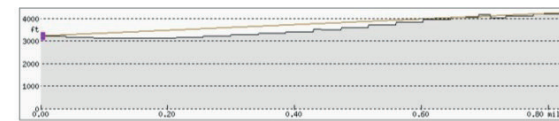
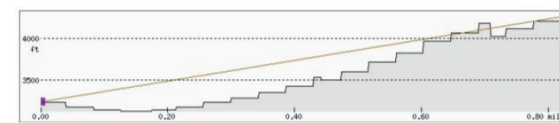
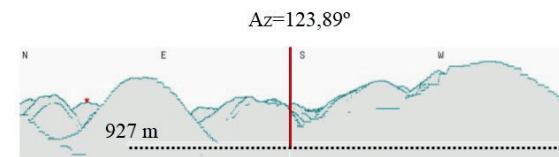
**21 Sant Pèir de Betlan**

Latitud: 42,73° Longitud: 0,79° Nautada: 1031



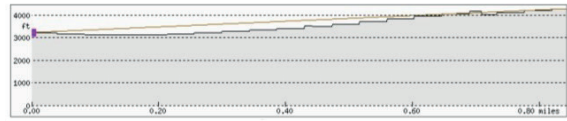
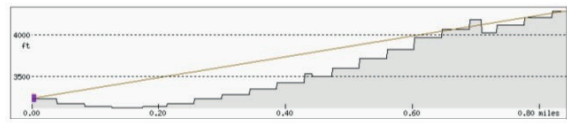
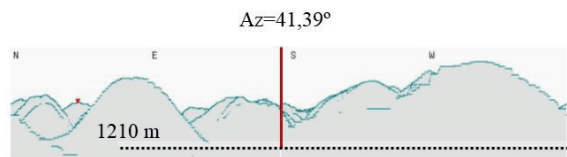
**22 Sant Estèu de Montcorbau**

Latitud: 42,73° Longitud: 0,79° Nautada: 1192



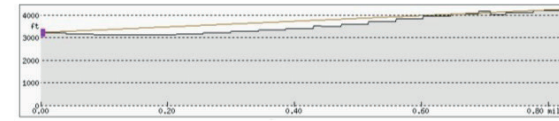
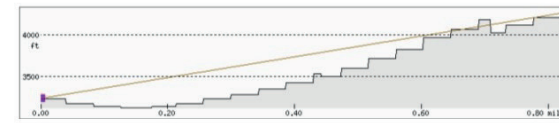
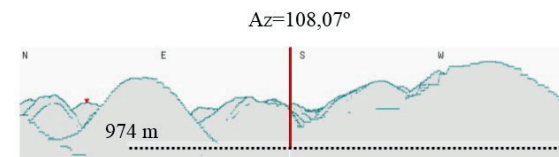
**19 Sant Martin d'Aubèrt**

Latitud: 42,73° Longitud: 0,78° Nautada: 927



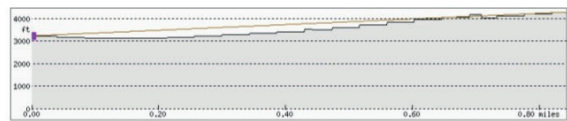
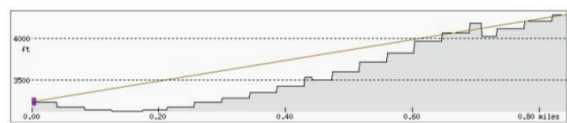
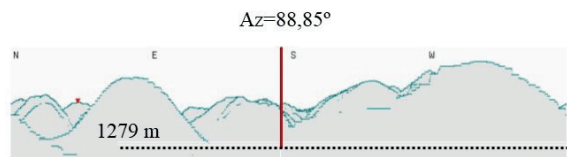
**16 Sant Joan d'Arròs e Vila**

Latitud: 42,76° Longitud: 0,77° Nautada: 1210



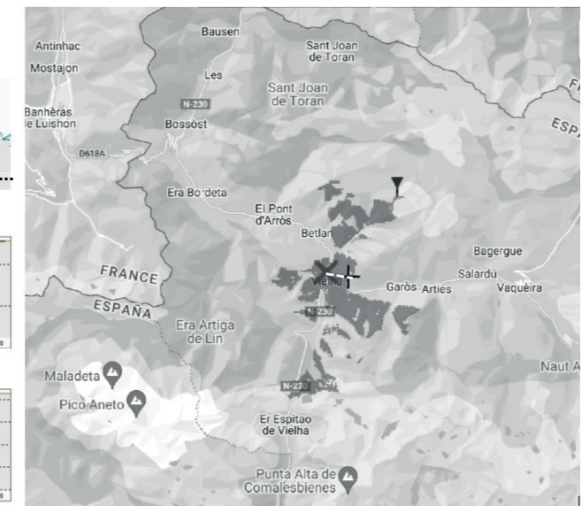
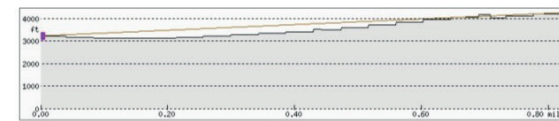
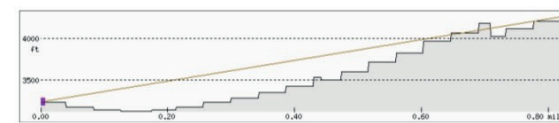
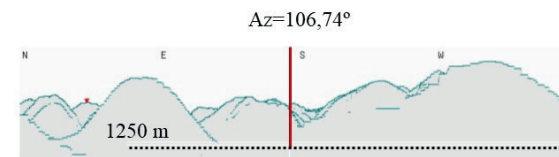
**14 Sant Ròc de Begós**

Latitud: 42,74° Longitud: 0,74° Nautada: 974



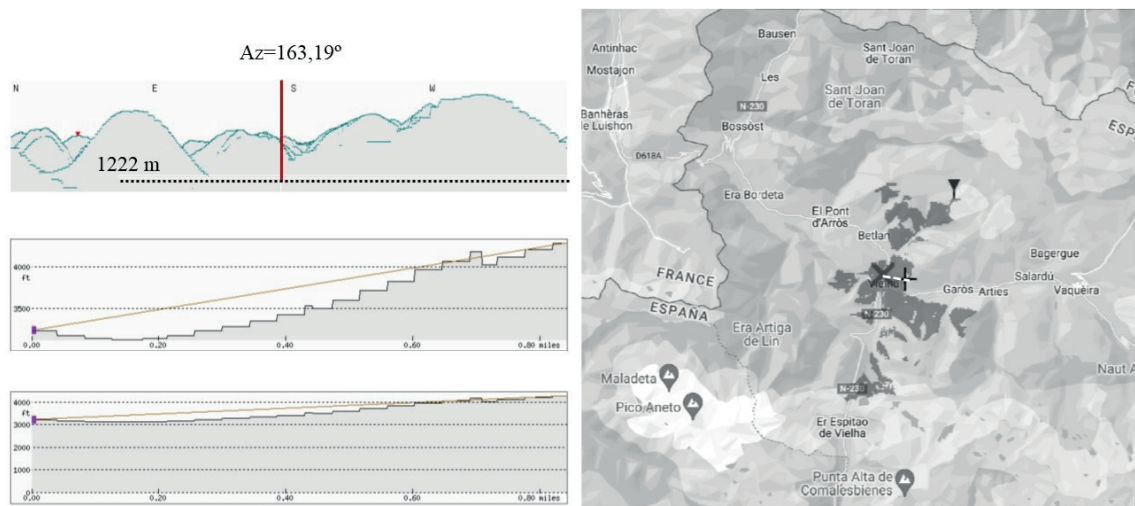
**15 Sant Miquèu de Vilamòs**

Latitud: 42,75° Longitud: 0,74° Nautada: 1279



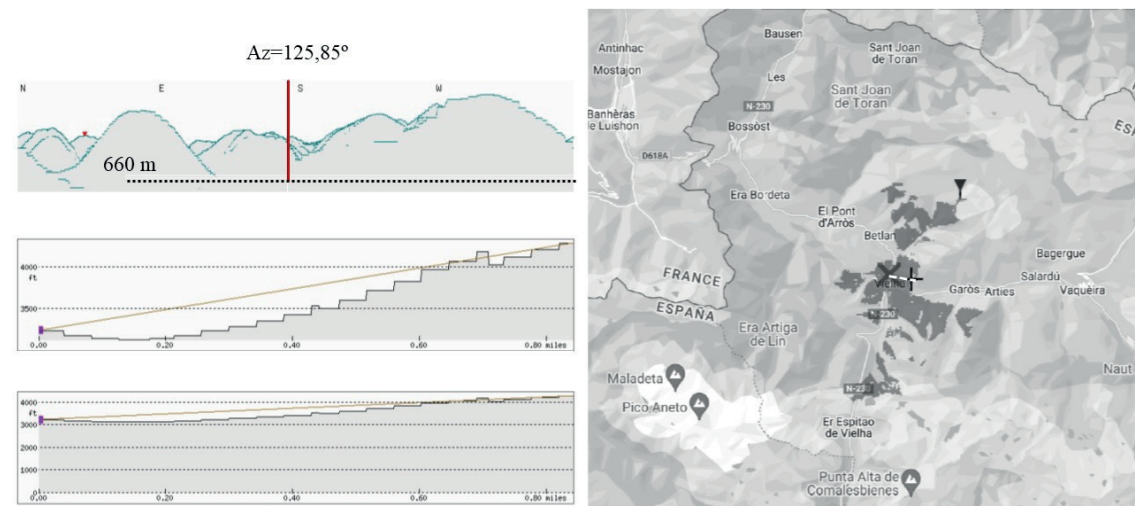
**12 Santa Maria de Vilamòs**

Latitud: 42,75° Longitud: 0,73° Nautada: 1250



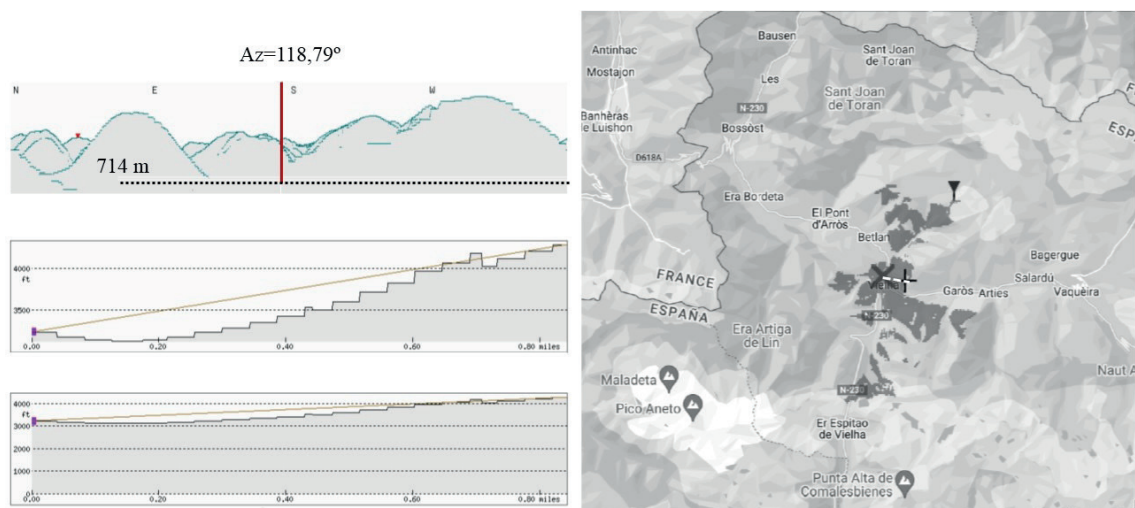
**9 Sant Fabian d'Arres de Jos**

Latitud: 42,75°    Longitud: 0,71°    Nautada: 1222



**4 Sant Blas de Les**

Latitud: 42,81°    Longitud: 0,72°    Nautada: 660



**6 Era Mair de Diu dera Purificacion de Bossòst**

Latitud: 42,79°    Longitud: 0,69°    Nautada: 714

## REFERÈNCIES

- ACA Archiu Corona d'Aragon
- AFCEC. Archiu Fotografic Centre Excursionista de Catalunya, Barcelona
- AHR. Architectural Heritage Research, Universitat Internacional Catalunya
- arcsin. Arcosen, foncion trigonometrica
- ASS. Nutada der orizon (ASS)
- Az. Azimut
- CAD Computer-Aided Design
- CBM. Carpentras Bibliothèque Municipale
- COAC. Col·legi d'Arquitectes de Catalunya
- cos. cosen, foncion trigonometrica
- CRP. Close Range Photogrammetry
- (*De Uni.*) MPL111, 1864. De Universo Rabanus Maurus
- E. Èst, punt cardinau
- ESARQ Escola Superior Arquitectura, Universitat Internacional Catalunya
- ETSA-URV. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura Reus(*Etym.*) Lindsay. 1911. Etymologiarum sive Originvm libri XX
- (*Fave N. Ceti Faventivi. Liber artis architectonae. Iterum edidit Valentinus Rose. pp. 283-309*)
- GMS. Coordenades terrèstres sexagesimaus, expressades en grads, minutes e segons. IEE. Institut d'Estudis Catalans
- La.) Lachman. 1848. Die Schriften der Römischen Feldmesser Herausgegeben und erläutert von von F. Blume, K. Lachmann, und A. Rudorff. Lipsiae*
- Lg. Nautada gnomon
- Lu. Longada d'ua ombra
- MDC Captura Massiva de donades
- MEF. Metòde elements finits
- MPL. Patrologia Latina Migne
- Ms. RIP 106. Manuscrit Ripollenc 106, (ACA 106)
- O. Oèst, punt cardinau
- sin. Sen, foncion trigonometrica
- tan. Tangent, foncion trigonometrica
- Tim.* Timaeus, Timeo de Platon (Cornford 1937)
- TIN Triangulated Irregular Network

TLS. Terrestrial Laser Scanner.

UIC. Universitat Internacional Catalunya

URV Universitat Rovira i Virgili

(Vitr.) Vitruvio, Rose 1899. Vitruvii. De architectura Libri Decem. Valentinus Rose. pp. 1-282.

( $\phi$ ). Latitud astronomica

( $\delta$ ). Declinacion astronomica

$\theta_s$ . Angle ombra d'un gnomon

( $\lambda$ ) Longitud astronomica

## BIBLIOGRAFIA

Abrahamsen, N. (1992). Evidence for church orientation by magnetic compass in twelfth century Denmark. *Archaeometry* 34, 293-303.

Adam J.P. (1982). Groma et Chorobate. *Mélanges de l'École française de Rome. Antiquité*, 94.2, 1003-1029.

Andreu, R. (2012). *Edició crítica, traducció i estudi de l'Arts gromatica siue geometria Gisemundi*. Tèsi Doctorau codirigida pes doctors: Dra. Cándida Ferrero e Dr. Oriol Olesti. Departament de Ciències dera Antiquitat e dera Edat Mieja. Universitat Autònoma de Barcelona.

Almagro, A.; Raya, J.M. (1996). Estudi fotogrametrico deth relòtge roman de Mérida. *Anas*, 79-88.

Alonso, M. (1954). Domingo Gundisalvo. *De Scientiis. Compilacion a basa principaument dera d' Al-Farabi*. Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Alsina, C.; Feliu G. (1996). *Diccionari de Mesures Catalanes*. Barcelona: Curial.

Arnaldi, M. (2020). Gli 'Schemi delle ombre' nel Medio Evo latino. Addenda. *Orologi Solari*, 21, 17-34

Arneitz, P; Draxler, A; Rauch, R; Leonhardt, R. (2014). Orientation of churches by magnetic compasses? *Geophysical Journal International*. 198. 1,1-7.)

Aveni, A; Romano, G. (1994). Orientation and Etruscan Ritual. *Antiquity* 68, 545-563.

Arnaldi, Mario (2008a). Orologi solari azimutali medievali. Analisi dei testi e possibili collazioni (seconda parte). *Orologi Solari*, n. 15, Giugno. 31-40.1

Arnaldi, Mario (2008b). Orologi solari azimutali medievali in due manoscritti inediti: Darmstadt 1020 e Karlsruhe 504 (prima parte). *Orologi Solari*, n. 14, Febbraio, 51-63.

Arnaldi, Mario (2012). De cursu solis medieval azimutal sundials. From the primitive idea to the first structured prototype. The british sundial society. BSS Monograph No. 10. London: The Royal Astronomical Society.

Baratte, F.; Bejaoui, F. (2004). Un évêque horloger dans l'Afrique byzantine :

Hyacinthe d'Ammaedara, Comptes rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres , 148.3, 1121-1151.

Ballester, A. (2022). *Urbanisme. Mèdi sociau d'Aran. Singularitats identitàries*. Vihela: Institut d'Estudis Aranesi-Acadèmia aranese dera lengua occitana.

Bechmann, R. (1991). Villard de Honnecourt. La pensée technique au XIIIe siècle et sa communication. Paris: Picard Éditeur.

Beer, R. (1907): Die Handschriften des Klosters Santa Maria de Ripoll. Tl. 1 Wien: A. Hölder

Beer, R.; Barnils, P. (1910). *Los manuscrits del monastir de Santa María de Ripoll*. Barcelona Estampa de la Casa Provincial de Caritat.

Beleth, J. (1855). *Rationale divinatorum officiorum*. Documenta Catholica Omnia. De Scriptoribus Ecclesiae Relatis. Migne JP. Patrologia Latina. MPL 202, Col. 0165 - 0167.

Belmonte, J.A., González-García, A.C. (2013). Metodología y fundamento de las observaciones arqueoastronómicas. En: *Petroglifos, paleoambiente y paisaje. Estudios interdisciplinarios de arte rupestre de*



Campo Lameiro (Pontevedra), Criado-Boado, F.; Martínez-Cortizas, A.; García-Quintela M.V. (eds). *Traballos de Arqueoloxía e Patrimonio* 42, 59-63

Benson, H. (1956). Church Orientations and Patronal Festivals. *The Antiquaries Journal* 36, 205-213.

Blume, F; Lachman, K; Rudorff. A. (1848). Die Schriften der Römischen Feldmesser Herausgegeben und erläutert von von F. Blume, K. Lachmann, und A. Rudorff. Erster Band. Berlin: Bei Georg Reimer.

Blume, F; Lachman, K; Rudorff. A. (1852). Die Schriften der Römischen Feldmesser: Erläuterungen zu den Schriften der römischen Feldmesser, von F. Blume, K. Lachmann, T. Mommsen und A. Rudorff. Zweiter Band. Berlin: Druck und Verjag von Georg Reimer.

Bubnov, N. (1899). *Gerberti postea Silvestri II papae opera mathematica (972-1003)*. Berlin: Friedländer.

Cantor, M. (1875). Die römischen Agrimensoren und ihre Stellung in der Geschichte der Feldmesskunst. Eine historisch-mathematische Untersuchung von Dr. Moritz Cantor. Leipzig: Druk un verlag von B.G.Teubner.

Carrero, E. (2009). La arquitectura medieval al servicio de las necesidades litúrgicas. Los conjuntos de iglesias, *Anales de Historia del Arte*, volumen extraordinario, 61-97.

Casulleras, J. (1993). Descripciones de un cuadrante solar atípico en el occidente musulmán. *Al-Qantara*, 14, 65-87.

Čaval, S. (2009). Astronomical Orientations of Sacred Architecture during the Medieval Period in Slovenia. *Cosmology Across Cultures ASP Conference Series*, Vol. 409, proceedings of the conference held 8-12 September, 2008, at Parque de las Ciencias, Granada, Spain, Rubiño-Martín, J.A.; Belmonte J.A.; Prada, F.; and Antxon Alberdi A.(ed). San Francisco: Astronomical Society of the Pacific, 209-219.

Cervera, L. (1978). El Códice Vitrubiano hasta sus primeras versiones impresas. Madrid: Instituto de España.

Cervera, L. (1986). Notas para un estudio sobre la influencia de Vitruvio en el Renacimiento carolingio. *Academia: Boletín. Real Acad. Bellas Artes San Fernando*, 62, 35-58.

Clemente VIII. (1595). *Pontificale Romanum Clementis VIII Pont. Max. iussu restitutum atque editum*. Romae: Apud Iacobum Lunam : impensis Leonardi Parasoli & Sociorum.

Cleveland A. (1886). The Ante-Nicene Fathers: Translations of the Writings of the Fathers Down to A.D. 325. Fathers of the third and fourth centuries; Lactantius, Venantius, Asterius, Victorinus, Dionysius, Apostolic teaching and constitutions, homily, and liturgies, Volum 7. Christian Literature Company. Michigan: Wm. B. Eerdmans publishing company Grand Rapids.

Coll-Pla S. (2017). *Estudi des Gleises en cornaenclinc de voutes escarramingades* Tèsi Doctorau dirigida peth Dr. Josep lluis i Ginovart, y Dr. Costa Jover. Universitat Rovira i Virgili, Reus,. Unitat predepartamental d'Arquitectura.

Constant J. M. (2009). Liturgists and Dance in the Twelfth Century: The Witness of John Belet and Sicard of Cremona. *Church History*. 78.3, 512-548.

Charvátová I.; Klokočník J.; Kolmaš J.; Kostelecký J. (2011). Chinese tombs oriented by a compass: evidence from paleomagnetic changes versus the age of tombs. *Studia Geophysica et Geodaetica*, 55.1, 159-74.

Daniélou, J. (1960). *Théologie du Judéo-christianisme*. París: Desclée.

De Angelis, P. (1621) *Basilicae S. Mariae Maioris de Vrbe a Liberio Papa I. Usque ad Pavlvum V. Pont. Max., lib. XII*. Romae: Ex Typographia Bartholomæi Zannetti.

De Bruyne, E. (1946). *Etudes d'esthétique médiévale. I. De Boèce à Jean Scot Erigène. II. L'époque romane. III. Bruges: De Tempel*.

Delcor, M. (1987). Les églises romanes et l'origine de leur orientation. *Les Cahiers de Saint-Michel de Cuxa* 18, 39-53.

Dilke, O. A. W. (1967). Illustrations from Roman Surveyors' Manuals. *Imago Mundi*, 21, 9-29.

Dilke, O. A. W. (1979). *Gli agrimensori di Roma Antica*. Bologna. Edagricole.

Durliat, M. Allègre, V (1969) Pyrénées Romanes. *Zodiaque*. Col. La nuit des temps n°30.

Erland-Branderburg, A. (1991). *Villard de Honnecourt. Cuaderno Siglo XIII*. Madrid: Akal

Esteban, C., Delgado M. (2005). Sobre el análisis arqueoastronómico de dos yacimientos tinerfeños y la importancia de los equinoccios en el ritual aborigen. *Revista Tabona*, 13 enero, 187-214.

Farré, E. (1991). The sundial in the manuscript 225 of Ripoll. *Bulletin of the British Sundial Society*, 91.2, 35-37.

Faventino, M. C. (1979). *Las diversas estructuras del arte arquitectónico o Compendio de Arquitectura*. Oviedo: Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Asturias.

Firneis, MG; Köberl, C. (1989). *Further studies on the astronomical orientation of Medieval churches in Austria*. En *World Archaeoastronomy*, ed. A. F. Aveni, Cambridge University Press, Cambridge, 430-435.

Font, J.O. (2007). Els dòlmens catalans en el context de l'Europa occidental. Un acostament des de l'arqueoastronomia. Barcelona: Societat Catalana d'Arqueologia.

Fontana, C. (1694). *Il Tempio Vaticano e sua origine: con gl'edifitii più cospicui, antichi e moderni, fatti dentro e fuori di esso*. Roma: Nella stamparia di Gio. Francesco Buagni.

Frankl, P. (1960). *The Gothic: Literary Sources and Interpretations through Eight Centuries*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.

Fuson R.H. (1969). The orientation of Mayan ceremonial centers. *Journal Annals of the Association of American Geographers*, 59.3, 494-512.

Garland, E. (2012.) "Les débuts de l'art roman dans le Val d'Aran", *Mémoires de la Société Archéologique du Midi de la France*, LXXII, 82-105. Tolosa de Languedòc.

García, V. (1998). *Metafísica de Aristóteles*. Madrid: Editorial Gredos.

Guillermo de Durando. (1775). *Prochiron vulgo rationale divinatorum officiorum*. Auctore Gulielmo Durando. Matriti: Ex typographia Blasii Roman.

González, Á. (1955). *Alfarabi 870-950. Catálogo de las ciencias*. Madrid: Instituto Miguel Asin.

González-García, C. 2015. La orientación de las iglesias prerrománicas de Galicia: análisis y resultados preliminares». *Estudos do Quaternário*, 12, 133-142.

González-García, A. C.; Belmonte, J.A. (2015). The Orientation of Pre-Romanesque Churches in the Iberian Peninsula». *Nexus Network Journal* 17.2, 353-377

González-García, A. C.; Belmonte, J.A. (2019). Archaeoastronomy: A Sustainable Way to Grasp the Skylore of Past Societies. *Sustainability*, 11.8, 2240.

- Guillaumin, J.Y. (2005). Hyginus Gromaticus: Les arpenteurs romains. Tome I : Hygin le Gromaticus. Frontin. Paris : Les Belles Lettres.
- Guillaumin, J.Y. (2015). Le discours des agrimensores latins: caractéristiques et sources, transmission et adaptation. *Studia Philologica Valentina*. 17 n.s. 14, 9-34.
- Hanssens, J.M. (1948-1950). *Amalarii episcopi Opera liturgica omnia*, 3 vols. Rome: Bibliotheca Apostolica Vaticana.
- Havet, J. (1889). *Lettres de Gerbert (983-997), publiées avec une introduction et des notes par Julien Havet*. Paris: Alphonse Picard.
- Harvey, J. (1972). *The medieval architect*. London: Wayland Publishers London.
- Heath, T.L. (1908). *The Thirteen Books of Euclid's Elements*. Vol. III. Cambridge: University Press.
- Hoare, P. G; Sweet, C. S. (2000). The orientation of early medieval churches in England. *Journal of Historical Geography* 26.2, 162-173.
- Honorio de Autún (1895). *Gemma Animae*. Documenta Catholica Omnia. De Scriptoribus Ecclesiae Relatis. Migne JP. Patrologia Latina. MPL172, Col. 0541 - 0738B.
- Incerti, M. (2013). Astronomical Knowledge in the Sacred Architecture of the Middle Ages in Italy. *Nexus Network Journal Architecture and Mathematics* 15, 503-526.
- Isidoro de Sevilla (1919). *Isidori Hispalensis episcopi. Etymologiarum sive Originum libri XX*. Recognovit brevique adnotatione critica instruxit W. M. Lindsay. Oxonii: e Typographeo Clarendoniano.
- Isidoro de Sevilla (2004). *San Isidoro de Sevilla Etimologías, edición bilingüe*. Madrid: Biblioteca de autores cristianos.
- John, B. (1975). Lodestone Compass: Chinese or Olmec Primacy?. *Science*, 189. 4205, 753-760.
- Johnson, W. (1912). *Byways in British Archaeology*. Cambridge: Cambridge University Press
- Junyent, F.; Mazcunan, A.; Bargallo, E.; Pladevall, A.; Adell, J-A.(1987). *Catalunya Romanica*. La Vall d'Aran, Vol. XIII. Barcelona: Enciclopedia Catalana.
- Knapp, AB.; Ashmore, W. 1999. Archaeological landscapes: constructed, conceptualized, ideational. En *Archaeologies of Landscape: contemporary perspectives*. Ashmore, W.; Knapp B. (eds). Oxford: Blackwell Publishing, 1-30.
- Krufft, H-W. (1991). *Geschichte der Architekturtheorie: von der Antike bis zur Gegenwart*. München: München Beck.
- La Roncière, C. (1897). Un inventaire de bord en 1294 et les origines de la navigation hauturière. *Bibliothèque de l'École des Chartes*, 58.1, 394-409.
- Lassus, J.B. (1858). *Album de Villard de Honnecourt. Architecte du XIIIe siècle*. Paris: Imprimerie impériale.
- Llidó, J. (2019). El papel de la epigrafía en la datación de San Pedro de la Nave. *Boletín del archivo epigráfico*, 4, 26-49.
- Lisi, F. (1997). *Platón Diálogos VI: Filebo, Timeo, Critias*. Madrid: Gredos.

- Lluís i Ginovart, J. (2016). Geometría y traza de escaleras góticas. Las escuadras como ábacos en la construcción de los caracoles de la catedral de Tortosa. *Informes de la Construcción*, 68.541: e132.
- Lluís i Ginovart, J.; Baiges I.; Alanyà, J. (2015). La geometria del còdex 80 (s. XII) de la catedral de Tortosa. *Anuario de Estudios Medievales* 45.2, 803-851.
- Lluís i Ginovart, J., López Piquer, M., Coll Pla, S. y Costa Jover, A. (2017). Topología de la arqueología litúrgica del primer románico del Val d'Aran. *Arqueología de la Arquitectura*, 14, e059.
- Lluís i Ginovart, J.; López-Piquer, M.; Coll-Pla, S.; Costa-Jover, A.; Urbano-Lorente, J. (2019). Orientation of the romanesque churches in the region of Val d'Aran, Spain (11<sup>th</sup>-13<sup>th</sup> centuries). *Archaeometry* 61.1, 226-241.
- Lluís i Ginovart, J.; Lluís Teruel, C.; Ugalde Blázquez, I. (2021). Cosmology and Precision in the Val d'Aran. *Nexus Network Journal* 23, 433-451.
- Lluís i Ginovart, J.; Lluís-Teruel, C.; Ugalde-Blázquez, I. (2022). La orientación de las Iglesias románicas: los métodos de Gisemundus de Ripoll (f. 850) *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, 27.44, 62-73.
- Lluís i Ginovart, J.; Ugalde Blázquez, I.; Lluís Teruel, C. (2021). Gisemundus and the orientation of the romanesque churches in the Spanish Pyrenees (11<sup>th</sup> -13<sup>th</sup> centuries). *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 21.1, 205-214.
- Madoz, P. (1845). *Diccionario Geográfico-Estadístico-Histórico de España y sus posesiones de Ultramar de Pascual*. Tomo II. Madrid: Est. Literario-Tipográfico de P. Madoz y L. Sagasati.
- Mallafre, C.; Genaro, M.; Esteve, C.; Bau, R.; Gas Llatg, A; Moreno, D.; Zahara, S.; Costa, A. (2018). Diboish e analisi arquitectonica ena Val d'Aran. Des metòdes tradicionaus ara fotogrametria digitau. En *Aran me fecit. Des màstres constructors ara recèrca deth patrimonì sacre*. Ros, E. (coor), 91-97. Vielha: Conselh Generau d'Aran.
- Mambelli, F. 2004. Il problema dell'immagine nei commentari allegorici sulla liturgia: Dalla Gemma Animae di Onorio d'Autun (1120 ca.) al Rationale divinatorum officiorum di Durando di Mende (1286-1292). *Studi Medievali*.45.1. 121-158.
- Manzanero, F. (2008). «Introducción». En: *Vitruvio. Arquitectura. Libros I-V*. Madrid: Editorial Gredos, 8-99.
- Marchegay, P; Mabilie, E. (1869). *Chroniques des églises d'Anjou*. Paris: Chez Mme ve. Jules Renouard,
- Martínez A. N. (2002). Cenobios leoneses altomedievales ante la europeización: San Pedro y San Pablo de Montes, Santiago y San Martín de Peñalba y San Miguel de Escalada. *Hispania Sacra*, 54. 109, 87-108.
- Martínez, E. (2014). Legado gnomónico de al-Andalus. Personajes, documentos y materiales. Córdoba: Editorial el Reloj Andalusi.
- McCluskey, S.C. (1998). *Astronomies and Cultures in Early Medieval Europe*. Cambridge: Cambridge University Press.
- McCluskey, S. C. (2007). Calendrical cycles, the eighth day of the world, and the orientation of English churches». In: *Skywatching in the Ancient World: New Perspectives in Cultural Astronomy: Studies in Honor of Anthony. F. Aveni*, eds. C. Ruggles & G. Urton. Boulder: University Press of Colorado.
- Neugebauer, O. (1975). *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, II, Berlin: Springer-Verlag.
- Millàs Vallicrosa, J. M<sup>a</sup>. 1931. Assaig d'història de les idees físiques i matemàtiques a la Catalunya medieval. Vol I. Barcelona: Institució Patxot.

- Nisard, D. (1864). *Les agronomes Latins. Caton, Varron, Columelle, Palladius, avec la traduction en français de M. Nisard.* Paris: Chez Firmin Didot Frères, fils et Cie, Libraires.
- Nissen, H. (1906). *Orientation. Studien zur Geschichte der Religion.* Berlin: Weidmannsche Buchhndlung.
- Novati F. (1892). Le livre de raisons de B. Boyssset, d'après le ms. des Trinitaires d'Arles, actuellement conservé à Gènes. *Romania*, 21. 84, 528-556.
- Olesti, O. 2017. Héritage et tradition des pratiques agrimensuriques: l'Ars Gromaticum de Gisemundus. *Dialogues d'histoire ancienne*, 43.1, 57-274.
- Orfila-Pons, M; Chávez-Álvarez, E.; Sánchez López, E.H (2017). Urbanizar en época romana: ritualidad y practicidad. Propuesta de un procedimiento homologado de ejecución. *SPAL*, 26: 113-134.
- Origen (1954). *Player. Exhortation to Martyrdom Translated and annotated by John O'Meara.* New York: Newman press.
- Ortíz de Zeballos, A. (1976). La Val d'Aran, contenido de un paisaje. *Quaderns d'arquitectura i urbanisme*, 116, 16-28.
- Paladio, R.T.E. (1990). *Tratado de agricultura; Medicina veterinaria; Poema de los injertos. Intr., trad. y notas de A. Moure Casas.* Madrid: Editorial Gredos
- Pablo VI, (1969). *Calendarium Romanum ex decreto Sacrosanti Decumenici Concilii Vaticani II instauratum auctoritate Pauli PP. VI promulgatum.* Vaticano: Typis Polyglottis Vaticanis.
- Pérez, J. (1998). «La orientación de las iglesias románicas del Camino de Santiago». En: *Actas del Segundo Congreso Nacional de Historia de la Construcción*, A Coruña, 22-24 octubre 1998, eds. F. Bores, J. Fernández, S. Huerta, E. Rabasa. Madrid: I. Juan de Herrera, SEDHC, U. Coruña, CEHOPU, 391-396.
- Pérez J; Pérez V. (2018). La orientación de las iglesias mozárabes. *España Medieval*, 41,171-197.
- Pérez, J.; Pérez, V. (2019) La orientación de las iglesias románicas en la península ibérica. *Anuario Estudios Medievales* 49.2, 761-791.
- Portet, P. (2004). *Bertrand Boyssset, la vie et les oeuvres techniques d'un arpenteur médiéval (v. 1355- v. 1416).* Paris: Éditions Le Manuscrit.
- Poujade, P. 1998. Une vallée frontière dans le Grand Diècles. Le Val d'Aran entre deux monar-chies. Aspet: PyrÉGraph.
- Puig i Cadafalch, J. (1906). "Influences lombardes en Catalogne". *Congrès Archéologique de la France, Carcassonne-Perpignan*, 684-703).
- Puig i Cadafalch, J., Falguera, A.; Goday, J. (1909) *L'Arquitectura Romànica a Catalunya.* Vol III. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans
- Puigvert, G. 1995. Estudi dels manuscrits científics del Monestir de Santa Maria de Ripoll. Notes per a un estat de la qüestió. *Faventia*, 17.1, 89-118
- Rabano Mauro. (1864). *De Universo Libri Viginti Duo.* Documenta Catholica Omnia. De Scriptoribus Ecclesiae Relatis. Migne JP. Patrologia Latina, MPL111, Col. 0009 - 0614B.
- Raya, J. (2010). Reloj solar de Caesaraugusta. *Archivo Español de Arqueología*, 83, 199-202.
- Reglà, J. (1948). Cuestiones demográficas del valle de Arán en la Edad Media. *Pirineos*, 10, 497-508.

- Reglà, J. (1951). Francia, la corona de Aragón y la frontera pirenaica: la lucha por el valle de Arán, siglos XIII-XIV. Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Reveyron, N. (2003). Architecture, liturgie et organisation de l'espace ecclésial. Essai sur la notion d'espace dans l'architecture religieuse du Moyen Âge. *Les cahiers de Saint-Michel de Cuxa*, 34, 161-175.
- Riu, M. (1996). Pesos, mides i mesures a la Catalunya del segle XIII. *Anuario de Estudios Medievales*, 26.2, 825-837.
- Roigé, Xaxier; Estrada, Ferran; Beltran, Oriol (1997). *La casa Aranesa. Antropologia de l'arquitectura a la Val d'Aran.* Tremp: Carsineli Edicions
- Romano G. (1997). Deviazioni negli orientamenti del tipo "Sol Aequinoctialis". *Memorie della Società Astronomia Italiana*, 68, 723-729.
- Ros Barbosa, E. (2015). The movable and immovable heritage of the Aran Valley and its management. En *Proceedings of the Structural Studies, Repairs and Maintenance of Heritage Architecture XIV.* Stremah, Section 8, 469-480.
- Ros, E. (coor). (2018). Aran me fecit. Des màstres constructors ara recerca deth patrimòni sacre. Vielha: Conselh Generau d'Aran.
- Rossi, A. 2012. Form Drawig to Techical Drawing. *Nexus Netw Journal Architecture and Mathematics*, 14, 135-139.
- Rossi, G. (1877). *Groma e Squadro ovvero storia dell'agrimensura italiana dai tempi antichi al secolo XVII.* Torino: Ermanno Loescher
- Roth A. (1996). Modalités pratiques d'implantation des cadastres romains : quelques aspects (Quintarios Claudere. Perpendere. Cultellare. Varare : la construction des cadastres sur une diagonale et ses traces dans le Corpus agrimensorum. *Mélanges de l'école française de Rome*. 108.1, 299-422.
- Roth, J. P. (1999). *The logistics of the Roman Army at War (264 BC-AD 235).* Columbia Studies in the Classical Tradition. Vol. 23. Leiden; Boston; Köln Brill.
- Ruperti Tuitiensis (1967). *Ruperti Tuitiensis. Liber de divinis officiis editit Hrabanus Haacke.* Turnholti :Typographi Brepols.
- Sanllehy, A. (1996). Comunitats, veïns i arrendataris a la Val d'Aran (s. XVII-XVIII): Dels usos comunals a la dependència econòmica". *Pedralbes*, 16, 189- 197.
- Sarrate i Forga, J. (1975a). *El Arte románico en el Cap d'Aran.* Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos de Cataluña, Delegación de Lérida.
- Sarrate i Forga, J. (1975b). *El Arte románico en el Mig-Arán.* José Sarrate Forga, Lérida
- Sarrate i Forga, J. (1976). *El Arte románico en el Baix-Arán.* José Sarrate Forga, Lérida.
- Sarrate i Forga, J. (1976b). Esquema del Arte Románico Aranés. *Cuadernos de Arquitectura y Urbanismo*, 116, 54-63.
- Sassin, A. (2016). Church Orientation in the Landscape: A Perspective from Medieval Wales. *Archaeological Journal*, 173.1, 154-187.
- Schaldach, K. (2008). Gli 'schemi delle ombre' nel Medio Evo latino. *Orologi Solari*, 16, 9-16.
- Schoene, H. (1903) *Heronis Alexandrini opera quae supersunt omnia.* Vol III: Rationes dimetiendi et commentatio dioptrica. Teubner: Leipzig.

Schuler, S. (1999). Vitruv im Mittelalter: die Rezeption von "De architectura" von der Antike bis in die frühe Neuzeit Köln: Böhlau, apéndices

Sebastián S. (1994). Mensaje Simbólico del Arte Medieval. Arquitectura, Liturgia e Iconografía. Madrid: Ediciones Encuentro.

Segalàs Sala, J. (2022). *Urbanisme de montanha Val d'Aran*. Vihela: Institut d'Estudis Aranesi-Acadèmia aranese dera lengua occitana.

Sesiano, J. (1984). Une arithmétique médiévale en langue provençale, *Centaurus*, 27, 26-75.

Sicardo de Cremona (1855). *De Mitrali Seu Tractatus De Officiis Ecclesiasticis*. Documenta Catholica Omnia. De Scriptoribus Ecclesiae Relatis. Migne JP. Patrologia Latina. MPL213, Col. 0011- 0011.

Solés, J. 2016. *Istòria dera Glèisa en Aran*. Barcelona: Ed. Larkos.

Soler, R. (1988). Interpretación del analemma de Vitruvio. *Revista de Obras Públicas*, diciembre, 1127-1133.

Smedt, C; Backer I (et alt). (1894). Praemissum est Martyrologium Hieronymianum endentibus Iohanne Baptista de Rossi et Ludovico Ouchesme. Sanctorum novembris collecta digesta illustrata. Tomi II pars prior. Bruxellis: Apud socios Bollandianos

Spinazzè, E. (2016). The alignment of medieval churches in northern-central Italy and in the Alps and the path of light inside the church on the patron saint's day. *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 16.4, 455-463.

Toneatto, L. (1995). Codices artis mensoriae. I manoscritti degli antichi opuscoli latini d'agrimensura (V-XIX sec.). Spoleto: Centro Italiano di studi sull'alto medioevo.

Thulin, C. (1911). *Die Handschriften des Corpus agrimensorum Romanorum*. Berlin: Akademie der Wissenschaften.

Thulin, C. (1913). *Corpus Agrimensorum Romanorum*. Lipsiae: In aedibus B.G. Teubneri

Tuker, M. A. R; Malleson H. (1900). Handbook to christian and ecclesiastical Rome. Part I. The christian monuments of Rome. London: Adam and Charles Black.

Visconti, P. E. (1840). *Lettera di Raffaello d'Urbino a papa Leone X*. Raffaello Sanzio. Roma: Tipografia delle scienze

Vitruvio, M.P. (1511). M. Vitruvius per Iocundum solito castigatior factus, cum figuris et tabula, ut iam legi et intelligi potest. Venecia: Tacuino.

Vitruvio, M. (1582). M. Vitruvio Pollion De Architectura, dividido en diez libros, traducidos de Latin en Castellano por Miguel de Urrea Architecto. Alcalá de Henares: Juan Gracián.

Vitruvio, M. P. (1787). Los diez libros de arquitectura de M. Vitruvio Polion traducidos del latin, y comentados por don Joseph Ortíz y Sanz. Madrid: Imprenta Real.

Vitruvio, M. P. (1899). Vitruvii. De architectura Libri Decem. Iterum edidit Valentinus Rose. Lipsiae: In aedibus B. G. Teubneri.

Vogel, C. (1962). Sol aequinoctialis. Problemes et technique de l'orientation dans le cultura chretien. *Revue Sciences Religieuses*, 36, 175-211.

Vorágine, J. (1844-1845). *La leyenda de Oro para cada día del año. Vidas de todos los Santos que venera la Iglesia: Obra que comprende todo el Ribadeneyra mejorado, las noticias del Croisset, Butler, Godescard, la revisa José Palau*. 4 Tomos. Madrid, Barcelona: Librer

## NÒTES

1. Digam ara un mot damb respècte ara direccion en qué cau guardar en hèr oracion. Quate son es punts cardinaus, nòrd, sud, èst e oèst. Quinsevolha persona reconeish sens dobte qu'auem de pregar en tot guardar entà orient, expression simbolica dera anma que guarde entath lheuand dera lum vertadèra. p. 27.

2. Recogida por Hanssens, J.M. (1948-1950). *Amalarii episcopi Opera liturgica omnia*, 3 vols. Rome: Bibliotheca Apostolica Vaticana. p. 29.

3. Ruperti Tuitiensis (1967). *Ruperti Tuitiensis. Liber de divinis officiis editit Hrabanus Haacke*. Turnholt: Typographi Brepols. p. 29.

4. Guillermo de Durando. (1775). *Prochiron vulgo rationale divinatorum officiorum*. Auctore Gulielmo Durando. Martini: Ex typographia Blasii Roman. p. 30.

5. Calculadora; heywhatsthat.com (Consulta 21-02-2023).

6. Calculadora; [https://carta-natal.es/calendario\\_gregoriano.php](https://carta-natal.es/calendario_gregoriano.php). (Consulta 21-02-2023), Eth calendari gregorian siguec aprovat en 1580 e substituic eth calendari julian en 1582, encara qu'en bèri païsi non s'implantèc enquia ans mè tard. Actuaument s'utilize de forma oficiau en tot eth mon. Entre es ans 325 e 1582, abans dera reforma gregoriana, s'auie acumulat un desfasatge en calendari pr'amor d'un calcul inexacte deth nombre de dies der an tropic. Eth calendari julian estable un an bissèxe toti es quate ans, compdant qu'er an auie 365,25 dies, en lòc des 365,242189 qu'a en realitat. A conseqüència d'aguest desfasatge de mè d'11 minutes per an, en 1582 eth calendari civiu portau un retard de 10 dies damb respècte ath calendari astronomic. Agustè dètz dies d'error acumuladi pendent era vigència deth calendari julian desapareishen en moment en qué d'adòpte era reforma gregoriana, era quau establís ua naua formula entath calcul des ans bissèxtes, de manèra qu'ath dijaus 4 d'octobre deth 1582 deth calendari julian li seguís eth diuendres 15 d'octobre de 1582 der actuaual calendari gregorian. p. 43.

7. Smedt, C; Backer I (et alt). (1894). *Praemissum est Martyrologium Hieronymianum endentibus Iohanne Baptista de Rossi et Ludovico Ouchesme. Sanctorum novembris collecta digesta illustrata*. Tomi II pars prior. Bruxellis: Apud socios Bollandianos. p. 44.

8. Vorágine, J. (1844-1845). *Era legenda d'òr entà cada dia der an. Vides de toti es sants que venèr era Glèisa: Òbra que compren tot eth Ribadeneyra milhorat, es notícies deth Croisset, Butler, Godescard, era revisa José Palau*. 4 volums. Madrid, Barcelona: Libreria de Razola, Imprimaria de Llorens Germans. p. 44.

9. *Tratado de agricultura; Medicina veterinaria; Poema de los injertos*. Intr., trad. y notas de A. Moure Casas., pp. 167-168; 119; 229; 271; 285; 298-299; 313; 337; 353-354; 381; 411-412; 418, (Paladio 1990). p. 54.

10. Schuler, S. (1999). *Vitruv im Mittelalter: die Rezeption von "De architectura" von der Antike bis in die frühe Neuzeit Köln: Böhlau, apéndices*. p. 61.

11. S'utilize era notacion de Valentin Rose (1829 -1916) per èster era que recuelh ena edicion es manuscrits coneishudi enquia finaas deth sègle XIX. Vitruvio, M. P. (1899). *Vitruvii. De architectura Libri Decem. Iterum edidit Valentinus Rose*. Lipsiae: In aedibus B. G. Teubneri. p. 62.

12. Eth tèxte *Artis architectonicae privatis usibus abbreviatus liber*, atribuït ar arquitecte Marco Cetio Faventino (f.400). S'emplegue era edicion de Valentin Rose (1829-1916). Vitruvio, M.P. (1899) N. *Ceti Faventivi. Liber artis architectonae*. En Valentinus Rose (ed). Vitruvii. De architectura Libri Decem. Lipsiae: In aedibus B. G. Teubneri, pp. 283-309. Existís ua edicion espanhòla tradusida ath latin dera edicion de Vascosan (París, 1540). *Ceti Faventini artis architectonicae privatis usibus abbreviatus liber* de Agustín Hevia Ballina. Faventino, M. C. (1979). *Las diversas estructuras del arte arquitectónico o Compendio de Arquitectura*. Oviedo: Colegio Oficial de Aparejadores y ArquitectosTécnicos de Asturias. p. 62.

13. Era distància per èish Pirenenc actuau distància en Monastèri e Vielha de 212 km, Guardiola de Bergadà, Bellver de Cerdanya, Adrall, Sort. Estèrri d'Àneu, ues 53 ores a pè. p. 64.

14. Era òbra classica de Nissen, H. (1906). *Orientation. Studien zur Geschichte der Religion*. Berlin: Weidmannsche Buchhndlung. p. 66.

15. Eth cercle superior a un Zodiac gravat ena sua extremitat [*del Zodiac la roda sencha*], era alidada d'avistament avistamiento [*la forma de l'espera*] ei fixada per un pivòt sus un espaciador riblat en cercle. Eth cercle inferior a quate puntes [*anguls*] que formen un carrat que represente eth plan dera hita [*el cadrin*]; ei plaçat sus espigues fixades enes colomnes, çò que li permet de botjar-se liramet, e a ua sòrta d'indèx ena sua circumferéncia exteriora. Era plomada [*lo plomp pendent*] que penge dera alidada permet de visualizar er azimut dat per nònius graduat e plaçar facilament eth quadre en tot alinhar er indèx damb era sua posicion; tanben garantís era orizontaltat deth dispositiu. p. 79.

16. «Item a libet solis cursu sequamur, quaerenda est ergo huius rationis origo. multi, ita ut supra diximus, solis ortum et occasum comprehender[e]unt qui est omni tempore mobilis nec potest secundum cursum suum comprehendi [nisi] quia ortus et occasus signa a locorum natura uaria ostenduntur. sic et limitum ordinatio hac ratione comprehensa <sem>per aliter disconuenit. Optimum est ergo umbram hora sexta adprehendere et ab ea limi [5 mi]tes inchoare, ut sint semper meridiano ordinati. ostendimus quemadmodum primum solis ortu umbra cohibeatur. deinde cum ad circuli lineam peruenerit notabimus eum circumferentiae locum. similiter et exeunte umbra circulum adtendimus et circumferentia-m> notabimus. notantes ergo duabus circuli[s] partibus intrantis u-m>bra-e> <et> exeuntis locum, rectam lineam ad signum 10 circumferentiae ducimus. †si uero in propinquo sint duo signa quae recta linea normaliter conspici possi<n>t, ut excussis longitudinibus longiorem lineam ad breuioris lineae [recta] <longitudinem> signo posito aequemus, ex quo ad interuersura breuioris <lineae rectam> lineam iniungamus, quae sit duorum signorum conspectorum lineae ordinata, ferramento explicabimus» (Andreu 2012, 58). p. 81.

Traduccion: Atau madeish, sigue quin sigue eth cors deth solei que seguim, cau cercar, en efècte, era origina d'aguest calcul. Molti, atau com auem explicat adès, preneren (coma referéncia) era gessuda o era còga deth solei, que tostemp ei mobila, e non se pòt pas préner coma referéncia segontes eth sòn cors, pr'amor qu'es senhaus dera gessuda e era còga se presenten variables segontes era naturalesa des terrenes. Atau tanben era ordenacion des limits establida a compdar d'aguest calcul tostemp presente irregularitats. Çò de milhor ei, per tant, de préner era ombra ena ora sèxta e, a compdar d'aguesta, iniciar eth traçat des limits, entà que tostemp siguen ordenadi peth meridian. Mostram en prumèr lòc com s'amague era ombra ena gessuda deth solei. Alavetz, quan age arribat ena linha deth cercle, mercaram aguest punt dera circumferéncia. De forma parièra demoram tanben qu'era ombra gesque deth cercle e mercaram e mercaram era circumferéncia. Per tant, en tot senhalar en dues parts deth cercle eth punt dera ombra quan entre e quan ges, traçaram ua linha rècta en interior dera circumferéncia. S'apròp, totun, i auesse dues senhaus qu'en linha rècta podessen èster observades en esquaire, de forma que, un còp examinades es longituds, egalam era linha mès longa ara longitud dera mès cuerta damb eth plaçament d'ua senhaus, ena quau junhem ua linha rècta ara interseccion dera linha cuerta, aclararam per miei dera "groma" quina a d'èster alinhada damb era linha des dues senhaus observades.