

PROCESSES FOR CREATING THE HBIM MODEL OF A PROTECTED 20TH CENTURY HERITAGE BUILDING – THE ROYAL NAUTICAL CLUB OF DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN

PROCESOS PARA LA CREACIÓN DEL MODELO HBIM DE UN EDIFICIO PATRIMONIAL PROTEGIDO DEL SIGLO XX. EL REAL CLUB NÁUTICO DE DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN

Josua García Moreno^a, Iñigo León Cascante^{a,b}, Maialen Sagarna Aranburu^{a,c}

^a Department of Architecture, University of the Basque Country UPV/EHU, 20018 Donostia-San Sebastian, Spain.

^b Technological Innovation and Creativity for the Built Environment Research Group.

^c 20th Century Architecture Research Group.

^ajgarcia202@ikasle.ehu.eus, ^binigo.leon@ehu.eus, ^cmaialen.sagarna@ehu.eus

Abstract

The Royal Nautical Club building in San Sebastián is an icon of Spanish Modern Movement architecture dating to 1929, a privately owned protected heritage construction with two different uses and featuring both public and restricted areas. It has undergone several renovations throughout its history, both interior and exterior. Besides, the respective information is decentralised, requiring a significant time investment to gather and organise it. This makes it difficult to ascertain all past interventions and to use that information as a basis for a conservation plan. As a solution, application of the HBIM methodology is proposed. This article outlines the necessary processes for gathering and organising the available information, taking into account the requisites to develop an HBIM model that compiles all the graphic, documentary and maintenance data from the different historical construction phases of the building.

Keywords: Royal Nautical Club of San Sebastián (known by its Spanish initials: RCNSS), digital reconstruction, HBIM, Modern Movement, heritage architecture.

Resumen

El edificio del Real Club Náutico de San Sebastián, de 1929, icono de la arquitectura del Movimiento Moderno español, es una construcción patrimonial protegida, de propiedad privada, con dos usos diferentes y que tiene una parte de acceso público y otra de acceso restringido. Además, ha sufrido varias reformas a lo largo de su historia, tanto exteriores como interiores, y la información disponible está descentralizada y es necesario invertir mucho tiempo para poder recopilarla y organizarla. Lo que provoca que sea complicado saber qué actuaciones ha sufrido y poder usarla como base para un plan de conservación. Como solución se propone la aplicación de la metodología HBIM. El artículo muestra los procesos necesarios de recopilación y organización de la información disponible teniendo en cuenta los requisitos para poder desarrollar un modelo HBIM actualizado que reúna todos los datos gráficos, documentales y de mantenimiento de las diferentes fases histórico-constructivas del edificio.

Palabras clave: Real Club Náutico De San Sebastián (RCNSS), reconstrucción digital, HBIM, Movimiento Moderno, patrimonio arquitectónico.

1. INTRODUCTION

To preserve rationalist-style heritage buildings is one of the priorities of the 21st century in the area of architecture (Akin et al., 2022:1).

In many cases, buildings of the Modern Movement have been modified to be adapted to new occupants, thereby increasing the risk of irreversible changes or even their complete destruction. This underscores the urgent need to implement architectural conservation initiatives that specifically address such buildings. (Akin et al., 2022:1)

Intervention in cultural heritage requires rigorous knowledge of the asset so that a correct diagnosis can be made and the corresponding actions subsequently planned (Fernández et al., 2018:19).

However, as in other cultural heritage conservation cases, there are notable inefficiencies regarding documentation, conservation, rehabilitation and reconstruction (Jordan-Palomar et al., 2018).

When carrying out an architectural heritage conservation process, the information is often unconnected, dispersed and incomplete, or is not easily available because it belongs to a private archive or has not been recorded and is in different formats, whereby much time must be spent to gather, organise and filter it (Fernández et al., 2018:24). This also makes it hard to obtain the knowledge needed to develop a well-grounded intervention project.

The employment of the BIM (Building Information Modelling) methodology as an innovative method in the historical field (Baik, 2017:1) has acquired the designation HBIM (Heritage Building Information Modelling). The use of the HBIM methodology could be the solution to such problems (Fernández et al., 2018:24), as it aims to create a 3D model that links all the geometric, construction, historical and archaeological information generated throughout the building's life cycle (Liu et al., 2022:2) in a unified, complete and easy to manage manner (Fernández et al., 2018:6), so it can thereby become a major tool for developing architectural heritage intervention, conservation and management processes (Fernández et al., 2018:18).

The digital reconstruction of architectural heritage using HBIM is a multidisciplinary process in which professionals with very diverse skills must work together (Liu et al., 2022:13); it may

require the use of special tools and equipment, a considerable modelling effort and experience in collecting, processing and managing data (Hossain & Yeoh, 2018:1). However, these 3D models with integrated information are developed in common work settings which can be accessed by all players involved in the work process, which facilitates interoperability and allows the information to be recorded, consulted, shared and updated at the same time. Resources are thereby optimised, as interference can be detected more easily and task duplication is avoided (Fernández et al., 2018:18) along with the disorganisation, loss or unnecessary repetition of information.

Furthermore, the HBIM model allows us to obtain 3D models, exterior and interior info-graphics, 2D plans of floors, elevations and sections, details, measurement tables and energy costs, etc, as a result (Murphy et al., 2013:13), which is useful for making decisions regarding the major heritage management guidelines: research, protection, conservation and divulgation (Castellano-Román & Pinto-Puerto, 2019:5) Spain, as well as for the reconstruction, design and documentation of architectural heritage.

The HBIM methodology faces challenges in digital reconstruction due to the complex and irregular components that usually characterise historic constructions and which are not represented in existing BIM libraries (Liu et al., 2022:1).

In this case, the architectural qualities and materials of a rationalist building such as the RCNSS could be an advantage for construction of the HBIM model, as such constructions are distinguished by their simple forms and volumes (Etxepare Igiñiz & Azcona Uribe, 2024:23) and their use of more industrialised building systems (reinforced concrete for the structure, brick or light blocks with continuous finish for the façades and interior divisions, metal frames in the exterior openings and flat roofs with lightweight flooring (Etxepare Igiñiz & Azcona Uribe, 2024:23).

There are few cases of HBIM's application in 20th century historic heritage; the HBIM methodology continues to be relatively new, whereby it needs to be explored with new case studies that can help identify patterns that best fit each case.

That is why this study proposes application of this methodology for the RCNSS building, a case of early 20th century architecture and an iconic symbol of both the city of Donostia-San Sebastián

and Modern Movement architecture in Spain (Urkia Etxabe, 2021:19,21), which surprisingly exists alongside the eclectic and historical architectural styles around it (Fig. 1).



Fig. 1. RCNSS building, Donostia-San Sebastián, Gipuzkoa. (Source: own production, 2024).

The building belongs to the RCNSS, a private social club that has been dedicated to nautical sports since it was founded in 1896; during different periods it was prominent both nationally and internationally (Urkia Etxabe, 2021:19,36). It was also closely linked to the Spanish royal family from the very beginning (Urkia Etxabe, 2021:32).

The building was designed in 1928 and built in 1929 by the Gipuzkoan architects José Manuel Aizpurua Azqueta (1902-1936) and Joaquín Labayen Toledo (1900-1996), who were influenced by neoplasticism (Sanz Esquide, 1995:9) and received their certification in the late 1920s. They collaborated with the magazine A.C. (Actividad Contemporánea), an entity of GATEPAC (Grupo de Artistas y Técnicos Españoles para el Progreso de la Arquitectura Contemporánea), which they also belonged to as members of the North Group.

During a period of architectural and construction transition in which the construction sector began to use industrial materials on a widespread basis, while traditional and artisanal systems began to fall into disuse (Etxepare Igñiz & Azcona Uribe, 2024:24), they designed a building that followed the five points of modern architecture established by Le Corbusier (pilotis; open plan; independent façade; horizontal window; and flat roof), with a main floor of open space where the rooms were distributed sequentially, their boundaries only indicated by curtains, low walls, furniture or glass panels (Sanz Esquide, 1995:23).

The RCNSS building was a contemporary of Le Corbusier's Villa Savoye and was built in only six months (from March 1929 to its opening in August of the same year) (Urkia Etxabe, 2021:135,138), despite various modifications (Sanz Esquide, 1995:18) due to urban planning disputes (Urkia Etxabe, 2021:8).

From the start it became known nationally and internationally, for soon after it opened, it appeared in national and foreign architecture publications (Sanz Esquide, 1995:10).

Yet despite all this, the building counted no type of protection until the end of the century. In 1995 the building was considered in the master plan of Donostia-San Sebastián to be a singular building (Urkia Etxabe, 2021:318), and in the year 2001, the Council of the Basque Government, at the request of the Department of Culture, through the official gazette of the Basque Country no. 16 (BOPV 23-01-2001), qualified the RCNSS as a cultural asset in the monument category.

Subsequently, in 2012, the RCNSS building was chosen by the Docomomo Ibérico Foundation as one of the three buildings in Gipuzkoa that stand out for their artistic value and social significance (Urkia Etxabe, 2021:348).

Throughout its history the Club has passed through good and bad periods and been subject to various renovations and constant maintenance work (Urkia Etxabe, 2021:217), which altered the original appearance and volumes of the design by Aizpurua and Labayen to adapt to new times and the needs of the Nautical Club. This makes it an excellent example for the application of HBIM technology to identify and three-dimensionally represent its different historical construction phases.

Although carrying out that process may be difficult or at times impossible due to a lack of the information needed to conduct rigorous and reliable work, in the case of the RCNSS, because it is a 20th century building, the probability of finding information about the different interventions is much higher, as it is possible to complement the information using photographs from each period.

The main objective of the research is to determine the processes for document collection, historical construction identification and data gathering on the building needed for subsequent development of an HBIM 3D model, and also to obtain by means of an exhaustive search all available data so that

a subsequent analysis of the evolution, structure, material and pathology of its surroundings and its use can be done (Fernández et al., 2018:20). It will then be possible to organise the data needed to later replicate in an HBIM 3D model the different historical construction phases of the RCNSS building, including, besides the building's geometry and materiality, all the respectively available historical, architectural and construction information.

2. METHODOLOGY

This study seeks to address a number of practical problems identified in the RCNSS building for which a possible solution is proposed. The DSR (Design Science Research) research procedure has accordingly been implemented, the aim being to resolve practical problems by building artefacts and contributing theoretically in the professional discipline in which it is applied (Holmström et al., 2009).

The research is due to the desire to carry out a process of maintenance and protection, management and museum conversion of the RCNSS building.

The research design was based on the five stages suggested by Takeda et al. (1990), Vaishnavi and Kuechler (2004), Peffers et al. (2007) and Holmström et al. (2009): identify the problem, develop a solution, implement the solution, evaluate the solution and conclusions (Fig. 2).

In the first stage, focusing on identification of the problem, an analysis of the RCNSS building is conducted, indicating several problems to resolve.

The case under study is a protected heritage asset of major architectural and historical interest. But it belongs to the RCNSS, a private social club, whereby access is restricted and it cannot be visited like other protected buildings, which worsens its dissemination possibilities.

The building also houses two different activities (nautical/recreation club and bar-restaurant/disco club), which complicates efficient management of the available spaces.

The building presents a large number of pathologies due to its ageing construction, closeness to the sea and severe weather (strong wind gusts, high waves, brine, sand, etc), whereby it often requires repair. But that maintenance is complicated due to its status as a protected asset, its private ownership by multiple partners and because one part of the building is leased for the GU culinary and leisure space.

Moreover, the graphic and textual documentation of the original plan and subsequent interventions can be imprecise and is dispersed, incomplete and in different formats (the documentation of some previous interventions is not public and can only be provided by the respective architect).

This makes it more difficult to understand the building and be able to analyse the transformations it has undergone over time; hence it also hampers correct decision-making and the development of

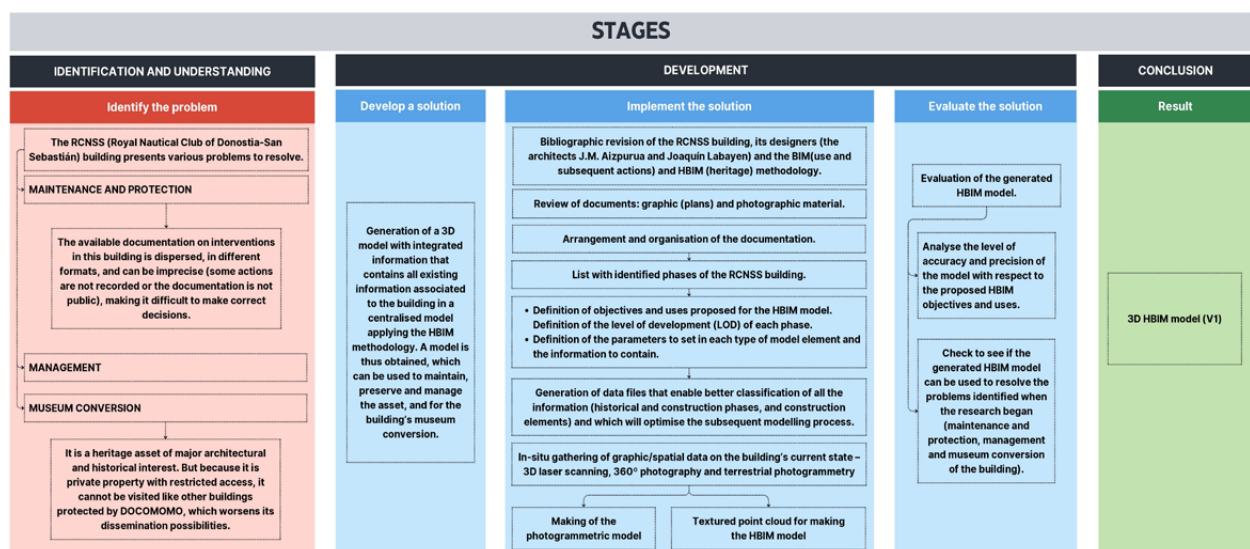


Fig. 2. DSR flow chart (own production).

an eventual intervention project in which it is imperative to have full and rigorous knowledge of the building.

After identifying and understanding the problems to resolve, following the DSR methodology, the artefact is designed and the solution is developed.

In this case, the generation of a 3D model is proposed to resolve the aforementioned problems; it would gather in one single centralised model the geometry of the building's different phases (Fig. 2) as well as all existing information associated to each of them (graphic, historical and construction data), applying the HBIM methodology. This could enable virtual visits to the building in its current state and in previous or future states, improve the spaces management and optimise decision-making for future maintenance and protection actions.

It was therefore necessary to first conduct a documentary and bibliographic analysis of the RCNSS building (plans, reports, photographs and other public or private archives), its designers, the architects J.M. Aizpurua and J. Labayen, and the BIM (uses and subsequent actions) and HBIM (heritage part) methodology.

To carry out this collection work the building was visited several times to produce a photographic report on its exterior and interior; digital and physical databases of municipal archives and municipal and provincial libraries were also accessed, as well as photo libraries and academic repositories.

Once the information on the case under study was collected, it was arranged and organised to generate a first list of intervention phases identified for the RCNSS building.

Due to the number of historical construction phases detected, a second list was generated with a selection of the most important phases in the building's history, along with those that most transformed the building and those for which there are at least photos, plans and/or a sufficiently detailed description enabling correct interpretation.

Regarding the modelling process, as set out in different BIM and HBIM guides and protocols for the Spanish context, such as the uBIM guides of BuildingSmart Spanish Chapter (Fernández et al., 2018), the documentation generated by the BIM Inter-ministerial Commission (es.BIM, 2018a,

2018b), or the manual produced by the Ministry of Culture and Sports (Ministerio de Cultura y Deporte, 2021) to optimise HBIM modelling, it is necessary to determine beforehand several knowledge and action objectives (preventive conservation, restoration, architectural intervention, etc), which allow determination of the 3D model's level of development (LOD) and the kind of information to implement. That is, the three main requisites of a BEP (BIM Execution Plan): objectives, uses and level of information of the HBIM model (Ministerio de Cultura y Deporte, 2021:31).

The first thing that should be defined are the objectives for which the HBIM methodology is meant to be implemented, also detailing some specific uses.

Besides being a heritage building of historical architectural interest, the RCNSS building continues to be an operative building offering several services to its users. That is why, in this case, the HBIM model's uses and objectives may be varied.

Hence, as a case study objective the generation of a 3D HBIM model is proposed; it can be useful not only for technical and professional use (inclusion of detailed information about building systems and materials, sequence of transformations and recording of the interventions carried out on a model with real textures and geometry) but also for management or disclosure (model adapted and with geometry, texture and level of detail simplified) (Fernández et al., 2018:25).

Specifically, according to what is set out in the manual produced by the Ministry of Culture and Sports in 2021 (Ministerio de Cultura y Deporte, 2021), the BIM objectives could be those indicated in Fig. 3. To identify the uses applicable to the HBIM model which serve to achieve the set objectives, the uses proposed in that manual and in the guide developed by Pennsylvania State University (CIC Research Group, 2010) were taken into account.

In this case, the uses to apply in the HBIM model would be those indicated in Fig. 3.

The model's level of detail is determined according to the defined uses and objectives, as are its accuracy and the kind of information to input (Fernández et al., 2018:20).

Objectives	Visualisation of 3D models that facilitate interpretation and communication of the project
	Facilitate and streamline decision-making and the study of design alternatives
	Use BIM models as a centralised information source
	Check the design's management, revision and constructive suitability
	Reduce information losses when implementing the different phases of the asset's life cycle
	Consider in design the construction procedures and maintenance requirements for the maintenance contract
	Facilitate and serve as support for planning and optimisation of maintenance actions
Uses	Single centralised information source
	Modelling of existing conditions
	Sequence of construction phases (4D) of the building's development cycle
	Visualisation of historical data
	Production of 2D drawings
	Visualization by means of photos, info-graphics and virtual tours (AR, VR and MR)
	Simulations (MEP analysis, lighting analysis, energy analysis, evacuation simulation, etc)
	Evaluation of sustainability (LEED)
	Analysis of building systems
	Obtaining of measurements
	Maintenance and operation (planning of site's use (site logistics)), facility management
	Programming and management of spaces
Level of detail	LOD 400 – LOG 400 and LOI 400

Fig. 3. Objectives, uses and detail level of the 3D model to generate (own production).

Generally, to determine the detail level of a BIM model the LOD (Level of Development) concept is used, which encompasses both the LOG (Level of Geometry) and the LOI (Level of Information).

However, Document 14 of the Building SMART Spanish Chapter uBIM guides (Fernández et al., 2018:16) indicates that the LOD concept cannot be applied in the same way in cases of built historic heritage and proposes five specific development levels.

Depending on the uses proposed for the HBIM model, it would be necessary to apply an LOD 400. That is, a model geometrically defined in detail in which the construction elements as well as the different materials comprising them are defined and associated to the different phases or periods corresponding to the sequence of the building's transformations (Fernández et al., 2018:16).

We must nevertheless take into account the level of knowledge that we have available (Fernández et al., 2018:18), because notwithstanding the gathered information, it is probable that not all elements of the analysed building have the same definition level.

The level of detail of the graphic and textual documentation in the different phases of action on the RCNSS building is quite variable. In

some interventions it was not possible to obtain any formal record, the only reference being the photographs from each period.

It is therefore more appropriate to define the LOG and LOI of each element of the model independently, depending on the available data, seeking to obtain an LOG 400 (object with high geometric detail, definition of materiality and pertaining to a specific building system) and an LOI 400 when possible.

The introduction of semantic data and the linking of external graphic links in the HBIM model is done via the parameters of each model element. But the predetermined parameters of the different model elements are not sufficient to link historical and construction information on a heritage building.

It is therefore necessary to generate additional and customised information fields through new parameters that can be associated to each of the three-dimensional model's elements – information fields such as those associated to the building's transformation sequence, identification of elements, materiality, designer, chronology, state of conservation (damage) and record of interventions (treatments applied, replacements), etc.

Using as a reference the work done by Palomar et al. in 2020 on the development of an HBIM

platform, a list of new parameters that could serve as information inputs was generated.

To classify the different phases of action on the building and the data referring to its different construction elements (walls, structural elements, framing, finishes, etc), data files were generated for each construction phase and for each construction element, containing semantic, graphic and photographic data. Such files can help organise and classify the data gathered and check for any respective absence or excess, thus optimising the subsequent modelling process.

To that end, three types of files/templates were produced (T1 – construction phases, T2 – construction elements, T3 – spaces) which gather all that information and enable the subsequent modelling to be done in a direct and more ordered manner. The T1 file contains information corresponding to each phase of the building's development cycle. The T2 file contains the graphic and semantic information from the building's different elements. Finally, the T3 file, meant for efficient management of the building and its spaces, gathers the information corresponding to each room.

Each of the files has a custom list of parameters used for information input.

For the T3 files on management of the building's different spaces, other specific parameters were proposed: current use, frequency of use, useful area, clear height, natural light (yes or no), maximum capacity (number of people) and reserved spaces (indicating date, time and activity).

After producing the data files, they were completed with the information gathered when the research began, with one phase file for each of the actions.

In addition, a description of the building's construction elements was made (walls, structural components, framing, finishes, etc), filling out a file for each of the building's construction elements.

On the other hand, bearing in mind that the construction phase of the building based on which an HBIM model is developed is the current one, along with the fact that discrepancies were found between different building plans, a process to collect in-situ data on the building's current state was carried out. By means of a point cloud based on laser scanning of its interior and exterior,

a measurement base was obtained along with more accurate information; this made it possible to make a more rigorous 3D model.

To gather that information a laser scanning process was undertaken with 360° photos in an integrated manner using the RTC360 3D laser scanner from Leica Geosystems. The integration of both technologies enables the subsequent generation of a much more complete and accurate 3D model.

Laser scanning technology was used due to its efficiency and accuracy when gathering spatial data on existing constructions and complex surfaces (López et al., 2018:7).

The 360° photograph integrated in the scanning process allows the building to be documented more thoroughly, which can assist during the modelling process and also be used for future virtual dissemination of the built heritage.

But before carrying out the 3D laser scanning process accompanied by a 360° photo, a stationing plan was developed based on plans from the latest interventions in the building to establish suitable scanning coverage for areas both inside and outside (Fig. 4).



Fig. 4 Plan of stations on the building's main floor (own production).

Furthermore, terrestrial photogrammetry was applied. It is a relatively accurate 3D technique that is contactless and not invasive. By capturing high-quality images, it facilitates the collection of spatial and semantic data on buildings or objects (López et al., 2018).

Once the point cloud was obtained and post-processed, a first 3D modelling of the building's current state was generated to serve as a reference for modelling its previous historic construction phases.

After obtaining the HBIM model, an artefact considered a possible solution to the problem identified when the research began, it was necessary to evaluate it and check whether it really fulfilled its purpose.

The model's accuracy and precision would accordingly have to be examined, taking into account the previously defined HBIM uses and objectives. Also, their ability to serve as a departure point for management, museum conversion and execution of a process for the building's maintenance and protection would have to be analysed.

3. RESULTS

Throughout the applied methodological process, a series of results prior to the HBIM model were obtained, such as the historical construction phases identified, the data files generated and filled in and the point cloud processed.

3.1. HISTORICAL PHASES OF THE RCNSS

After carrying out a process of researching interventions that affected the building, a first list with the different construction phases identified in its life cycle was generated (Fig. 5).

Initially, 38 different construction phases were recognised. Some were not carried out or there is not enough information to precisely determine the changes implemented in those interventions.

For that reason, it was decided to generate a second list of ten phases (Fig. 6) with a selection of the most important actions in the building's life cycle, those which most transformed the building and for which there are at least photos, plans or a sufficiently detailed description enabling them to be correctly interpreted. These will be the ones included in the HBIM model.

3.2. GENERATION OF TECHNICAL FILES

As part of the research process, three types of files were developed (Fig. 7).

T1: Construction phases. Gathers information corresponding to each phase of the building's development cycle.

T2: Construction elements. Gathers graphic and semantic information about the building's different elements.

T3: Management of spaces. Meant for efficient management of the building and its spaces; gathers corresponding information on each room.

3.3. POINT CLOUD: SURVEY OF THE CURRENT STATE

An integrated process of laser scanning and 360° photography was carried out using the RTC360 3D laser scanning system of Leica Geosystems to document the current state of the building (Fig. 8).

A scanning plan was developed that ensures complete scanning of the different spaces both inside and outside the building. It was also necessary to do several scans from the building of the current Municipal Council of Donostia-San Sebastián.

Despite the building's size, due to the complex interior distribution more than 130 scans had to be done during a scanning process lasting approximately 10 hours for this currently used restricted-access building. It was not a simple process due to the complicated architectural configuration in its current state (unconnected spaces on a same floor), privately used spaces that could not be accessed until they were not in use (dressing rooms, kitchen, lavatories and toilets) and the fact that RCNSS users were continually accessing the different spaces. This sometimes made it necessary to change the scanning order; the scanner therefore lost the VIS (Visual Inertial System) reference to previous scans and a forced joining of some scans had to be done.

Moreover, the glass surfaces of the exterior façades and the mirror-covered surfaces inside caused point duplication which later had to be eliminated in a slow and tedious manual process.

The scanning was assisted by a tablet connected to the scanner's WiFi system, where it was possible to pre-process the work using Leica's Cyclone FIELD software. The work was divided into three sitemaps or work sets to facilitate segmentation of the cloud. The scan of the Nautical Club's floors was integrated, then the leased space and finally, a set with the scan of the roof and exteriors (Fig. 9).

The point cloud was subsequently processed using Cyclone REGISTER 360 software (Fig. 10) to correct some junctions, eliminate erroneous points and reduce the number of points before being able to use the 3D point cloud as the basis for the subsequent HBIM modelling. Overall, an error of 0.001 m was obtained, with overlap of 54%, strength of 56% and cloud-to-cloud error of 0.001m.

PROCESSES FOR CREATING THE HBIM MODEL OF A PROTECTED 20TH CENTURY HERITAGE BUILDING –
THE ROYAL NAUTICAL CLUB OF DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN

Phase	Year	Description	Architect/s	Budget	Source	Done?	Plans	Photos
Phase 0	1906 to 1905	"Boat-house" barge.	-	-	(Urkia Etxabe, 2021:42,80)	Yes	No	Yes
Phase 1	1905	Acquisition of old fish processing plant.	-	-	(AMSS - Ref. H-02173-06, 1888)/ (Esquide, 1995:18)/ (Urkia Etxabe, 2021:81)	Yes	Yes	Yes
Phase 2	-	Placement of railings, masts and a small cabin like a ship's bridge on the terrace. Stone walls painted white.	-	-	(Urkia Etxabe, 2021:121)	Yes	No	Yes
Phase 3	-	Design of a wooden construction later known as La Carriza or Bombonera.	-	-	(Urkia Etxabe, 2021:135)	Yes	No	Yes
Phase 4	1906-1907	Closure of the large window onto the bay.	-	900 pts	(Urkia Etxabe, 2021:81)	Yes	No	Yes
Phase 5	1906-1907	Installation of electric lighting in the club.	-	-	(Urkia Etxabe, 2021:81)	Yes	No	Yes
Phase 6	-	Interior and exterior remodelling.	-	-	(Urkia Etxabe, 2021:135)	Yes	No	Yes
Phase 7	1908-1909	Project for private landing of the Nautical Club with stairs.	Civil engineer Alberto Machimbarrena and military engineer Leon Carrasco Amilibia,	24,000 pts	(Urkia Etxabe, 2021:49,83)	Yes	No	Yes
Phase 8	1911-06-23 to 1919-06	Project for construction of an access stairway to the site from the La Concha promenade, situated at the north end of the building.	Juan Rafael Alday and Luis Elizalde	-	(AMSS, 1911)	Yes	Yes	Yes
Phase 9	Before 1913	Construction of a large canvas canopy for the roof, supported by a metal structure.	-	-	(Urkia Etxabe, 2021:121)/ (Esquide, 1995:18)	Yes	No	Yes
Phase 10	1928	Repair of the landing, destroyed when a boat crashed into it during a severe storm.	-	-	(Urkia Etxabe, 2021:121)	Yes	No	Yes
Phase 11	1928-11-26	Project of Aizpurua and Labayen – 1st proposal.	J.M.Aizpurua and Joaquín Labayen	-	(AMSS, 1928) / (Esquide, 1995:19) / (Urkia Etxabe, 2021:136)	Yes	Yes	Yes
Phase 12	1929-01-07	Project of Aizpurua and Labayen – 2nd proposal – The new closed volume at the north end of the upper floor disappears and the entire floor is dedicated to a terrace covered by a flat concrete ceiling supported by concrete columns, like a portico not closed on the side.	J.M.Aizpurua and Joaquín Labayen	-	(AMSS, 1929)	Yes	Yes	Yes
Phase 13	1929-03 to 1929-08	Project of Aizpurua and Labayen – 3rd proposal – Elimination of the southern part of the building, meant for the sunroom, bathing department and secretarium.	J.M.Aizpurua and Joaquín Labayen	-	(Urkia Etxabe, 2021:136,137)	Yes	No	Yes
Phase 15	1929-03 to 1929-08	Final construction of the new building – The body of the upper floor is restored to be a bar/restaurant. The stairway down to the bathers' room from the sunroom manifests outside by means of a semi-cylindrical covered volume situated on the axis of the bathers' room.	J.M.Aizpurua and Joaquín Labayen	-	(Esquide, 1995:21) / (Urkia Etxabe, 2021:142)	Yes	No	Yes
Phase 16	1929-1930	1st chromatic phase – Application of three of Le Corbusier's characteristic colours: brownish red, medium cerulean blue and pale raw sienna.	J.M.Aizpurua and Joaquín Labayen	-	(Martínez et al., 2021)	Yes	No	Yes
Phase 17	1930-1939	2nd chromatic phase – Dominant colours: white and cream, keeping the metal framing black and the exterior stairways dark brown.	J.M.Aizpurua and Joaquín Labayen	-	(Martínez et al., 2021)	Yes	No	Yes
Phase 18	Before 1939-07-07	3rd chromatic phase – Building entirely white, except the framing and wooden panelling.	J.M.Aizpurua and Joaquín Labayen	-	(Martínez et al., 2021)	Yes	No	Yes
Phase 19	1934	A severe storm caused major damage to the RCNSS building. The ramp was destroyed, the bathers' room left in the open air and bags of cement had to be laid; the secretary's office and first floor rooms were flooded and the landing was also destroyed.	-	-	(Urkia Etxabe, 2021:158)	Yes	No	Yes
Phase 20	Before 1939-07-07	Looted during the Civil War period – Repair of the ground floor door and the terrace windows, and purchase of new furniture.	Joaquín Domínguez	55,857 pts	(Urkia Etxabe, 2021:164)	Yes	Yes	Yes
Phase 21	1949-10-24	Enlargement work – Extension of the semi-basement floor under the promenade towards the old casino, now the City Hall.	-	-	(Urkia Etxabe, 2021:178)	No	Yes	No
Phase 22	1951-02-12	Extension westward of the first floor terrace and the upper floor and enlargement of the restaurant's volume, losing the characteristic semi-circular geometry of the building's prow.	Luis Jesús Arizmendi	200,000 pts	(Urkia Etxabe, 2021:196)	No	Yes	No
Phase 23	1953-04-23	Rearrangement of interior distribution to improve the restaurant's spaces and services, affecting the three floors. Modification of various stairways.	-	-	(AMSS, 1953:22)	-	Yes	No
Phase 24	1955	Construction of 'a casemate for motors and fuels' in the front part of the building, from the ground floor until 1.3 m below the terrace of the main floor.	-	-	(AMSS, 1956)	Yes	No	No
Phase 25	1956-05-04	Enlargement of the main floor's terrace.	José María Gabarain y Oyarzabal	-	(AMSS, 1956:5)	Yes	Yes	Yes
Phase 26	1963-05-07	Roof and glass closure of the upper terrace.	Manuel Urcola Ansoa	-	(AMSS, 1963)	Yes	Yes	Yes
Phase 27	Between 1966 and 1971	Work to renovate the terrace, bar and leak floor. Restoration of picture windows and portholes cemented over due to storms.	-	6,000,000 pts	(Urkia Etxabe, 2021:258)	Yes	No	No
Phase 28	1970	Modifications in the building's interior: change of stairways, new council room, renovation of dressing rooms, sauna and bar decoration.	Juan Manuel Encio	9,000,000 pts	(Urkia Etxabe, 2021:259)	Yes	No	No
Phase 29	1983-1985	Connection to the municipal sanitation network to stop discharging sewage water into the bay. Up to that time the club had six filter systems that prevented solid waste from being discharged to the Bay.	José María Gabarain y Oyarzabal and the builder Carlos Sangüesa	2,000,000 pts	(Urkia Etxabe, 2021:303,304)	Yes	No	No
Phase 30	1982	Renovation of the landing by the Basque Government, replacing the wooden stairs with metal grating stairs from the company SAVI S.L.	-	-	(Urkia Etxabe, 2021:284)	Yes	No	No
Phase 31	1984-1988	Renovation of beams in poor state under La Kabutia party hall floor. Also, the building was painted, the gymnasium fitted out, the terrace refinished and the Club's carpeting cleaned. The access stairway was also improved installing a metal door; the heating was repaired and the way to the landing was closed through the sunroom.	José Manuel Ibarгойen and the engineer Francisco barrondo	32,000,000 pts	(Urkia Etxabe, 2021:304)	Yes	No	No
Phase 32	1998-03	Consolidation of the foundations and enlargement of spaces under the semi-basement floor, creating a new basement floor.	Manuel Arrue de Pablo	3,000,000 pts	(AMSS, 1998:8,9)	Yes	Yes	Yes
Phase 33	1998	Restoration of the old shell-shaped picture window, which had been covered up since the remodelling by Aizpurua and Labayen.	Juan Pablo Samaniego	-	(Urkia Etxabe, 2021:324)	Yes	No	No
Phase 34	-	Major peripheral sanitation work for the Club, redirection to the plot of the landing and from there to the municipal network.	-	2,760,000 pts	(Urkia Etxabe, 2021:325)	Yes	No	No
Phase 35	2005-02-18	Improvement of the building's external floor.	GRS company – proj. and renov.	15,000 euros	(AMSS, 2005)	Yes	No	No
Phase 36	2006	Repair and painting work of the building's facades, metal doors, wooden panelling and metal railings.	Alfredo Eugi Rodríguez	-	(AMSS, 2006)	Yes	No	No
Phase 37	2008-03	Improvements in access and evacuation of La Kabutia (party hall on the building's upper floor).	-	-	(AMSS, 2008)	-	Yes	No
Phase 38	2012 to 2014-12-21	Renovation of the building's second floor (GU culinary space).	José Ángel Medina and Iñigo Medina	-	(Urkia Etxabe, 2021:348)	Yes	Yes	Yes
Phase 39	2024	Current state of the building.	-	-	-	Yes	No	Yes

Fig. 5. Table of identified action phases of the RCNSS building.

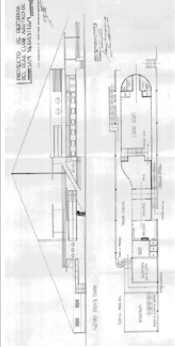
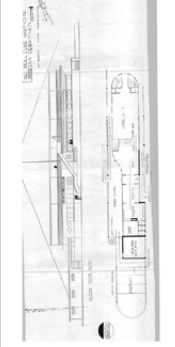
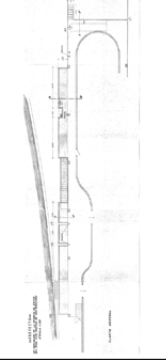
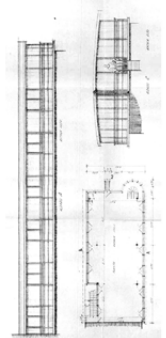
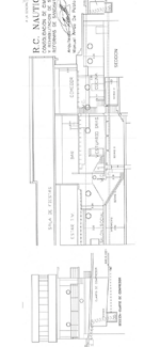
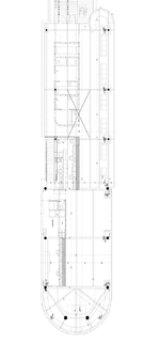
Phase 1		Phase 2		Phase 3		Phase 4		Phase 5	
Old fish processing plant		Interior and exterior remodelling		Project of Aizpurua and Labayen – 1st proposal		Project of Aizpurua and Labayen – 2nd proposal		Project of Aizpurua and Labayen – Construction	
Architect/s	-	Architect/s	-	Architect/s	J. M. Aizpurua and Joaquín Labayen	Architect/s	J. M. Aizpurua and Joaquín Labayen	Architect/s	J. M. Aizpurua and Joaquín Labayen
Year	1905	Year	-	Year	1928-11-26	Year	1929-01-07	Year	1929-03 a 1929-08
Source	(AMSS - Ref. H-02173-06, 1888)/(Esquide, 1995:18)/(Urkia Etxabe, 2021:81)	Source	(Urkia Etxabe, 2021:135)	Source	(AMSS, 1928) / (Esquide, 1995:19) / (Urkia Etxabe, 2021:136)	Source	(AMSS, 1929)	Source	(Urkia Etxabe, 2021:136,137)
Budget	-	Budget	-	Budget	-	Budget	-	Budget	-
Done?	Yes	Done?	Yes	Done?	Yes	Done?	Yes	Done?	Yes
Plans	No	Plans	No	Plans	Yes	Plans	Yes	Plans	No
Photographs	Yes	Photographs	Yes	Photographs	Yes	Photographs	Yes	Photographs	Yes
In 1905 the Club acquired the building situated on the so-called Ramp of the Breakwater or Defence Ramp of the Wall (Esquide, 1995:18). An old fish processing plant (Urkia Etxabe, 2021:81) 34.8 metres long north-south and 10 metres wide, built with 1.2 m sandstone masonry walls (Esquide, 1995:19) and located next to the west façade of the Gran Casino. The location was very exposed to the sea, whereby the single-floor building had only a few small recesses. (Esquide, 1995:19). 		A terrace was set up on the building's flat roof, endowed with railings, masts, mooring components and a small bridge-like cabin built of wood, which would later be commonly called La Bombonera (Urkia Etxabe, 2021:135), recreating a ship's deck. The stone walls were painted white to make them contrast with the wall of the promenade and the Gran Casino. 		Consisted of the southward extension of the existing construction, enlarging the bathers' room by 7 m, the construction of a first floor along the full length of the pre-existing building and covering of the part corresponding to the roof of the bathers' room, projecting 2.60 m over the level of the promenade, and the raising of a 16 m over second floor from the north end, which would function as an accessible terrace and in which a new volume for a bar/restaurant would be added. (Esquide, 1995:19; Urkia Etxabe, 2021:136). 		The new building affected the view of the bay from the nearby promenade and the terrace of the Gran Casino, whereby, to avoid a dispute with the mayor, it was decided to submit on 7 January 1929 a new project proposal in which the new closed volume at the north end of the upper floor disappeared, with the entire floor to be a terrace covered by a flat concrete ceiling supported by concrete columns, like a portico with no side closure, simulating the pre-existing canvas covered structure (Martínez et al., 2021:169/2). 		The municipal council introduced more changes, such as the elimination of the southern part of the building meant for the sunroom, the bathing department and the secretary's office (Urkia Etxabe, 2021:136,137). In this new version the building's length was therefore reduced, though the body of the upper floor was re-covered for use as a bar/restaurant. The building's height was now seven metres over street level. Also, the stairs that descended to the bathers' room from the sunroom on the main floor manifested outward by means of a semi-circular roofed volume situated on the axis of the bathers' room (Esquide, 1995:21). 	
Phase 6		Phase 7		Phase 8		Phase 9		Phase 10	
Enlargement of the main floor's terrace.		Coverage and closure of the upper terrace		Consolidation of foundations and new basement		Renovation of upper floor – GU culinary space		Current state	
Architect/s	José María Gabarain y Oyarzabal	Architect/s	Manuel Urcola Ansola	Architect/s	Manuel Arriue de Pablo	Architect/s	José Ángel Medina and Iñigo Medina	Architect/s	-
Year	1956-05-04	Year	1963-05-07	Year	1998-03	Year	2012 to 2014-12-21	Year	2024
Source	(AMSS, 1956:5)	Source	(AMSS,1963)	Source	(AMSS, 1998:8,9)	Source	(Urkia Etxabe, 2021:348)	Source	-
Budget	-	Budget	-	Budget	3.000.000 pts	Budget	-	Budget	-
Done?	Yes	Done?	Yes	Done?	Yes	Done?	Yes	Done?	Yes
Plans	Yes	Plans	Yes	Plans	Yes	Plans	Yes	Plans	No
Photographs	Yes	Photographs	Yes	Photographs	Yes	Photographs	Yes	Photographs	Yes
Project to enlarge the terrace of the main floor by building a reinforced concrete cantilever over the original masonry wall. The terrace's enlargement cantilever was interrupted by the embarkation stairs, which descended from the terrace to the ramp, forming two terraces 13.8 m and 11.10 m long (AMSS, 1956:5). The new tubular parapet was arranged with double uprights every three as a way to resolve the loss of bracing originally supplied by the pillars. 		Project for roofing and enclosing with glass the upper terrace (AMSS,1963), comprising large windows joined to metal profiles vertically reinforced by square steel tubes. The window glass would be divided into two parts: a lower fixed part up to the height of the railing, and another between the railing and the roof, formed by two-by-two modules, some fixed and others that could be opened. This was all meant to achieve a diaphanous and luminous view, which would give the feeling of continuing to be open like it was before. 		Project to consolidate the foundations and renovate the existing residual spaces under the building's semi-basement floor. The proposal took advantage of the work to consolidate the building's foundations to renovate those underground spaces, where the pumps were placed, and to create a new basement so that the Club could obtain more useable space (AMSS, 1998:8,9). 		Rehabilitation of the building's second floor. The project rearranged the distribution of the bar/restaurant on the second floor of the building, making better use of the space and the sea views. It was developed as the GU culinary space (Urkia Etxabe, 2021:348). 		The RCNSS building is continually subject to minor improvements and repairs, the aim being to ensure its durability and functionality, so that more serious problems do not emerge, and to meet the needs of its users. Proof of this is the remodelling of the south terrace which was ongoing when the building was scanned; the wood-slat floor was being replaced by ceramic tiles. This phase therefore only represents the situation of the building when it was scanned. 	

Fig. 6. Selection of most important phases (own production).

PROCESSES FOR CREATING THE HBIM MODEL OF A PROTECTED 20TH CENTURY HERITAGE BUILDING –
THE ROYAL NAUTICAL CLUB OF DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN

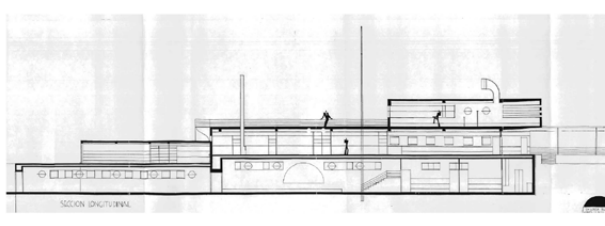
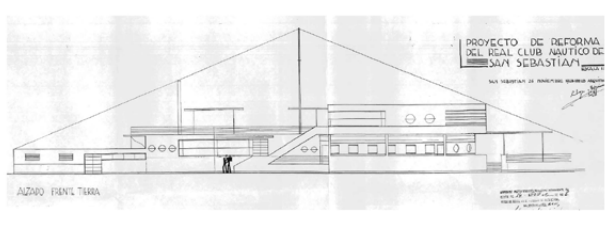
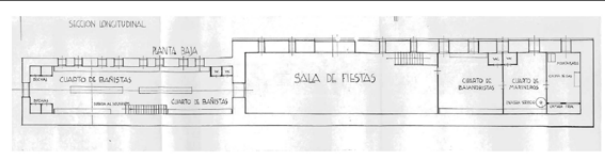
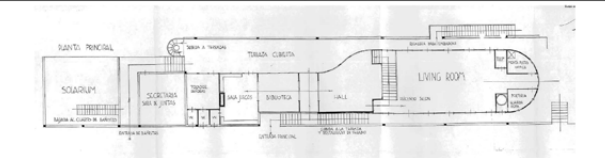
PHASE 3: Original Project - Aizpurua and Labayen		27/10/24	SAVE	↺	T1
					
Longitudinal section	Northeast elevation				
					
Semi-basement floor	Ground floor				
Designer: José Manuel Aizpurua Azqueta and Joaquín Labayen Toledo Project date: 26/11/1928 Bibliographic references: Archivo Municipal Donostia/San Sebastián (AMSS) Reference: H-02519-10 (Former reference : 1787) Project description: Southward extension of the existing construction, enlarging the bathers' room by 7 m; construction of a first floor over the entire length of the pre-existing building and coverage of the part corresponding to the roof of the bathers' room, projecting 2.60 m over the level of the promenade; and raising of a 16 m long second floor from the north end, which would function as an accessible terrace and on which a new volume could be added for a bar/restaurant.		Available documentation: ☒ Architectural plans ☒ Report ☐ Construction details ☐ Photos Construction elements involved: Structure, partitions, closures, interior and exterior framing, ceilings, roofs. Architectural style: Rationalist architecture Building systems: Reinforced concrete structure, masonry façades. Construction time: Not carried out URL of associated documentation: https://drive.google.com/file/RCNSS_1929_P01			
 		27/10/2024	SAVE	↺	T2
Category: Walls Family: Walls - Basic Wall Type: To be defined LOG: 400 LOI: 400					
Identification Exterior Wall of semi-basement floor Code SS_ME_01 Location Semi-basement floor Typology Wall Architectural style Rationalist architecture URL image original state https://drive.google.com/file/RCNSS_01 Construction project phase Phase 1 Construction project year 1888 Construction project designer - Const. project plan URL https://drive.google.com/file/RCNSS_planos_piscifactoria Information sources AMSS - Reference: H-02173-06 Constructive description 1.2 m masonry walls forming a construction 34.8 metres long north-south and 10 metres wide. Unique features - Dimensions 1.2 m thick Any modifications? ☒ Yes ☐ No ☐ Unknown		Intervention projects Phase Year Designer Intervention description URL planimetry URL historic photo Information sources INTERVENTION 01: Phase 1 1905 - In 1905 the Club acquired the building of an old fish processing plant situated on the so-called Ramp of the Breakwater or Defence Ramp of the Wall (Esquide, 1995:18). A single-floor construction 34.8 metres long north-south and 10 metres wide, built with 1.2 metre thick sandstone masonry walls with only a few small recesses. (Esquide, 1995:19). https://drive.google.com/file/RCNSS_1905_fotografias (Esquide, 1995:18-19), (Urkia Etxabe, 2021:81) INTERVENTION 02: Phase 2 1905-1906 - On the building's flat roof a terrace was set up with railings, masts, mooring elements and a small bridge-like cabin built of wood which was later commonly known as <i>La Bombonera</i> (Urkia Etxabe, 2021:135), recreating a ship's deck. The stone walls were painted white to make them contrast with the wall of the promenade and the Gran Casino. https://drive.google.com/file/RCNSS_1906_fotografias (Urkia Etxabe, 2021:135) INTERVENTION 03: Phase 3-5 1928-1929 J. M. Aizpurua and Joaquín Labayen Construction of the new RCNSS building. It was extended southward from the existing construction, enlarging the bathers' room by 7 m. State of conservation (with respect to latest intervention) ☐ Very degraded ☒ Good state of conservation ☐ Lack of conservation ☐ Recently restored Pathology - URL image pathology -			

Fig. 7. Example of files T1 and T2 filled in (own production).



Fig. 8. Scanning process (own production).

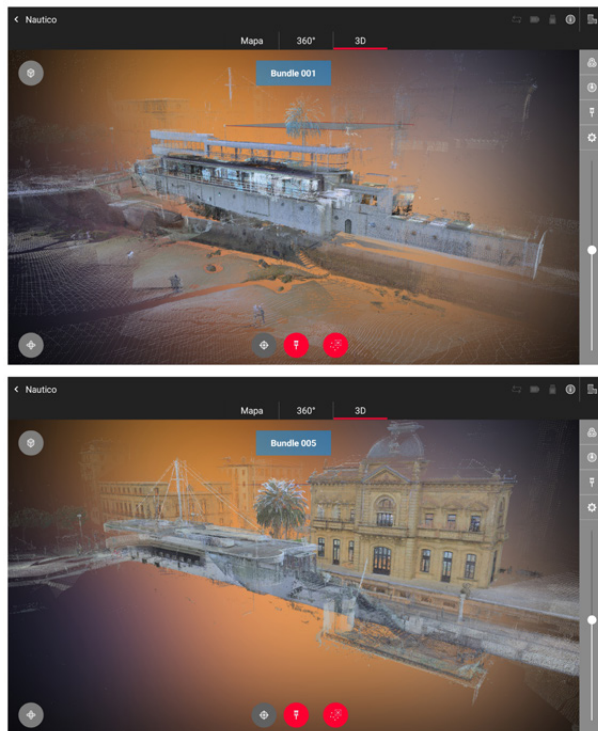


Fig. 9. Results of the laser scan: a) Basement, ground and first floors of the RCNSS, b) Roof of the RCNSS (own production).

3.4. 3D MODELLING OF THE CURRENT STATE OF THE RCNSS BUILDING

The final result of the research is the 3D HBIM model of the current state of the building.

To generate it, first the file of the point cloud was imported in Revit, the HBIM software used (Fig. 11).

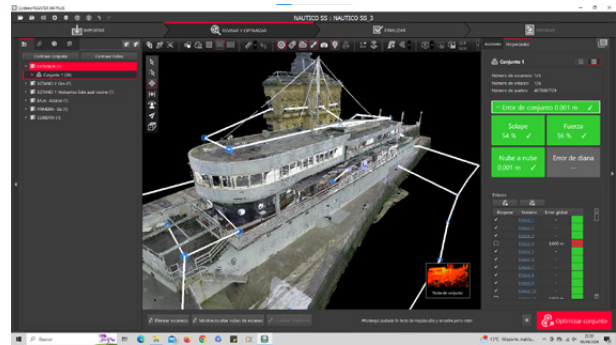


Fig. 10. Result of processing performed with Cyclone Register 360 software (own production).

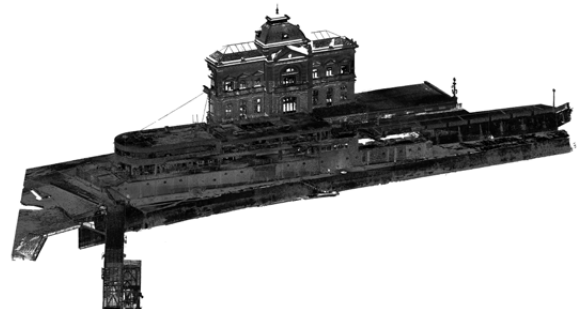


Fig. 11. RCP file imported in Revit (own production).

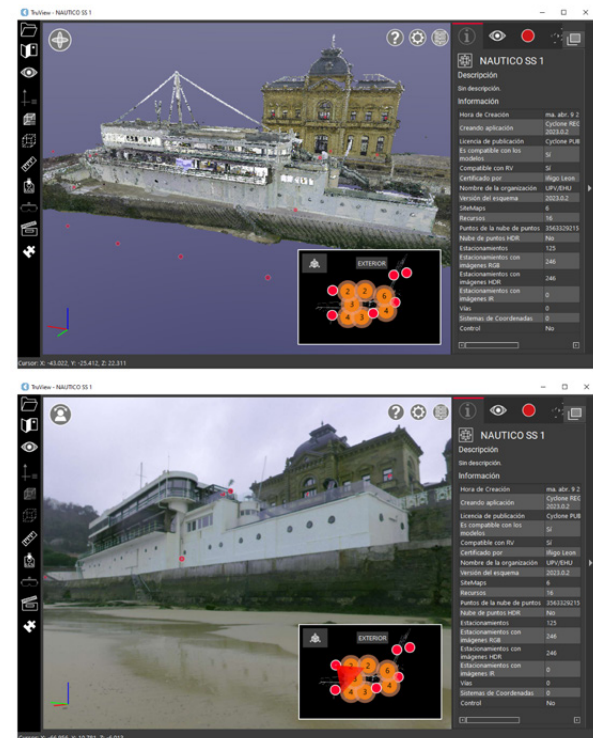


Fig. 12. Captures from the Leica TruView software (own production).

The modelling process began by defining the location (coordinates, altitude and orientation) and levels of the project. The building's main

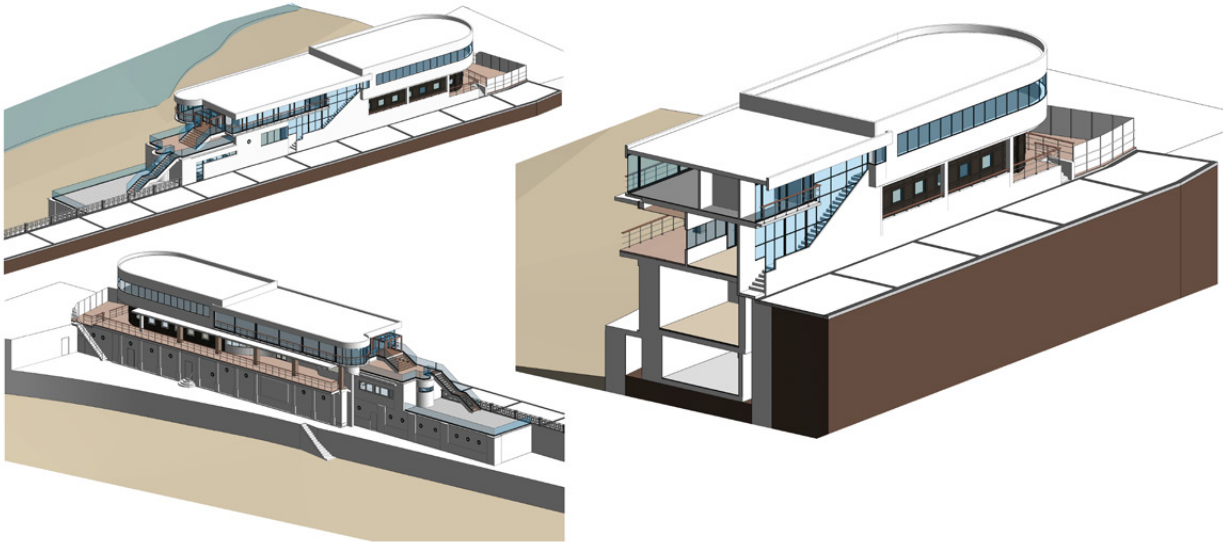


Fig. 13. Views of the 3D model of the current state of the RCNSS building done in Revit (own production).

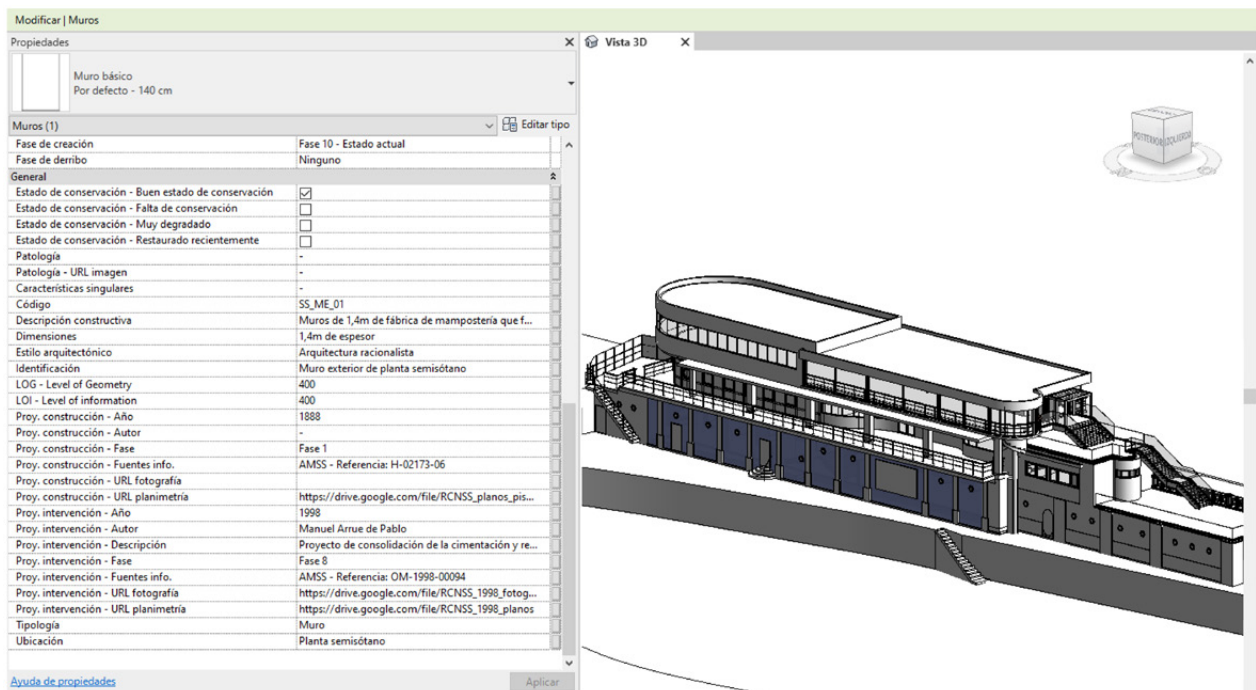


Fig. 14. Example of data entry in each information field (own production).

elements (structure and closure) were then modelled directly on the imported point cloud. Next, consulting the 360° photos through the Leica TruView application (Fig. 12), the model was completed with more geometric and volumetric information (Fig. 13).

After obtaining the geometry of the building's current state, the process of entering information was done by creating new parameters, using

as reference the previously generated files of construction elements and filling in each field with the corresponding data (Fig. 14). This enables us, for example, to generate using the view filters a 3D view in which each element acquires a colour according to its state of conservation, thereby helping us ascertain at a glance the urgency of any action for each element of the building (Fig. 15).

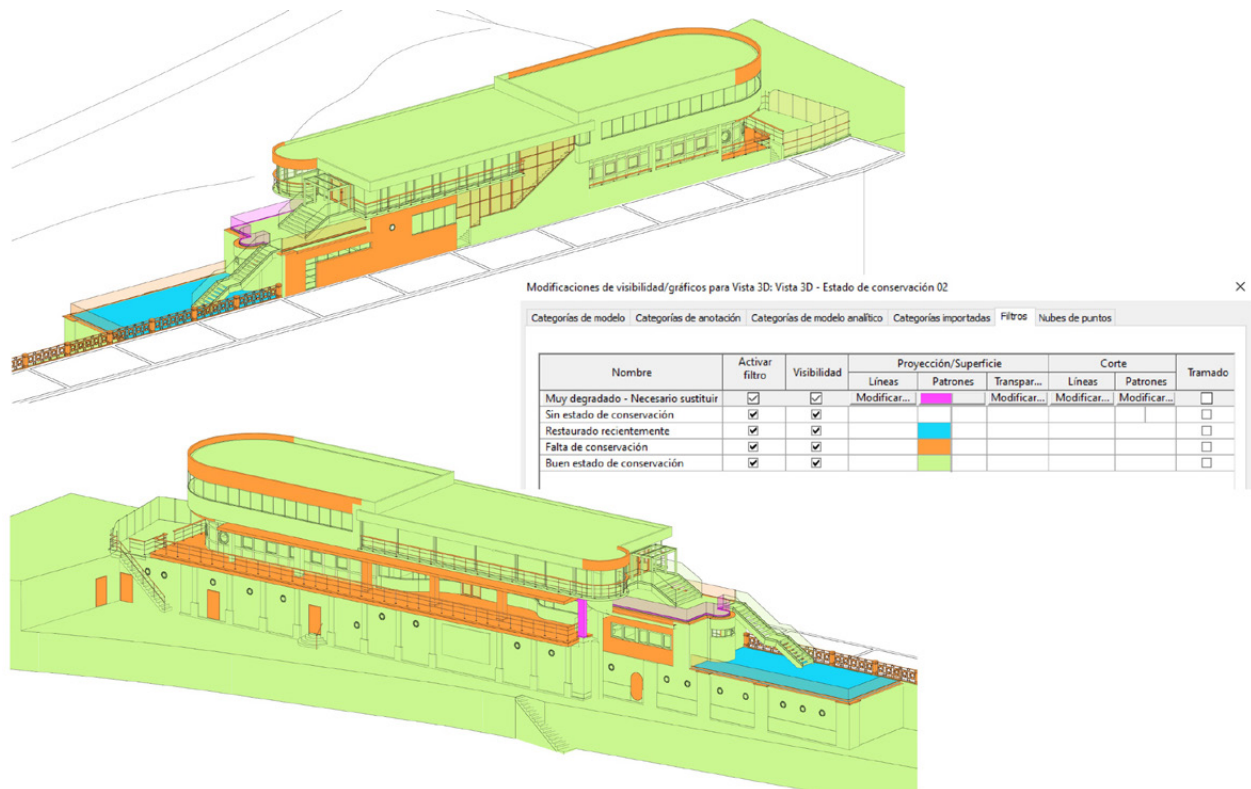


Fig. 15. 3D view with filters to ascertain the state of conservation of each element (own production).



Fig. 16. Real photo during the scanning process and info-graphics generated using the HBIM model (own production).

4. CONCLUSIONS

The study highlights the effectiveness of the 3D HBIM model as a tool for management

and conservation of the RCNSS, as it enables efficient collection, updating and organisation of information, resolving the problem of decentralisation and dispersion of the building's historical construction data.

Also, the HBIM model's ability to generate 2D plans, data tables and accurate measurements, as well as 3D views and realistic info-graphics, demonstrates its potential as a tool for architectural conservation.

The generation of a complete table with reference data on the building's different historical construction phases was also a very useful tool, because even though the RCNSS building has maintained its main function since the very beginning, it has undergone numerous changes due to maintenance processes or to meet new needs, with more than 30 such interventions identified. This table made it possible to easily filter and select the most important interventions.

In the same way, the generated files were a very practical way to classify all the data gathered when the research began. However, those same files lacked data in some sections, indicating an absence of detailed technical information on some construction elements. This underscores

the need to obtain other data sources associated to the RCNSS building, its architectural style and the period each intervention was done, such as historic construction treatises and studies of similar projects.

The HBIM 3D model should therefore continue to be developed, as the lack of information seen in some cases means the architecture cannot be fully described or accurately represented, with the consequent need for continual interpretation.

To improve the accuracy of the model, the laser scan of the building was essential, enabling the development of a more rigorous 3D HBIM model.

Regarding the modelling process, it was not easy, due to the complex interior layout of the building. However, the geometric simplicity of the construction elements facilitated the work, as it was possible to model directly in the HBIM software used (Revit) without any need to import components from other more complex 3D modelling programmes.

In summary, the 3D HBIM model has shown to be an interesting solution for dealing with the problems found in the RCNSS building; its continual development and updating are necessary to ensure conservation of the building.

REFERENCES

- Akın, Ş., Gürsel Dino, İ., & Savaş Sargin, A. (2022). Heritage Building Information Modelling for the Conservation of 20th Century Modernist Architecture. *METU Journal of the Faculty of Architecture*. <https://doi.org/10.4305/METU.JFA.2022.1.1>
- Baik, A. (2017). From point cloud to Jeddah Heritage BIM Nasif Historical House – case study. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 4, 1-18. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2017.02.001>
- Castellano-Román, M., & Pinto-Puerto, F. (2019). HBIM oriented towards the master plan of the charterhouse of Jerez (Cádiz, Spain). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W15, 285-290. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W15-285-2019>
- CIC Research Group. (2010). *BIM_Project_Execution_Planning_Guide_V2.1*. <https://bim.psu.edu/downloads/>
- es.BIM. (2018a). *Guía para la elaboración de un PEB*. <https://cibim.mitma.es/recursos-cibim/otros-recursos>
- es.BIM. (2018b). *Generación de Modelos: Guía de Modelado de Arquitectura*. <https://cibim.mitma.es/recursos-cibim/otros-recursos>
- Etxepare Igiñiz, L., & Azcona Uribe, L. (2024). Gatepaceko ipar taldearen proiektuak = Proyectos del grupo norte del GATEPAC. Universidad del País Vasco.
- Fernández, A., Soria, E., Agustín, L., Alberto, J., Adrián, A., Ereño, B., Salvador García, E., Jordan, I., Soto, A., NIETO, J., Monterroso Checa, A., Moyano, J., Herráez, J., Espinosa, Y., Leache, J., Rafael, A., Martin-Talaverano, R., Mahillo Calle, A., González Arteaga, J., & Castellano-Román, M. (2018). BIM aplicado al Patrimonio Cultural. Documento 14. Guía de usuarios BIM. *Building SMART Spain Chapter*.
- Holmström, J., Ketokivi, M., & Hameri, A. (2009). Bridging Practice and Theory: A Design Science Approach. *Decision Sciences*, 40(1), 65-87. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5915.2008.00221.x>
- Hossain, M. A., & Yeoh, J. K. W. (2018). BIM for Existing Buildings: Potential Opportunities and Barriers. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 371, 012051. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/371/1/012051>
- Jordan-Palomar, I., Tzortzopoulos, P., García-Valdecabres, J., & Pellicer, E. (2018). Protocol to Manage Heritage-Building Interventions Using Heritage Building Information Modelling (HBIM). *Sustainability*, 10(4), 908. <https://doi.org/10.3390/su10040908>

Liu, J., Willkens, D. S., & Foreman, G. (2022). An introduction to technological tools and process of Heritage Building Information Modeling (HBIM). *EGE-Expresión Gráfica en la Edificación*, 16, 50-65. <https://doi.org/10.4995/ege.2022.17723>

López, F., Lerones, P., Llamas, J., Gómez-García-Bermejo, J., & Zalama, E. (2018). A Review of Heritage Building Information Modeling (H-BIM). *Multimodal Technologies and Interaction*, 2(2), 21. <https://doi.org/10.3390/mti2020021>

Ministerio de Cultura y Deporte. (2021). *Manual para la introducción de la metodología BIM aplicado a la intervención en Bienes Inmuebles declarados BIC*. Ministerio de Cultura y Deporte.

Murphy, M., McGovern, E., & Pavia, S. (2013). Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 76, 89-102. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.11.006>

Peffer, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M. A., & Chatterjee, S. (2007). A Design Science Research Methodology for Information Systems Research. *Journal of Management Information Systems*, 24(3), 45-77. <https://doi.org/10.2753/MIS0742-1222240302>

Sanz Esquide, J. Á. (1995). Real Club Náutico de San Sebastián, 1928-1929 José Manuel Aizpúrua y Joaquín Labayen. Medusa - Colegio de Arquitectos de Almería.

Takeda, H., Veerkamp, P., Tomiyama, T., & Yoshikawa, H. (1990). "Modeling Design Processes." *AI Magazine*, 11(4), 37-48. <https://doi.org/10.1609/aimag.v11i4.855>

Urkia Etxabe, J. M. (2021). *RCNSS, 125 años en la mar, 1896-2021: Historia del Real Club Náutico de San Sebastián_COMPLETO*. Real Club Náutico San Sebastián.

Vaishnavi, V., & Kuechler, W. (2004). *Design Research in Information Systems*. Association for Information Systems.

How to cite this article: García Moreno, J., León Cascante, I., & Sagarna Aranburu, M. 2024. "Processes for creating the HBIM model of a protected 20th century heritage building. The Royal Nautical Club of Donostia-San Sebastián". *EGE Revista de Expresión Gráfica en la Edificación*, No. 21, Valencia: Universitat Politècnica de València. pp. 4-26. <https://doi.org/10.4995/ege.2024.22199>.

PROCESOS PARA LA CREACIÓN DEL MODELO HBIM DE UN EDIFICIO PATRIMONIAL PROTEGIDO DEL SIGLO XX. EL REAL CLUB NÁUTICO DE DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN

1. INTRODUCCIÓN

Preservar los edificios patrimoniales de estilo racionalista es una de las prioridades del siglo XXI en el ámbito de la arquitectura. (Akin et al., 2022:1).

En muchos casos, los edificios del Movimiento Moderno se han modificado para adaptarse a nuevos ocupantes, aumentando así el riesgo a sufrir alteraciones irreversibles o incluso a su completa destrucción. Esto subraya la urgencia de implementar iniciativas de conservación arquitectónica específicamente orientadas a estos edificios. (Akin et al., 2022:1)

La intervención en el patrimonio cultural requiere de un riguroso conocimiento del bien que permita elaborar un correcto diagnóstico y plantear posteriormente las correspondientes actuaciones (Fernández et al., 2018:19).

Pero, como en otros casos de conservación del patrimonio cultural, existen notables ineficiencias relacionadas con la documentación, conservación, rehabilitación, y reconstrucción. (Jordan-Palomar et al., 2018).

A la hora de llevar a cabo un proceso de conservación del patrimonio arquitectónico la información suele ser inconexa, está dispersa e incompleta, es poco accesible al pertenecer a un archivo privado o no está registrada y se encuentra en distintos formatos, por lo que es necesario invertir mucho tiempo para poder recopilarla, organizarla y filtrarla (Fernández et al., 2018:24), impidiendo así obtener el conocimiento necesario para poder desarrollar un proyecto de actuación bien fundamentado.

El empleo de la metodología BIM ("Building Information Modelling") como método innovador en el campo histórico (Baik, 2017:1), adquiere la denominación de HBIM ("Heritage Building Information Modelling"). El uso de la metodología HBIM podría ser la solución a esos problemas (Fernández et al., 2018:24) puesto que su objetivo es crear un modelo 3D en el que vincular toda la información geométrica, constructiva, histórica y arqueológica generada durante el ciclo completo de vida del edificio (Liu et al., 2022:2) de una manera unificada, completa y fácil de gestionar (Fernández et al., 2018:6), convirtiéndose en una gran herramienta para el desarrollo de procesos de intervención, conservación y gestión del patrimonio arquitectónico (Fernández et al., 2018:18).

La reconstrucción digital del patrimonio arquitectónico mediante la metodología HBIM es un proceso multidisciplinar en el que deben colaborar profesionales de habilidades muy diversas (Liu et al., 2022:13) y que puede requerir el uso de equipos y

herramientas especiales, un considerable esfuerzo de modelado y experiencia en la recolección, procesado y gestión de datos (Hossain & Yeoh, 2018:1). No obstante, estos modelos 3D con información integrada se desarrollan en entornos de trabajo comunes a los que pueden acceder todos los agentes involucrados en el proceso de trabajo, facilitando la interoperabilidad y permitiendo que la información pueda ser registrada, consultada, compartida y actualizada al mismo tiempo. De esta manera se optimizan los recursos al poder detectar interferencias con mayor facilidad y se evita la duplicidad de tareas (Fernández et al., 2018:18) y la desorganización, pérdida o repetición innecesaria de la información.

Además, a través del modelo HBIM podemos obtener como resultado modelos 3D, infografías exteriores e interiores, planos 2D de plantas, alzados y secciones, detalles, tablas de mediciones, gasto energético, etc. (Murphy et al., 2013:13) útiles para la toma de decisiones sobre las principales directrices de gestión patrimonial: investigación, protección, conservación y difusión (Castellano-Román & Pinto-Puerto, 2019:5) Spain, así como para la reconstrucción, diseño y documentación del patrimonio arquitectónico.

La metodología HBIM enfrenta desafíos en la reconstrucción digital debido a los componentes complejos e irregulares que suelen caracterizar a las construcciones históricas y que no están representados en las bibliotecas BIM existentes (Liu et al., 2022:1).

En este caso, las cualidades arquitectónicas y materiales de un edificio racionalista como el del RCNSS podrían suponer una ventaja frente a la construcción del modelo HBIM ya que estas construcciones se distinguen por sus formas y volúmenes simples (Etxepare Igiñiz & Azcona Uribe, 2024:23) y por el uso de sistemas constructivos más industrializados (hormigón armado para la estructura, ladrillo o bloques ligeros con acabado continuo para las fachadas y divisiones interiores, carpinterías metálicas en los huecos exteriores, y cubiertas planas con solados ligeros (Etxepare Igiñiz & Azcona Uribe, 2024:23).

Los casos de aplicación de HBIM en patrimonio histórico del siglo XX son limitados y la metodología HBIM continúa siendo relativamente novedosa, por lo que necesita ser explorada con nuevos casos de estudio que permitan identificar pautas que se adapten mejor a cada caso.

Es por ello que este estudio propone la aplicación de esta metodología en el edificio del RCNSS. Un caso de arquitectura de principios del siglo XX y un símbolo icónico tanto de la ciudad de Donostia-San Sebastián como de la arquitectura del Movimiento

Moderno de España (Urkia Etxabe, 2021:19,21), que asombrosamente convive con la arquitectura de estilo historicista y ecléctica que lo rodea (Fig. 1).

El inmueble pertenece al RCNSS, un club social privado dedicado a los deportes náuticos desde su fundación en 1896 hasta la actualidad, con trascendencia en diferentes épocas, a nivel nacional e internacional (Urkia Etxabe, 2021:19,36) y estrechamente vinculado a la Familia Real desde sus inicios (Urkia Etxabe, 2021:32).

Fue diseñado en 1928 y construido en 1929 por los arquitectos José Manuel Aizpurua Azqueta (1902-1936) y Joaquín Labayen Toledo (1900-1996), arquitectos guipuzcoanos, de influencia neoplástica (Sanz Esquide, 1995:9) y titulados a finales de los años 20. Fueron colaboradores de la revista A.C. (Actividad Contemporánea), órgano del GATEPAC (Grupo de Artistas y Técnicos Españoles para el Progreso de la Arquitectura Contemporánea), al que también pertenecieron siendo parte del Grupo Norte.

En un periodo de transición arquitectónica y constructiva en el que el sector de la construcción comenzaba a adoptar materiales industrializados de manera generalizada, mientras que los sistemas tradicionales y artesanales iban quedando en desuso (Etxepare Iñiñiz & Azcona Uribe, 2024:24), proyectaron un edificio que seguía los cinco puntos de la arquitectura moderna establecidos por Le Corbusier (los pilotis; la planta libre; la fachada independiente; la ventana horizontal; y la cubierta plana), con una planta principal de espacio diáfano donde las estancias se distribuyen secuencialmente, delimitadas únicamente por cortinas, paredes de baja altura, mobiliario o paneles de vidrio (Sanz Esquide, 1995:23).

El edificio del RCNSS, coetáneo al proyecto de la Villa Savoye de Le Corbusier, se construyó en tan sólo 6 meses (desde marzo de 1929 hasta su inauguración en agosto de ese mismo año) (Urkia Etxabe, 2021:135,138), a pesar de las diversas modificaciones (Sanz Esquide, 1995:18) debidas a la controversia urbanística (Urkia Etxabe, 2021:8).

Desde sus inicios fue conocido nacional e internacionalmente, pues recién inaugurado ya apareció en publicaciones de arquitectura nacionales y extranjeras (Sanz Esquide, 1995:10).

A pesar de todo, el edificio no contó con ningún tipo de protección hasta finales de siglo. En 1995 el edificio se consideró en el plan general de Donostia-San Sebastián como edificio singular (Urkia Etxabe, 2021:318), y en el año 2001, el Consejo del Gobierno Vasco, a petición del departamento de Cultura, a través del BOPV nº16 (BOPV 23-01-2001) calificó el edificio del RCNSS como Bien Cultural, con la categoría de Monumento.

Más tarde, en 2012, el edificio del RCNSS fue elegido por la Fundación Docomomo Ibérico como uno de los tres edificios de Gipuzkoa destacados por su valor artístico y relevancia social (Urkia Etxabe, 2021:348).

A lo largo de su historia el Club ha pasado por etapas mejores y peores y se han realizado en el edificio diversas reformas y constantes obras de mantenimiento (Urkia Etxabe, 2021:217) que fueron modificando la volumetría y aspecto original del proyecto de Aizpurua y Labayen con la intención de adaptarse a nuevas épocas y necesidades del Club Náutico. Esto hace que sea un ejemplo excelente de aplicación de la metodología HBIM para identificar y representar tridimensionalmente sus diferentes fases histórico-constructivas.

Aunque llevar a cabo ese proceso puede resultar complejo o en ocasiones imposible debido a la falta de información necesaria para poder hacer un trabajo riguroso y fiable, en el caso del RCNSS, al ser un edificio del siglo XX, la probabilidad de encontrar información relativa a las diferentes actuaciones es mucho más alta ya que es posible complementar la información mediante fotografías de cada época.

El objetivo principal de la investigación es definir los procesos de recopilación documental, identificación histórico constructiva y toma de datos del edificio necesarios para el posterior desarrollo de un modelo 3D HBIM. Además, obtener, mediante una búsqueda exhaustiva, todos los datos disponibles para posteriormente realizar un análisis evolutivo, estructural, material, patológico, de su entorno y su uso (Fernández et al., 2018:20). De esta manera, se podrán organizar los datos necesarios para poder replicar más adelante en un modelo 3D HBIM las diferentes fases histórico-constructivas del edificio del RCNSS, incluyendo, además de la geometría y la materialidad del edificio, toda la información histórica, arquitectónica y constructiva disponible del mismo.

2. METODOLOGÍA

Este estudio busca abordar una serie de problemas prácticos identificados en el edificio del RCNSS para los que se plantea una posible solución. Por ello, se ha aplicado el procedimiento de investigación DSR (Design Science Research) cuyo objetivo es resolver problemas prácticos mediante la construcción de artefactos y contribuir teóricamente en la disciplina profesional en la que se aplica (Holmström et al., 2009).

La investigación parte del deseo de poder llevar a cabo un proceso de mantenimiento y protección, gestión y musealización del edificio del RCNSS.

El diseño de la investigación se ha basado en las cinco etapas sugeridas por Takeda et al. (1990), Vaishnavi y Kuechler (2004), Peffers et al. (2007) y Holmström et al. (2009): Identificar el problema, desarrollar una

solución, implementar la solución, evaluar la solución y conclusiones (Fig. 2).

En la primera etapa, centrada en la identificación del problema, se realiza un análisis sobre el edificio del RCNSS que muestra varios problemas a resolver.

El caso de estudio es un bien patrimonial protegido de gran interés arquitectónico e histórico, pero que pertenece al RCNSS, un club social privado, por lo que el acceso es restringido y no se puede visitar como otros edificios protegidos, lo que empeora sus posibilidades de difusión.

Además, el edificio alberga dos actividades distintas (club recreativo-náutico y bar gastronómico/disco club), lo que complica la gestión eficiente de los espacios disponibles.

Es un edificio que presenta un gran número de patologías debidas al envejecimiento de su construcción, a su cercanía al mar y a las inclemencias del tiempo (fuertes ráfagas de viento, agitado oleaje, salitre, arena, etc.), por lo que precisa reparaciones cada poco tiempo. Pero dicho mantenimiento es complejo, debido a su condición de bien protegido, la propiedad privada del edificio compuesto por múltiples socios y que una parte del edificio esté arrendada para dar servicio al espacio gastronómico y de ocio GU.

Más aún cuando la documentación gráfica y textual disponible del proyecto original y sus posteriores actuaciones puede ser imprecisa, está dispersa, incompleta y en diferentes formatos (la documentación de algunas actuaciones previas realizadas no es pública y sólo puede facilitarla el arquitecto autor). Esto provoca que sea más complicado comprender el edificio y poder analizar las transformaciones que ha sufrido a lo largo de su historia, dificultando así la correcta toma de decisiones y el desarrollo de un posible proyecto de intervención en el que es primordial tener un conocimiento completo y riguroso del edificio.

Tras identificar y comprender los problemas a resolver, siguiendo la metodología DSR, se procede al diseño del artefacto, al desarrollo de la solución.

En este caso, como solución a los problemas expuestos, se propone la generación de un modelo 3D que reúna en un único modelo centralizado la geometría de las diferentes fases del edificio (Fig. 2), así como toda la información existente relacionada con cada una de ellas (datos gráficos, históricos y constructivos) aplicando la metodología HBIM. Esto podría permitir la realización de visitas virtuales al edificio en su estado actual y en estados previos o futuros, mejorar la gestión de los espacios, y, optimizar la toma de decisiones en futuras actuaciones de mantenimiento y protección del edificio.

Para ello, ha sido necesario realizar primero un análisis documental y bibliográfico del edificio del

RCNSS (planos, memorias, fotografías y otros archivos privados o públicos), de sus autores, los arquitectos J.M.Aizpurua y J.Labayen, y de la metodología BIM (usos y posteriores actuaciones) y HBIM (parte patrimonial).

Con el objetivo de realizar esa labor de recopilación se han realizado visitas al edificio para elaborar un reportaje fotográfico tanto del exterior como del interior, y se ha accedido a bases de datos tanto digitales como físicas de archivos municipales, bibliotecas municipales y provinciales, así como a fototecas y repositorios académicos.

Tras la recopilación de información sobre el caso de estudio se ha procedido a su estructuración y organización, pudiendo generar así un primer listado con las fases de actuación identificadas del edificio del RCNSS.

Debido a la cantidad de fases histórico-constructivas detectadas, se ha generado un segundo listado con la selección de las fases más importantes en la historia del edificio; aquellas que más han transformado el edificio y de las que existen al menos fotografías, planimetría y/o una descripción lo suficientemente detallada como para poder realizar una correcta interpretación.

Respecto al proceso de modelado, según lo dispuesto en diferentes guías y protocolos BIM y HBIM del contexto español, como las guías uBIM de BuildingSmart Spanish Chapter (Fernández et al., 2018), la documentación generada por la Comisión Interministerial BIM (es.BIM, 2018a, 2018b), o el manual elaborado por el Ministerio de Cultura y Deporte (Ministerio de Cultura y Deporte, 2021), para optimizar el modelado HBIM es necesario definir previamente unos objetivos de conocimiento y actuación (conservación preventiva, restauración, intervención arquitectónica...) que permitan determinar el nivel de desarrollo (LOD) del modelo 3D y el tipo de información a implementar. Es decir, los tres requisitos principales de un BEP (BIM Execution Plan): Objetivos, Usos y el Nivel de Información del modelo HBIM (Ministerio de Cultura y Deporte, 2021:31).

Lo primero que se debe definir son los objetivos para los que se pretende implementar la metodología HBIM, detallando así también unos usos concretos.

El edificio del RCNSS, además de ser un edificio patrimonial de interés histórico-arquitectónico, sigue siendo un edificio en funcionamiento que ofrece una serie de servicios a sus usuarios. Es por ello que, en este caso, los objetivos y usos del modelo HBIM pueden ser variados.

Así, para este caso de estudio se plantea como objetivo generar un modelo HBIM 3D que pueda ser útil tanto para uso técnico y profesional (incorporación de información detallada de los materiales y sistemas

constructivos, secuencia de transformaciones y el registro de las intervenciones ejecutadas sobre un modelo de geometría y texturas reales), como para gestión o divulgación (modelo adaptado y de geometría, textura y nivel de detalle simplificados) (Fernández et al., 2018:25).

En concreto, según lo dispuesto en el manual desarrollado por el Ministerio de Cultura y Deporte en 2021 (Ministerio de Cultura y Deporte, 2021) los objetivos BIM podrían ser los indicados en la Fig. 3. Para la identificación de los usos aplicables al modelo HBIM que sirvan para conseguir los objetivos definidos se han tenido en cuenta los usos propuestos en dicho manual y en la guía desarrollada por la Pennsylvania State University (CIC Research Group, 2010).

En este caso los usos a aplicar en el modelo HBIM serían los indicados en la Fig. 3.

De acuerdo a los usos y objetivos definidos se determina el nivel de detalle del modelo, así como su precisión y el tipo de información a introducir (Fernández et al., 2018:20).

Generalmente, para determinar el nivel de detalle de un modelo BIM se utiliza el concepto de LOD (Level of Development) que engloba tanto el LOG (Level of Geometry) como el LOI (Level of Information).

Sin embargo, el Documento 14 de las guías uBIM de Building SMART Spanish Chapter (Fernández et al., 2018:16) señala que el concepto de LOD no puede aplicarse de la misma manera en casos de patrimonio histórico construido y propone cinco niveles de desarrollo específico.

En función de los usos propuestos para el modelo HBIM, sería necesario aplicar un LOD 400. Es decir, un modelo definido geométricamente en detalle en el que tanto los elementos constructivos como los diferentes materiales que los componen estén definidos y asociados a las diferentes fases o periodos correspondientes a la secuencia de transformaciones del edificio (Fernández et al., 2018:16).

No obstante, debemos tener en cuenta el nivel de conocimiento que tenemos disponible (Fernández et al., 2018:18), ya que a pesar de la documentación recopilada es probable que no todos los elementos del edificio analizado tengan el mismo nivel de definición.

El nivel de detalle de la documentación gráfica y textual en las diferentes fases de actuación del edificio del RCNSS es muy variable. En el caso de algunas actuaciones ni siquiera se ha conseguido un registro formal, teniendo como única referencia las fotografías de cada época.

Por ello, resulta más adecuado definir el LOG y LOI de cada elemento del modelo de forma independiente en función de los datos disponibles, procurando obtener un LOG 400 (objeto con alto detalle geométrico, con definición de materialidad y pertenencia a un sistema

constructivo específico) y un LOI 400 dentro de lo posible.

La introducción de datos semánticos y la vinculación de datos gráficos externos en el modelo HBIM se realiza a través de los parámetros de cada elemento del modelo. Pero los parámetros predeterminados de los diferentes elementos del modelo no son suficientes para la vinculación de información histórica y constructiva de un edificio patrimonial.

Es por ello necesario generar campos de información adicionales y personalizados a través de nuevos parámetros que puedan ser asociados a cada uno de los elementos del modelo tridimensional. Campos de información como los relacionados con la secuencia transformativa del edificio, la identificación de elementos, la materialidad, la autoría, cronología, estado de conservación (lesiones), el registro de intervenciones (tratamientos aplicados, sustituciones), etc.

Teniendo como referencia el trabajo realizado por Palomar et al. en 2020 para el desarrollo de una plataforma HBIM, se ha generado una lista de nuevos parámetros que podrían servir como entradas de información.

Para clasificar las diferentes fases de actuación del edificio y los datos referentes a los diferentes elementos constructivos del edificio (muros, elementos estructurales, carpinterías, acabados, etc.), se han generado unas fichas tipo para cada fase constructiva y para cada elemento constructivo que contienen datos semánticos, gráficos y fotográficos. Estas fichas pueden ayudar a organizar y clasificar los datos recopilados y a observar la ausencia o exceso de los mismos, optimizando así el posterior proceso de modelado.

Con ese fin, se han realizado tres tipos de fichas/plantillas (T1: fases constructivas, T2: elementos constructivos, T3: espacios) que recogen toda esa información y permiten realizar el posterior modelado de una forma directa y más ordenada. La ficha T1 recoge la información correspondiente a cada una de las fases del ciclo evolutivo del edificio. La ficha T2 recoge la documentación gráfica y semántica de los diferentes elementos del edificio. Finalmente, la ficha T3 destinada a la gestión eficiente del edificio y sus espacios, recoge la información correspondiente de cada estancia.

Cada una de las fichas tiene una lista de parámetros personalizada que sirve como entrada de información.

Para las fichas T3 de gestión de los diferentes espacios del edificio se han propuesto otros parámetros específicos: uso actual, frecuencia de uso, superficie útil, altura libre, luz natural (sí o no), número máximo de personas, reserva del espacio (señalando fecha, hora y actividad).

Tras la realización de las fichas tipo, estas se han completado con la información recopilada al inicio de la investigación. Una ficha de fase por cada una de las actuaciones.

Asimismo, se ha llevado a cabo una caracterización de los elementos constructivos del edificio (muros, elementos estructurales, carpinterías, acabados, etc.) rellenando una ficha por cada elemento constructivo del edificio.

Por otro lado, teniendo en cuenta que la fase constructiva del edificio de la que se parte para el desarrollo de un modelo HBIM es la actual, unido a que se han encontrado discrepancias entre diferentes planimetrías del edificio, se ha llevado a cabo un proceso de toma de datos in-situ del estado actual del edificio. Mediante la nube de puntos obtenida a partir del escaneado láser del interior y exterior del edificio se ha logrado una base de medición e información más precisa que ha permitido realizar un modelo 3D más riguroso.

Para recopilar esa información se ha realizado un proceso de escaneado láser con fotografías 360° de forma integrada mediante el escáner láser 3D RTC360 de Leica Geosystems. La integración de ambas tecnologías permite generar posteriormente un modelo 3D mucho más completo y preciso.

Se ha utilizado la tecnología de escaneado láser por su eficiencia y precisión en la recolección de datos espaciales de construcciones existentes y superficies complejas (López et al., 2018:7).

La fotografía de 360° integrada en el proceso de escaneado, obtiene una documentación más inmersiva del edificio que puede utilizarse tanto como asistente durante el proceso de modelado, así como para una futura difusión virtual del patrimonio construido.

Pero, antes de llevar a cabo el proceso de escaneado láser 3D acompañado de fotografía 360°, se ha desarrollado un plan de estacionamientos utilizando como base los planos de las últimas actuaciones del edificio para establecer una cobertura de escaneo adecuada de las superficies tanto interiores como exteriores (Fig. 4).

Además de ello, se ha aplicado la fotogrametría terrestre. Una técnica 3D relativamente precisa, no invasiva y sin contacto, que, mediante capturas de imágenes de alta calidad, agiliza la recopilación de datos semánticos y espaciales de edificios u objetos (López et al., 2018).

Una vez realizada la obtención y postprocesado de la nube de puntos se ha procedido a la generación de un primer modelado 3D del estado actual del edificio, que sirve como referencia para el modelado de las fases histórico-constructivas previas del edificio.

Tras la obtención del modelo HBIM, artefacto considerado como posible solución a la problemática

identificada al comienzo de la investigación, ha sido necesario evaluarlo y comprobar si realmente cumplía su propósito.

Para ello, se ha de examinar el nivel de precisión y fidelidad del modelo teniendo en cuenta los usos y objetivos HBIM que se habían definido anteriormente. Además, se ha de analizar su capacidad para servir como punto de partida para la gestión, musealización y para la ejecución de un proceso de mantenimiento y protección del edificio.

3. RESULTADOS

A lo largo del proceso metodológico aplicado se han obtenido una serie de resultados previos al modelo HBIM, como son las fases histórico-constructivas identificadas, las fichas tipo generadas y completadas y la nube de puntos procesada.

3.1. FASES HISTÓRICAS DEL RCNSS

Tras llevar a cabo un proceso de investigación sobre las actuaciones del edificio se ha generado un primer listado con las diferentes fases constructivas identificadas en su ciclo de vida, (Fig. 5).

Inicialmente se han reconocido 38 fases constructivas diferentes, de las cuales algunas no han sido realizadas o no existe información suficiente para poder determinar exactamente las modificaciones llevadas a cabo en dichas actuaciones.

Por ese motivo, se ha optado por generar un segundo listado de 10 fases (Fig. 6) con la selección de las actuaciones más relevantes del ciclo de vida del edificio, que más han transformado el edificio y de las que existen al menos fotografías, planimetría o una descripción lo suficientemente detallada como para poder interpretarse correctamente. Estas serán las que se incluyan en el modelo HBIM.

3.2. GENERACIÓN DE FICHAS TÉCNICAS

Como parte del proceso de investigación se han desarrollado tres tipos de fichas (Fig. 7).

T1: Fases constructivas. Recoge la información correspondiente a cada una de las fases del ciclo evolutivo del edificio.

T2: Elementos constructivos. Recoge la documentación gráfica y semántica de los diferentes elementos del edificio.

T3: Gestión de espacios. Destinada a la gestión eficiente del edificio y sus espacios, recoge la información correspondiente de cada estancia.

3.3. NUBE DE PUNTOS: LEVANTAMIENTO DEL ESTADO ACTUAL

Se ha llevado a cabo un proceso integrado de escaneado láser y fotografía 360° mediante el escáner láser 3D RTC360 de Leica Geosystems para documentar el estado actual del edificio (Fig. 8).

Se desarrolló un plan de escaneado que asegurase el escaneado completo de los diferentes espacios, tanto interiores como exteriores, del edificio. También fue necesario realizar varios escaneos desde el edificio del actual Ayuntamiento de Donostia-San Sebastián.

A pesar del tamaño del edificio, debido a la complejidad de la distribución interior, fue necesario realizar más de 130 escaneos, durante un proceso de escaneado de 10 horas aproximadamente debido a la complejidad de un edificio en uso de acceso restringido. No resultó un proceso sencillo debido a la compleja configuración arquitectónica del estado actual del edificio (desconexión entre espacios de una misma planta), a los espacios de uso privado a los que no se podía acceder hasta que dejaran de ser utilizados (vestuarios, cocina, baños y aseos) y al continuo acceso de los usuarios del RCNSS a los diferentes espacios. Esto, provocó que fuera necesario modificar en algunas ocasiones el orden de escaneo, haciendo que el escáner perdiera la referencia VIS (Visual Inertial System) con los escaneos anteriores y fuera necesario realizar una unión forzada entre algunos escaneos.

Además, las superficies acristaladas de las fachadas exteriores y las superficies cubiertas de espejos en el interior provocaron la duplicidad de puntos que posteriormente fue necesario eliminar de forma manual siguiendo un proceso lento y tedioso.

El escaneado fue asistido por una Tablet conectada a la red Wifi del escáner, donde se pudo hacer un preprocesado del trabajo usando el software Cyclone FIELD de Leica. El trabajo se dividió en 3 Sitemaps, o conjuntos de trabajo, para facilitar una segmentación de la nube. Por un lado, se integró el escaneo de las plantas del Club Náutico, por otro el local arrendado, y por último, un conjunto con el escaneo de la cubierta y los exteriores (Fig. 9).

Posteriormente se procesó la nube de puntos mediante el software Cyclone REGISTER 360 (Fig. 10) para corregir algunas uniones, eliminar puntos erróneos y disminuir el número de puntos antes de poder utilizar la nube de puntos 3D como base para el posterior modelado HBIM. En conjunto se obtuvo un error de 0.001m, con un solape del 54%, una fuerza de 56% y un error de nube a nube de 0.001m.

3.4. MODELADO 3D DEL ESTADO ACTUAL DEL EDIFICIO DEL RCNSS

El resultado final de la investigación es el modelo 3D HBIM del estado actual del edificio.

Para generarlo primero se importó el archivo de la nube de puntos en Revit, el software HBIM utilizado (Fig. 11).

El proceso de modelado comenzó definiendo la ubicación (coordenadas, altitud y orientación) y los niveles del proyecto. Posteriormente se modelaron los elementos principales del edificio (estructura y cerramiento) directamente sobre la nube de puntos importada. Seguidamente, consultando las fotografías 360° a través de la aplicación Leica TruView (Fig. 12), se completó el modelo con más información geométrica y volumétrica (Fig. 13).

Después de obtener la geometría del estado actual del edificio, se llevó a cabo el proceso de introducción de información mediante la creación de nuevos parámetros utilizando como referencia las fichas de elementos constructivos generados previamente y completando cada campo con los datos correspondientes (Fig. 14). Esto nos permite, por ejemplo, generar, utilizando los filtros de vista, una vista 3D en la que cada elemento adquiera un color en función de su estado de conservación, lo que nos ayuda a saber con un simple vistazo la urgencia de actuación sobre cada elemento del edificio (Fig. 15).

4. CONCLUSIONES

El estudio resalta la efectividad del modelo HBIM 3D como herramienta para la gestión y conservación del edificio del RCNSS, ya que permite la recopilación, actualización y organización eficiente de la información, dando solución al problema de la descentralización y dispersión de los datos históricos y constructivos del edificio.

Además, la capacidad del modelo HBIM para generar planimetrías 2D, tablas de datos, mediciones precisas, así como vistas 3D e infografías realistas, demuestra su potencial como herramienta para la conservación arquitectónica.

La generación de una tabla completa con datos de referencia de las diferentes fases histórico-constructivas del edificio ha sido también una herramienta muy útil, ya que, pese a que el edificio del RCNSS ha mantenido su función principal desde sus inicios, ha sufrido una gran cantidad de modificaciones como respuesta a procesos de mantenimiento o de adaptación a nuevas necesidades, llegándose a identificar más de 30 actuaciones. Esta tabla ha permitido filtrar y seleccionar fácilmente las intervenciones más relevantes.

Asimismo, las fichas generadas han resultado ser una forma muy práctica para clasificar todos los

datos recopilados al comienzo de la investigación. Sin embargo, estas mismas fichas han revelado una ausencia de datos en algunos de los apartados, indicando la falta de información técnica detallada sobre ciertos elementos constructivos. Esto subraya la necesidad de obtener otras fuentes de datos que estén relacionadas con el edificio del RCNSS, su estilo arquitectónico y la época de cada intervención, como tratados de construcción históricos y estudios de obras similares.

Por ello, el modelo HBIM 3D debe seguir desarrollándose, ya que la falta de información observada en algunos casos impide describir la arquitectura en su totalidad y representarla de forma fiel a la realidad, teniendo que recurrir a continuas interpretaciones.

Para mejorar la precisión del modelo, el escaneado láser del edificio ha sido esencial, permitiendo el desarrollo de un modelo HBIM 3D más riguroso.

En cuanto al proceso de modelado, este no fue sencillo debido a la compleja distribución interior del edificio. Sin embargo, la simplicidad geométrica de los elementos constructivos facilitó el trabajo, al poderse modelar directamente en el software HBIM utilizado (Revit) sin necesidad de importar componentes desde otros programas de modelado 3D más complejos.

En resumen, el modelo HBIM 3D ha demostrado ser una solución interesante para enfrentar los problemas encontrados en el edificio del RCNSS, y su continuo desarrollo y actualización son necesarios para garantizar la conservación del inmueble.