



## BIMBOT-(ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLIED TO BIM DESIGN)

*BIMBOT (INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA AL DISEÑO CON BIM)*

César Frías<sup>a</sup> , Jose María Peña<sup>b</sup> Érika Sánchez<sup>c</sup>  Lorena Almeida<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Architecture Meets Engineering S.L, España  
[cfrias@morphestudio.es](mailto:cfrias@morphestudio.es)

<sup>b</sup> LURTIS RULES S.L, España  
[jm.penia@lurtis.com](mailto:jm.penia@lurtis.com)

<sup>c</sup> Architecture Meets Engineering S.L, España  
[esanchez@morphestudio.es](mailto:esanchez@morphestudio.es)

<sup>d</sup> LURTIS RULES S.L, España  
[l.almeida@lurtis.com](mailto:l.almeida@lurtis.com)

### Abstract

BIMBOT is an intelligent design assistant for AEC industry. Its toolset runs on a BIM modelling software and produces a series of design solutions through optimised BIM models. It works with the use of advanced artificial intelligence (AI) methods (soft computing optimisation and machine learning) and supported by NoSQL databases. BIMBOT works in several stages:

First, the definition of constraints/priorities established by the user runs a generative design process boosted by several AI methods. It creates different solutions on BIM models stored and refined from a catalogue of intelligent objects. So, an interactive process begins in which the users may import BIM models with proposed designs, create or edit them on-the-fly and get assisted by a series of configurable metrics that drive the quality of the design according to the initial preferences. So, we get a complete BIM project as a result of the iterative process. Finally, the continuous training of the algorithms will improve the efficiency in future designs.

BIMBOT is conceived to extend the skills designers through software development BIM allowing them to be more productive in complex tasks in their design process.

BIMBOT is funded by the European Eureka/Eurostars program (E!12863).

**Keywords:** AI; Machine LearninG; Soft Computing; software development; architecture; DataBase.

### Resumen

BIMBOT es un asistente de diseño inteligente para la industria AEC. Sus herramientas se ejecutan sobre un software de modelado BIM y producen varias soluciones de diseño con modelos BIM optimizados. Funciona con el uso de métodos avanzados de Inteligencia Artificial (optimización soft computing y Machine Learning) y es compatible con bases de datos NoSQL. Contempla varias etapas:

La definición por el usuario de restricciones / prioridades establecidas ejecuta un proceso de diseño generativo impulsado por varios métodos de IA. Éste crea diferentes soluciones en modelos BIM almacenados y refinados a partir de un catálogo de objetos inteligentes. Con ello, los usuarios pueden interactuar importando modelos BIM con diseños propuestos, crearlos o editarlos in situ y recibir asistencia de una serie de métricas configurables que dan calidad al diseño de acuerdo con las preferencias iniciales. Así, obtenemos un Modelo BIM completo como resultado del proceso iterativo. Finalmente, el entrenamiento continuo de los algoritmos mejorará la eficiencia en futuros diseños.

BIMBOT está concebido para extender las habilidades de los diseñadores a través del desarrollo de software BIM, permitiéndoles ser más productivos en tareas complejas del proceso de diseño. BIMBOT está financiado por el programa europeo Eureka / Eurostars (E! 12863).

**Palabras clave:** AI; Machine Learning; Soft Computing; desarrollo de software; arquitectura; DataBase.

## INTRODUCTION

The BIM work methodology has meant the integration in the same architectural project of the 2D drawing, the 3D modeling and the collection of the data and phases necessary for its development (design, planning, execution of work and maintenance); thus generating a single live product, manageable and usable in the life of the building called BIM Model.

The next step is to learn how to manage and connect that data, so that it helps to analyze and optimize processes. Once the limits offered by current visual programming tools and interoperability between design software have been overcome, it is necessary to resort to the new sciences and technologies encompassed under the popular term of Artificial Intelligence (AI).

The term AI was initially coined by scientists such as Minsky, Shannon, McCarthy, Newell, or Simon in the famous Dartmouth workshop (1956) with the vision of emulating human learning or reasoning processes in a computer, so that an artificial entity (a computer) would exhibit one or another aspect that could be considered "intelligent" (Russell and Norvig, 2016).

Currently, one of the areas within AI that has taken on greater relevance is machine learning, in part due to the increase in the amount of data accessible and collected in different ways. These techniques address the way in which an algorithm can be trained, from existing data, to perform a recognition task (usually classification or prediction). This approach is called a data-driven approach. In contrast to this approach there are problem-driven Artificial Intelligence techniques. These techniques perform an intelligent exploration and learning process using a problem-driven sampling mechanism (posing a solution, contrasting it and extracting a quality metric that assesses the quality of the proposed solution to that problem). These are approaches that do not require prior data, but do require a description of the computable or simulated problem repeatedly for the machine to be trained. Among the techniques applicable to these cases are search algorithms or soft computing metaheuristics.

This article aims to synthesize one of the many projects that are emerging when applying AI-

derived technology; the BIMBOT tool. Section 1 focuses on putting into context the various applications that AI has in the construction environment. Section 2 specifies the AI mechanisms on which the BIMBOT is based. And, finally, in section 3 the different tools that compose BIMBOT and the novelty that it offers for the field of Architecture are explained.

## 1. STATE OF THE ART

AI has been postulated as a very promising tool in different fields of application. In civil engineering and architecture, AI techniques provide several applications (Salehia and Burgueño, 2018).

Both architectural design and civil engineering are areas where these aspects of AI (learning and searching) can be applied. (Pham and Pham, 1999) (Lu, Chen and Zheng, 2012: 22) (As, Pal and Basu, 2018). The use of these techniques as an active part in the different phases of construction allows us to speed up the decision-making process, reduce risk and increase efficiency.

AI can also be applied in two different phases of a building's life:

- In the design phase, considering AI technologies as intelligent design assistants that allow expanding the creative capacity on a computing platform. This synergy can be seen as a co-creation process in which both experts and AI explore design alternatives (Pham and Pham, 1999).
- In the use phase of a building, within the range of Smart Buildings (SB) (Snoonian, 2003) to the most recent approach called Ambient Intelligence (Aml) (Ramos, Augusto and Shapiro, 2008) (Cook, Augusto and Jakkula, 2009)

Focusing on the design phase and in relation to the interaction between the future users of a building and its architectural design, authors such as (Bhatt, Suchan, Schultz, Kondyli and Goyal, 2016) advocate a people-centred design where aspects such as spatial reasoning based on logical programming with restrictions can be applied; closer to the common sense and expectations of the users.

Among the applications of AI in architecture, it is worth highlighting work on energy efficiency

aspects for the design and control of intelligent buildings (Ashouri, Haghghat, Fung, Lazrak and Yoshino, 2018). In terms of efficiency, there is integrated work with energy simulation models (Crawley, Hand, Kummert and Griffith, 2018) (Attia, Gratia, Herde and Hensen, 2012), as well as space or material design (Shaikh, Nor, Nallagownden, Elamvazuthi and Ibrahim, 2014).

Another field with greater potential for synergies between AI and architecture is that of structural design. In particular, the previously mentioned soft computing techniques, metaheuristics, which provide search methods based on stochastic and heuristic strategies. Their widespread application in other engineering fields makes them very promising (Saridakis and Dentsoras, 2008) (Roy, Furuhashi and Chawdhry, 2012) (Jun, Annan, Zhiwu and Jingping, 2013: 11) (Noilublao and Bureerat, 2013: 12) (Saka, Hasançebi and Geem, 2016) (Peña, LaTorre and Jérusalem, 2019).

Metaheuristics perform a non-deterministic stochastic type search biased by the search criterion that allows an exploration/exploitation of a complex search space. These strategies are guided by an objective function to optimize (minimize/maximize). This objective function is treated as a black box without assuming any analytical property (e.g., derivability or continuity) of it. This is why these methods have been used in complex problems in the field of architecture (Evins, 2013) (Machairas, Tsangrassoulis and Axarli, 2014) (Gerber and Lin, 2013):

- Partitioning of spaces (Peña, Viedma, Muelas, LaTorre and Peña, 2014): Division of interior spaces according to considerations of design, use and connectivity between rooms.

- Roofs and structural optimization (Turrin, Buelow and Stouffs, 2011) (Saka and Geem, 2013): In combination with parametric models, optimization of building structures (roofs, roofs, domes and facades).

- Energy/air conditioning/efficient lighting (Méndez-Echenagucia, Capozzoli, Cascone and Sassone, 2015) (Qingsong and Fukuda, 2016) (Touloupaki and Theodosiou, 2017): Parametric modelling of geometries driven by energy efficiency models.

- Creative designs (Dino, 2012): As an assistant to create geometries or morphogenetic prototyping (McGinley, Collins, Schwarz and Muehlbauer, 2016).

## 2. BIMBOT, APPLIED ARTIFICIAL INTELLIGENCE

BIMBOT proposes to exploit the principles of Procedural Content Generation (PCG), one of the software applications oriented to intelligent design (Togelius, Yannakakis, Stanley and Browne, 2011). PCG encompasses a series of techniques by which an intelligent procedure (automatic or assisted) is used to produce models in a creative process using search and learning techniques. PCG is playing an important role in the entertainment software and animation industries (Hendrikx, Meijer, Van Der Velden and Iosup, 2013) (saving 40%-75% of time on various modeling tasks), but its use for architectural purposes is not yet explored.

Associated with PCG is Generative Design (GD), which is the process of defining high-level objectives and constraints and using existing computing power automatically explores a wide space of design alternatives and identifies the best options (Nagy, Lau, Locke, Stoddart, Villaggi, Wang, Zhao and Benjamin, 2017) (McCormack, Dorin and Innocent, 2004). PCG differs from GD in its approach as an AI problem in which learning and optimization techniques facilitate this exploration of the solution space. In any case, both lines of work, despite coming from different fields, are bound to converge.

An important aspect to consider is that GCP mechanisms that use heuristic search techniques (e.g. evolutionary algorithms) tend to require a number of tentative solution evaluations that can be medium high. To this end, it is suggested to use surrogate techniques that speed up the evaluation process by discarding potentially uninteresting solutions before evaluating them (Karavolos, Liapis and Yannakakis, 2009:1).

Likewise, the most common evolutionary search techniques have demonstrated their limitations in certain design problems within the field of architecture (Gagnon, Gosselin, Park, Stratbücker and Decker, 2019) (Wortmann, Waibel, Nannicini, Evins, Schroeffer and

Carmeliet, 2017). Therefore, more sophisticated heuristic optimisation techniques are bound to become more viable alternatives in the future (LaTorre, Muelas and Peña, 2015).

BIMBOT is based on previous works that have been adapted to the construction sector. The AI-based constraint optimization engine, LurtisEngine, was originally designed to create 3D scenarios for the creative industries and is the core of HouseBuilder (a tool for creating building structures) and InteriorDecorator (which designs interior spaces) (Peña, Viedma, Muelas, LaTorre and Peña, 2014).

The technology of this optimization engine has also been successfully applied in other AI-based design approaches, such as airframe design (Muelas, Peña, Muzhetskaya, LaTorre and Miguel, 2018). Recently, we have applied this optimisation approach to design processes in the design of materials with crystalline plasticity simulations performed with finite element calculation (Peña, LaTorre and Jérusalem, 2019).

The BIMBOT technology is based on 4 main components

1. The analysis of public databases that relate parameters of urban and technical regulations. This analysis derives in a filtering and homogenization of the information for the later use of these data.
2. The integration of these databases together with the previous design conditions, both geometric and functional, in addition to those that the user considers to be a priority and establishes at the beginning of the process.
3. The application of scoring criteria that allow optimal solutions to be obtained once this scored metric has been applied and taking into account the databases already mentioned. This application is systematically repeated in the different scales, thus ensuring a continuous evaluation of the design process.
4. A 2D/3D geometric type constraint optimization engine, based on soft computing metaheuristics that integrates the search for alternatives extracted from the contents of the component databases, as well as using certain

design variation operators, all guided by the design scoring criteria mentioned above.

### 3. DESIGN PROCESS USING BIMBOT

#### 3.1. Atomisation of the design process

Given the size of the project, it is necessary to fragment it in order to meet the different needs according to the scale. Using the experience accumulated in the design and development of residential projects, the limits of each phase on which to work are established. The result is the creation of a specific tool for the treatment of each of the following scales:

1. Urban - RegUrbis: Frames all those restrictions imposed by current regulations. It is necessary to attend to the hierarchy of land laws, which ranges from the state to the special plans, and to resolve which conditions prevail (usually those that are the most restrictive)
2. Plot - Buildability Estimator: This tool takes care of the volumetry that the urban space is capable of containing. It works with all those possible geometrical combinations within the standard and defines the range of forms that the project is capable of adopting.
3. Dwelling scale: In this section we work with dwelling units, placing them according to criteria of relation with the volume as orientation, distance to the communication nuclei and percentages of typologies.
4. Room scale - Room Designer: Within the framework of the house, work is done with the interior of the room units, emphasizing the correct design of bathrooms and kitchens as they are the ones with the most functional conditions.

To limit the scope of each tool, the analysis of the phases and scales of the project is simplified as an initial step, leading to a linear strategy: input detection - process schematization - output determination. These 3 groups are clearly distinguished in each tool and help to solve the intermediate steps that will lead to the final conformation of the BIMBOT as an integrated application in all design phases.

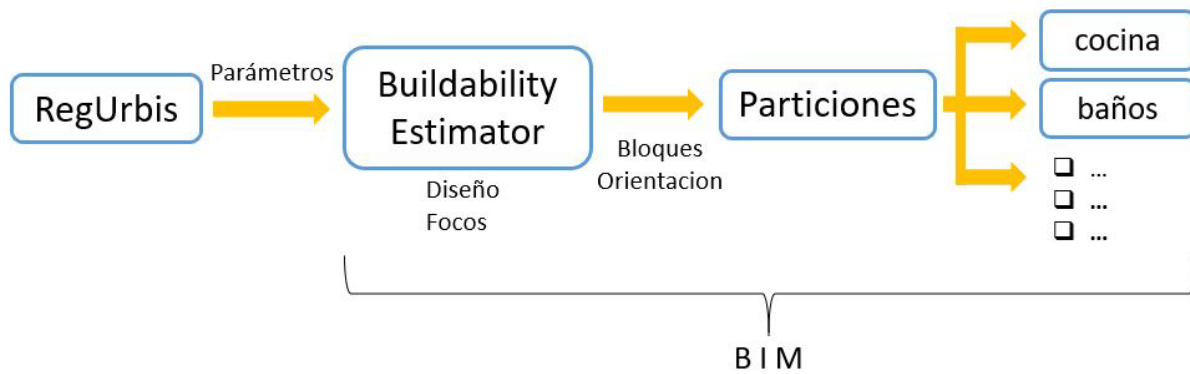


Fig. 1 – Input. Source: RegUrbis (2019)

### 3.2. RegUrbis: legal determinations, regulations according to scope

A text interpretation and information filtering tool called RegUrbis, consisting of a Natural Language Processing (NLP) engine, has been developed for standard searches (Chowdhury, 2003). This application processes the municipal and regional planning regulations and any other regulatory documents included, as well as information on the project (location, district, etc.), the type of construction and some other parameters for setting the project in context. With this information, it identifies the sections of the document from which the regulatory parameters necessary for the design and verification of the project are extracted, such as the maximum buildable height, setbacks, minimum and maximum distances between elements and any other quantitative parameter that is to be collected

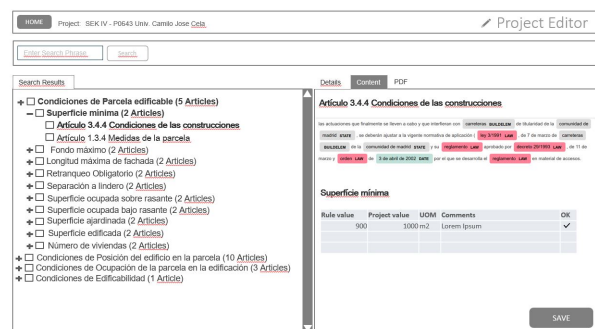


Fig. 3 – Input interface. Source: RegUrbis (2019)

The configuration of this service is carried out by means of some information templates to be extracted that have been previously trained and that an automatic learning algorithm recognizes, processes, labels and catalogues. In cases where the regulations are ambiguous or some of the parameters cannot be automatically extracted, the tool assists the user by displaying the sections it has identified that refer to the parameter searched for and the relationships and values it has found.

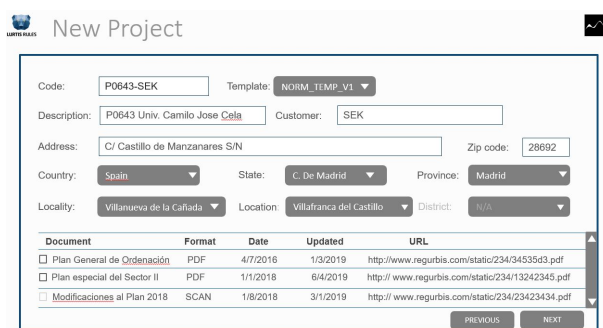


Fig. 2 – Input interface. Source: RegUrbis (2019)

### 3.3. Buildability estimator: buildability based on geometry, focal points and design criteria

The next tool in the BIMBOT process is Buildability Estimator. This tool is configured with the templates filled in with the regulations produced by RegUrbis or provided manually by the user. It also receives inputs that restrict the geometry and analyzes the location of the plot to be built.

One of the additional inputs received by the tool is a description of focal points (foci) to which intensity values are associated. These focal

points are those elements inside or outside the plot that affect the quality, comfort or price of the building. Examples of these focal points are noise emission areas (such as a road or railway line) or more attractive orientations in terms of views (green areas, parks or unique views).

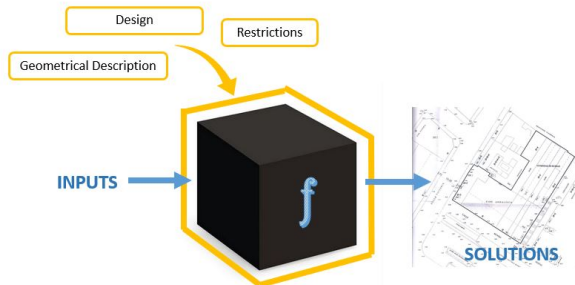


Fig. 4 – Strategy. Source: Buildability Estimator (2019)

Buildability Estimator carries out an analysis of the plot, the geometry and the positive and negative focuses that condition the project, taking into account the user's design criteria. This tool uses a series of optimization metaheuristics (see section 1) that play with different configurations of building volumes, orientations and sizes. Each configuration is evaluated in relation to criteria such as ergonomics/comfort, building percentage, lighting, energy efficiency, and cost. The optimization engine itself ensures that regulations and design preferences are treated as constraints that all valid configurations must meet.

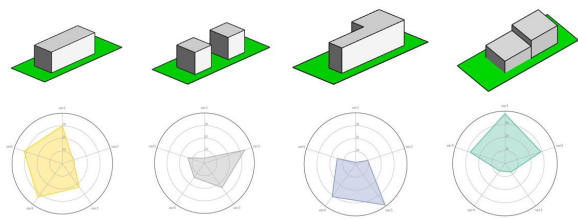


Fig. 5 – Outputs. Source: Buildability Estimator (2019)

The output of this tool is the creation, schematically, of the possible valid solutions and gives us different evaluation criteria in a visual way. The user can edit these settings manually and request the re-evaluation of the settings. He can also set certain parts of the configurations and restart the configuration process by setting some of the degrees of freedom the tool plays with. From the solutions obtained, the user

selects the one he prefers taking into account the evaluation of the different factors and creates the volumetry in the model. This solution is loaded by means of the extension in Revit.

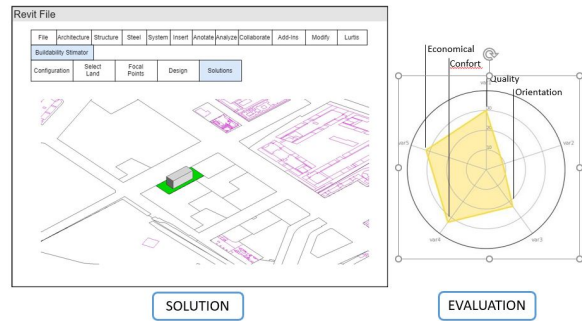


Fig. 6 – Output interface. Source: Buildability Estimator (2019)

### 3.4. Partitioning of volumes

The output of the Buildability Estimator can be processed with different tools or edited manually in Revit. BIMBOT offers a series of tools already integrated in this environment that allow to propose partitions from a series of design preferences and module typologies (houses according to bedrooms), as well as a library of rooms (main bedroom, kitchen, living room, toilet...). In this phase of the process, the client's requests regarding the percentage of dwellings, the buildability to be covered and, of course, the applicable regulations on fire protection, communication cores and minimum evacuation distances, play a fundamental role.

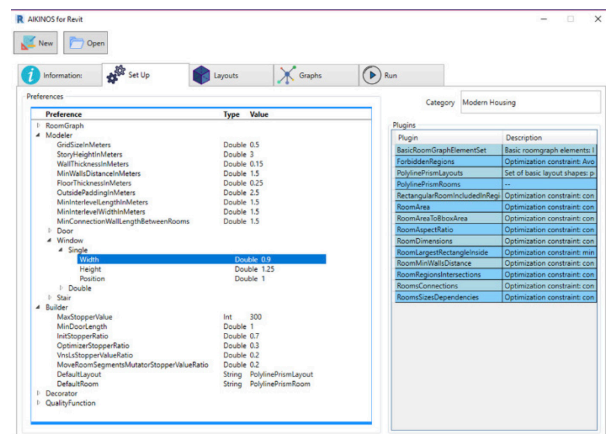


Fig. 7 – Set up interface. Source: BIMBOT (2020)

These tools allow you to play with settings, control connectivity between rooms, change aspect ratio parameters, size or other preferences.

Internally the BIMBOT tools solve a 2D partitioning problem with constraints using Variable Neighbourhood Search (VNS) metaheuristic techniques (Hansen, Mladenović and Moreno Pérez, 2010) and network partitioning techniques (Buluç, Meyerhenke, Safro, Sanders and Schulz, 2016).

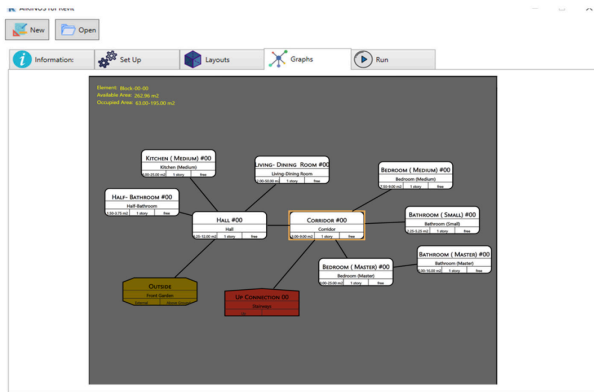


Fig. 8 – Distribution interface. Source: BIMBOT (2020)

### 3.5. ROOMS DESIGN AND SETUP

Area	Height	Number of Doors	Number of Windows
17.49 m	2.65 m	2	0

Fig. 9 - Input. Source: Kitchen Designer (2019)

Finally, BIMBOT provides a series of associated tools to assist in the configuration of certain rooms (Kitchen Designer, Bathroom Designer...). These tools configure the modules and elements of the room according to a series of criteria of efficiency, ergonomics in use and accessibility. These criteria are configurable, as well as the elements to be used (imported as Revit families). The reason why the development of these tools has been focused on the two rooms of the house mentioned is because they are the ones with more complexity of design, since they imply a

very specific integration and some systems of associated facilities that affect the whole of the BIM model.

In this case, the restrictions brought to the application come from two different sources, on the one hand, the partition made either by the BIMBOT itself or by the user, and, on the other hand, the availability of the elements that make up each of the rooms. These elements make up a database that can be expanded according to the specific requirements of the client, and include, from the moment they are generated, all the parameters intrinsic to their function. The exercise of room analysis together with the iteration of room evaluations leads to the establishment of design criteria that, due to the amount of data that needs to be related, can only be efficiently applied with the help of AI.

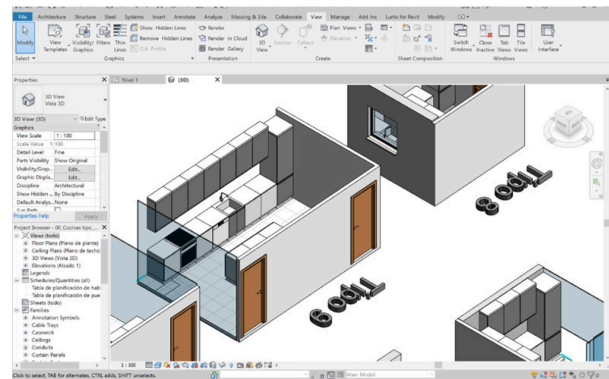


Fig.10 - Output. Source: Kitchen Designer (2019)

The BIMBOT technology used behind these tools is based on several components that link heuristic optimization such as the VNS algorithms mentioned above, with templates described by Behaviour Trees (Colledanchise and Ögren, 2014) or a Partial Order Planner for geometric problems

## 4. CONCLUSIONS

BIMBOT appears as a natural response to the search for process optimization systems applied to the architecture and construction environment. The development process of the tool itself implies a systematization of the working procedures that is already an added value for any architecture company that wants to coordinate its BIM models efficiently.

Each of the mechanisms proposed here leads to transforming the role of architects into



supervisors, using their knowledge to train the machine. In this way, the task of offering possibilities no longer falls to a team but is condensed in time allowing the choice and development of multiple options. It is essential in the sector to assume the integration of this type of mechanisms, so that, while the AI is trained to recognize parameters, preferences and restrictions, the users are trained in turn to detect needs and improvements in the tools they use, so that the result is really optimal.

By offering this package of tools to implement an Artificial Intelligence assisted design process, we help to design BIM projects at their different scales in parallel. It also allows a monitoring of the process that has been tested to ensure the best solutions regardless of the differences between projects. The tools are interchangeable and can be used individually or integrated in a process supported entirely by this technology. In their current state they are programmed to adapt to the Revit modeling environment, but this same

methodology can be applied in the future to other BIM platforms.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The rest of the participants in BIMBOT project are included in this section.

Beatriz Crespo, AME, [bcrespo@morphestudio.es](mailto:bcrespo@morphestudio.es).

Santiago Muelas, LURTIS, [s.muelas@lurtis.com](mailto:s.muelas@lurtis.com)

Álvaro Pérez, LURTIS, [a.perez@lurtis.com](mailto:a.perez@lurtis.com)

Lorena Cruz, LURTIS, [l.cruz@lurtis.com](mailto:l.cruz@lurtis.com)

Borja Molina, LURTIS, [b.molina@lurtis.com](mailto:b.molina@lurtis.com)

Miguel Sánchez, AME,  
[mfernandezm@morphestudio.es](mailto:mfernandezm@morphestudio.es)

Inmaculada Cobos, AME,  
[icobos@morphestudio.es](mailto:icobos@morphestudio.es)

Isabel Fillat, AME, [ifillat@morphestudio.es](mailto:ifillat@morphestudio.es)

## REFERENCES

- I. As, S. Pal y P. Basu, 2018 «Artificial intelligence in architecture: Generating conceptual design via deep learning,» *International Journal of Architectural Computing*, vol. 16, nº 4, pp. 306-327.
- M. Ashouri, F. Haghghat, B. C. Fung, A. Lazrak y H. Yoshino, 2018 «Development of building energy saving advisory: A data mining approach,» *Energy and Buildings*, vol. 172, pp. 139-151.
- S. Attia, E. Gratia, A. D. Herde y J. L. M. Hensen, 2012 «Imulation-based decision support tool for early stages of zero-energy building design,» *Energy and Buildings*, vol. 49, pp. 2-15.
- M. Bhatt, J. Suchan, C. Schultz, V. Kondyli y S. Goyal, 2016 «Artificial Intelligence for Predictive and Evidence Based Architecture Design,» de *Thirtieth AAAI Conference on Artificial Intelligence*.
- A. Buluç, H. Meyerhenke, I. Safro, P. Sanders y C. Schulz, 2016 «Recent Advances in Graph Partitioning,» *Algorithm Engineering*, vol. 9220, pp. 117-158.
- G. G. Chowdhury, 2003 «Natural language processing,» *Annual review of information science and technology*, vol. 37, nº 1, pp. 51-89.
- M. Colledanchise y P. Ögren, 2009 «How Behavior Trees modularize robustness and safety in hybrid systems,» de *RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Chicago, IL, USA, 2014.
- D. J. Cook, J. C. Augusto y V. R. Jakkula, «Ambient intelligence: Technologies, applications, and opportunities,» *Pervasive and Mobile Computing*, vol. 5, nº 4, pp. 277-298.
- D. B. Crawley, J. W. Hand, M. Kummert y B. T. Griffith, 2008 «Contrasting the capabilities of building energy performance simulation programs,» *Building and Environment*, vol. 43, nº 4, pp. 661-673.
- I. G. Dino, 2012 «Creative design exploration by parametric generative systems in architecture,» *METU Journal of Faculty of Architecture*, vol. 29, nº 1, pp. 207-224.
- R. Evins, 2013«A review of computational optimisation methods applied to sustainable building design,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 22, pp. 230-245.

- R. Gagnon, L. Gosselin, S. Park, S. Stratbücker y S. Decker, 2019 «Comparison between two genetic algorithms minimizing carbon footprint of energy and materials in a residential building,» *Journal of Building Performance Simulation*, vol. 12, pp. 224-242.
- D. J. Gerber y S.-H. E. Lin, 2013 «Designing in complexity: Simulation, integration, and multidisciplinary design optimization for architecture,» *Simulation*, vol. 90, n° 8, pp. 936-959.
- P. Hansen, N. Mladenović y J. A. Moreno Pérez, 2010 «Variable neighbourhood search: methods and applications,» *Annals of Operations Research*, vol. 175, p. 367-407.
- M. Hendrikx, S. Meijer, J. Van Der Velden y A. Iosup, 2013 «Procedural content generation for games: A survey,» . *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)*, vol. 9, n° 1, pp. 1-22.
- X. Jun, J. Annan, W. Zhiwu y Q. Jingping, 2013 «A Nonlinear Optimization Technique of Tunnel Construction Based on DE and LSSVM,» *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2013, p. 11.
- D. Karavolos, A. Liapis y G. N. Yannakakis, 2019 «A Multi-Faceted Surrogate Model for Search-based Procedural Content Generation,» *IEEE Transactions on Games*, pp. 1-1.
- A. LaTorre, S. Muelas y J. M. Peña, 2015 «A comprehensive comparison of large scale global optimizers,» *Information Sciences*, vol. 316, n° C, pp. 517-549.
- P. Lu, S. Chen y Y. Zheng, 2012 «Artificial Intelligence in Civil Engineering,» *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2012, p. 22.
- V. Machairas, A. Tsangrassoulis y K. Axarli, 2014 «Algorithms for optimization of building design: A review,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 31, pp. 101-112.
- J. McCormack, A. Dorin y T. Innocent, 2004 «Generative design: a paradigm for design research,» de *Proceedings of Futureground*, Melbourne, Australia.
- T. McGinley, J. Collins, Q. Schwarz y M. Muehlbauer, 2016 «Suburban mutations: towards the multi-dimensional appropriation of science in architecture,» de *Architectural Science Association Conference*.
- T. Méndez-Echenagucia, A. Capozzoli, Y. Cascone y M. Sassone, 2015 «The early design stage of a building envelope: Multi-objective search through heating, cooling and lighting energy performance analysis,» *Applied Energy*, vol. 154, pp. 577-591.
- S. Muelas, J. Peña, K. Muzhetskaya, A. LaTorre y P. D. Miguel, 2008 «Optimizing the Design of Composite Panels using an Improved Genetic Algorithm,» de *Proceedings of the International Conference on Engineering Optimization (EngOpt'08)*, Rio de Janeiro.
- D. Nagy, D. Lau, J. Locke, J. Stoddart, L. Villaggi, R. Wang, D. Zhao y D. Benjamin, 2017 «Project Discover: An application of generative design for architectural space planning,» de *Proceedings of the Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design*, Toronto, ON, Canada.
- N. Noilublao y S. Bureerat, 2013 «Simultaneous topology, shape, and sizing optimisation of plane trusses with adaptive ground finite elements using MOEAs,» *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2013, p. 12.
- J. M. Peña, A. LaTorre y A. Jérusalem, 2019 «SoftFEM: The Soft Finite Element Method,» *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, vol. 118, n° 10, pp. 606-630.
- J. M. Peña, J. Viedma, S. Muelas, A. LaTorre y L. Peña, 2014 «Designer-driven 3D buildings generated using Variable Neighborhood Search,» de *IEEE Conference on Computational Intelligence and Games*, Dortmund, Germany.
- D. Pham y P. Pham, 1999 «Artificial intelligence in engineering,» *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, vol. 39, n° 6, pp. 937-949.

- M. Qingsong y H. Fukuda, 2016 «Parametric office building for daylight and energy analysis in the early design stages.» *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 216, pp. 818-828.
- C. Ramos, J. C. Augusto y D. Shapiro, 2008 «Ambient Intelligence—the Next Step for Artificial Intelligence.» *IEEE Intelligent Systems*, vol. 23, n° 2, pp. 15-18.
- R. Roy, T. Furuhashi y P. K. Chawdhry, *Advances in soft computing: Engineering design and manufacturing*, Springer Science & Business Media.
- S. Russell y P. Norvig, 2016 *Artificial intelligence: a modern approach*, Malaysia: Pearson Education Limited.
- M. P. Saka y Z. W. Geem, 2013 «Mathematical and Metaheuristic Applications in Design Optimization of Steel Frame Structures: An Extensive Review.» *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2013, p. 33.
- M. P. Saka, O. Hasançebi y Z. W. Geem, 2016 «Metaheuristics in structural optimization and discussions on harmony search algorithm.» *Swarm and Evolutionary Computation*, vol. 28, pp. 88-97.
- H. Salehia y R. Burgueño, 2018 «Emerging artificial intelligence methods in structural engineering.» *Engineering Structures*, vol. 171, pp. 170-189.
- K. M. Saridakis y A. J. Dentsoras, 2008 «Soft computing in engineering design – A review.» *Advanced Engineering Informatics*, vol. 22, n° 2, pp. 201-221.
- P. H. Shaikh, N. B. M. Nor, P. Nallagownden, I. Elamvazuthi y T. Ibrahim, 2014«A review on optimized control systems for building energy and comfort management of smart sustainable buildings.» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 34, pp. 409-429.
- D. Snoonian, 2003 «Smart buildings.» *IEEE Spectrum*, vol. 40, n° 8, pp. 18-23.
- E. Touloupaki y T. Theodosiou, 2017 «Optimization of Building form to Minimize Energy Consumption through Parametric Modelling.» *Procedia Environmental Sciences*, vol. 38, pp. 509-514.
- M. Turrin, P. v. Buelow y R. Stouffs, 2011 «Design explorations of performance driven geometry in architectural design using parametric modeling and genetic algorithms.» *Advanced Engineering Informatics*, vol. 25, n° 4, pp. 656-675.
- J. Togelius, G. Yannakakis, K. O. Stanley y C. Browne, 2011 «Search-Based Procedural Content Generation: A Taxonomy and Survey.» *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, vol. 3, n° 3, pp. 172-186.
- T. Wortmann, C. Waibel, G. Nannicini, R. Evins, T. Schroepfer y J. Carmeliet, 2017 «Are genetic algorithms really the best choice for building energy optimization?.» de Proceedings of the *Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design*, Toronto, ON, Canada.

---

**How to cite this article:** Frías, C.; Peña, J. M.; Sánchez, É.; Almeida, L., 2020. "BIMBOT-(artificial intelligence applied to BIM design)", EGE Revista de Expresión Gráfica en la Arquitectura, N°12, Valencia: Universitat Politècnica de València. pp 45-60. <https://doi.org/10.4995/ege.2020.13942>

## BIMBOT (INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA AL DISEÑO CON BIM)

### INTRODUCCIÓN

La metodología de trabajo BIM ha supuesto la integración en un mismo proyecto de arquitectura del dibujo 2D, el modelado 3D y la recopilación de los datos y fases necesarios para su desarrollo (diseño, planeamiento, ejecución de obra y mantenimiento); generando así un único producto vivo, gestionable y utilizable en la vida del edificio llamado Modelo BIM.

El siguiente paso consiste en aprender a administrar y conectar esos datos, de forma que ayuden a analizar y optimizar procesos. Una vez superados los límites que ofrecen las herramientas actuales de programación visual e interoperabilidad entre softwares de diseño, es necesario recurrir a las nuevas ciencias y tecnologías englobadas bajo el término popular de Inteligencia Artificial (IA).

El término IA se acuñó inicialmente por científicos como Minsky, Shannon, McCarthy, Newell, o Simon en el famoso workshop de Dartmouth (1956) con la visión de emular en una computadora los procesos de aprendizaje o razonamiento humanos, de forma que una entidad artificial (un computador) exhibiese unos u otros aspectos que se podrían considerar como “inteligentes” (Russell and Norvig, 2016).

En la actualidad, unas de las áreas dentro de la IA que ha tomado mayor relevancia es el aprendizaje automático (machine learning), en parte debido al incremento en la cantidad de datos accesibles y recopilados de diferentes maneras. Estas técnicas abordan la manera en la que se puede entrenar un algoritmo, a partir de datos existentes, para la realización de una tarea de reconocimiento (habitualmente de clasificación o de predicción). Este enfoque es lo que se denomina una aproximación guiada por los datos. En contraposición a este enfoque hay técnicas de Inteligencia Artificial guiadas por el problema. Estas técnicas realizan un proceso de exploración inteligente y de aprendizaje usando un mecanismo de muestreo dirigido por el problema (planteando una solución, contrastándola y extrayendo una métrica de calidad de que evalúe la calidad de la solución propuesta para ese problema). Son enfoques que no requieren disponer de datos previos, pero sí de una descripción del problema computable o simulable repetidas veces para que la máquina se entrene. Dentro de las técnicas aplicables a estos casos se encuentran los algoritmos de búsqueda o las metaheurísticas de soft computing.

Este artículo pretende sintetizar uno de los numerosos proyectos que están surgiendo al aplicar la tecnología derivada de la IA; la herramienta BIMBOT. La sección 1 se centra en poner en contexto las diversas aplicaciones que tiene la IA en el entorno de la

construcción. En el punto 2 se especifican los mecanismos de IA sobre los que se apoya BIMBOT. Y, finalmente, en la sección 3 se explican las diferentes herramientas que componen BIMBOT y la novedad que ofrece para el ámbito de la Arquitectura.

### 1. ESTADO DEL ARTE

La IA se ha postulado como una muy prometedora herramienta en diferentes campos de aplicación. En la ingeniería civil y la arquitectura, las técnicas de IA proporcionan varias aplicaciones (Salehia and Burgueño, 2018).

Tanto el diseño arquitectónico como la ingeniería civil son áreas en las que estos aspectos de la IA (aprendizaje y búsqueda) se pueden aplicar (Pham and Pham, 1999) (Lu, Chen and Zheng, 2012: 22) (As, Pal and Basu, 2018). El uso de estas técnicas como parte activa en las diferentes fases de la construcción nos permite agilizar el proceso de toma de decisiones, reducir el riesgo y aumentar la eficiencia.

Asimismo, la IA se puede aplicar en dos fases diferentes de la vida de un edificio:

- En la fase de diseño del mismo, considerando a las tecnologías de IA como asistentes de diseño inteligentes que permiten expandir la capacidad creativa sobre una plataforma de computación. Esta sinergia se puede ver como un proceso de co-creación en el cual tanto experto como IA exploran alternativas de diseño (Pham and Pham, 1999).
- En la fase de uso de un edificio, dentro del rango de los Edificios Inteligentes (Smart Buildings, SB) (Snoonian, 2003) hasta el más reciente de los enfoques denominado Inteligencia Ambiental (Ambient Intelligence, Aml) (Ramos, Augusto and Shapiro, 2008) (Cook, Augusto and Jakkula, 2009).

Centrándonos en la fase de diseño y en relación con la interacción entre los futuros usuarios de un edificio y el diseño arquitectónico del mismo, autores como (Bhatt, Suchan, Schultz, Kondyli and Goyal, 2016) abogan por un diseño centrado en las personas (people-centred design) donde se pueden aplicar aspectos como el razonamiento espacial basado en programación lógica con restricciones; más próximo al sentido común y las expectativas de los usuarios.

Entre las aplicaciones de la IA en arquitectura, cabe resaltar trabajos en aspectos de eficiencia energética para diseño y control de edificios inteligentes (Ashouri, Haghghat, Fung, Lazrak and Yoshino, 2018). En cuanto a eficiencia, hay trabajos integrados con modelos de simulación energética (Crawley, Hand, Kummert and Griffith, 2018) (Attia, Gratia, Herde and Hensen, 2012), así como de diseño de los espacios o

de los materiales (Shaikh, Nor, Nallagownden, Elamvazuthi and Ibrahim, 2014).

Otro de los campos con mayor potencial de sinergias entre IA y arquitectura es el de diseño de estructuras. En especial las técnicas de soft computing antes mencionadas, las metaheurísticas, las cuales proporcionan métodos de búsqueda basadas en estrategias estocásticas y heurísticas. Su aplicación de forma generalizada en otros campos de la ingeniería las hace muy prometedoras (Saridakis and Dentsoras, 2008) (Roy, Furuhashi and Chawdhry, 2012) (Jun, Annan, Zhiwu and Jingping, 2013: 11) (Noilublao and Bureerat, 2013: 12) (Saka, Hasançebi and Geem, 2016) (Peña, LaTorre and Jérusalem, 2019).

Las metaheurísticas realizan una búsqueda no determinista de tipo estocástico sesgada por el criterio de búsqueda que permite hacer una exploración/explotación de un espacio de búsqueda complejo. Estas estrategias se guían por una función objetivo a optimizar (minimizar/maximizar). Dicha función objetivo se trata como una caja negra sin asumir ninguna propiedad analítica (e.g., derivabilidad o continuidad) de la misma. Es por ello que estos métodos se han usado en problemas complejos en el campo de la arquitectura (Evins, 2013) (Machairas, Tsangrassoulis and Axarli, 2014) (Gerber and Lin, 2013):

- Particionamiento de espacios (Peña, Viedma, Muelas, LaTorre and Peña, 2014): División de espacios interiores atendiendo a consideraciones de diseño, uso y conectividad entre estancias.
- Cubiertas y optimización estructural (Turrin, Buelow and Stouffs, 2011) (Saka and Geem, 2013): En combinación con modelos paramétricos, optimización de estructuras de edificación (cubiertas, tejados, cúpulas y fachadas).
- Energía/climatización/iluminación eficiente (Méndez-Echenagucia, Capozzoli, Cascone and Sassone, 2015) (Qingsong and Fukuda, 2016) (Touloupaki and Theodosiou, 2017): Modelado paramétrico de geometrías dirigidas por modelos de eficiencia energética.
- Diseños creativos (Dino, 2012): Como un asistente para crear geometrías o prototipado morfogenético (McGinley, Collins, Schwarz and Muehlbauer, 2016).

## 2. BIMBOT, INTELIGENCIA ARTIFICIAL APLICADA. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

BIMBOT plantea explotar los principios de Generación Procedimental de Contenidos (Procedural Content Generation, PCG), una de las aplicaciones de soft computing orientadas al diseño inteligente (Togelius, Yannakakis, Stanley and Browne, 2011). PCG engloba una serie de técnicas mediante las cuales un

procedimiento inteligente (automático o asistido) se usa para producir modelos en un proceso creativo usando técnicas de búsqueda y de aprendizaje. PCG está jugando un papel importante en la industria de software de entretenimiento y en las de animación (Hendrikx, Meijer, Van Der Velden and Iosup, 2013) (ahorrando 40% -75% del tiempo en varias tareas de modelado), pero su uso con fines arquitectónicos no se encuentra aún explorado.

Asociado a la PCG existe el Diseño Generativo (Generative Design, GD) que es el proceso de definir objetivos y restricciones de alto nivel y que mediante la potencia de cómputo existente explora automáticamente un amplio espacio de alternativas de diseño e identifica las mejores opciones (Nagy, Lau, Locke, Stoddart, Villaggi, Wang, Zhao and Benjamin, 2017) (McCormack, Dorin and Innocent, 2004). PCG se diferencia de GD en su planteamiento como un problema de IA en el que las técnicas de aprendizaje y optimización facilitan esa exploración del espacio de soluciones. En cualquiera de los casos, ambas líneas de trabajo, a pesar de provenir de campos diferentes están abocadas a converger.

Un aspecto importante a considerar es que los mecanismos de PCG que usan técnicas de búsqueda heurística (por ejemplo algoritmos evolutivos) tienden a requerir un número de evaluaciones de soluciones tentativas que puede ser medianamente alto, para ello se sugiere usar técnicas de surrogados que agilicen el proceso de evaluación descartando soluciones potencialmente poco interesantes antes de evaluarlas (Karavolos, Liapis and Yannakakis, 2009: 1). Asimismo, las técnicas de búsqueda evolutiva más habituales han demostrado sus limitaciones en determinados problemas de diseño dentro del campo de la arquitectura (Gagnon, Gosselin, Park, Stratbucker and Decker, 2019) (Wortmann, Waibel, Nannicini, Evins, Schroepfer and Carmeliet, 2017). Es por ello que técnicas más sofisticadas de optimización heurística están llamadas a ser alternativas más viables en el futuro (LaTorre, Muelas and Peña, 2015).

BIMBOT se basa en trabajos previos que se han adaptado al sector de la construcción. El motor de optimización de restricciones basado en IA, LurtisEngine, fue diseñado originalmente para crear escenarios en 3D para las industrias creativas y es el núcleo de HouseBuilder (una herramienta para crear estructuras de edificios) e InteriorDecorator (que diseña espacios interiores) (Peña, Viedma, Muelas, LaTorre and Peña, 2014). Asimismo, la tecnología de este motor de optimización se ha aplicado con éxito en otros enfoques de diseño basado en IA, como el diseño de fuselaje de aviones (Muelas, Peña, Muzhetskaya, LaTorre and Miguel, 2018). Recientemente, este enfoque de optimización aplicada a procesos de diseño lo hemos aplicado al diseño de materiales con simulaciones de plasticidad

crystalina realizadas con cálculo de elementos finitos (Peña, LaTorre and Jérusalem, 2019).

La tecnología BIMBOT se basa en 4 principales componentes:

1. El análisis de bases de datos públicas que relacionan parámetros de normativa urbana y técnica. Este análisis deriva en un filtrado y homogeneización de la información para el posterior uso de esos datos.
2. La integración de esas bases de datos junto con los condicionantes de diseño previos, tanto geométricos como funcionales, además de aquellos que el usuario considera prioritarios y establece al inicio del proceso.
3. La aplicación de criterios de puntuación que permiten la obtención de soluciones óptimas una vez aplicada esa métrica puntuada y teniendo en cuenta las bases de datos ya mencionadas. Esta aplicación se repite sistemáticamente en las diferentes escalas, asegurando así una evaluación continua del proceso de diseño.
4. Un motor de optimización de restricciones de tipo geométrico 2D/3D, basado en metaheurísticas de soft computing que integre la búsqueda de alternativas extraídas de los contenidos de las bases de datos de componentes, así como usando determinados operadores de variación del diseño, todo ello guiado por los criterios de puntuación de diseños antes citados.

### 3. PROCESO DE DISEÑO USANDO BIMBOT

#### 3.1. Atomización del proceso de diseño

Atendiendo a la envergadura del proyecto se hace necesaria la fragmentación del mismo para hacer frente a las distintas necesidades según la escala. Utilizando la experiencia acumulada en el diseño y desarrollo de proyectos residenciales se establecen los límites de cada fase sobre la que trabajar. El resultado es la creación de una herramienta específica para el tratamiento de cada una de las siguientes escalas:

1. Urbana - RegUrbis: Enmarca todas aquellas restricciones impuestas por la normativa vigente. Es necesario atender a la jerarquía de leyes del suelo, que abarca desde la estatal hasta los planes especiales, y resolver qué condiciones imperan (usualmente son aquellas más restrictivas)
2. Parcela – Buildability Estimator: Esta herramienta se encarga de la volumetría que el espacio urbano es capaz de contener. Trabaja con todas aquellas combinaciones geométricas posibles dentro de la norme y define el rango de formas que el proyecto es capaz de adoptar.
3. Escala vivienda: En este apartado se trabaja con unidades de vivienda, emplazándolas según criterios de relación con el volumen como orientación,

distancia a los núcleos de comunicaciones y porcentajes de tipologías.

4. Escala habitación – Room Designer: Dentro del marco de la vivienda se trabaja con el interior de las unidades de habitación, haciendo hincapié en el correcto diseño de baños y cocinas por ser aquellas con más condicionantes funcionales.

Para acotar el alcance de cada una de las herramientas se simplifica, como paso inicial, el análisis de las fases y escalas del proyecto, llevándolo a una estrategia lineal: detección de inputs – esquematización del proceso – determinación de los outputs. Estos 3 grupos se distinguen con claridad en cada herramienta y ayudan a resolver los pasos intermedios que darán lugar a la conformación final de BIMBOT como aplicación integrada en todas las fases de diseño.

#### 3.2. RegUrbis: determinaciones legales, normativa según ámbito de aplicación

Para la búsqueda de normativa se ha desarrollado una herramienta de interpretación de textos y filtrado de información denominada RegUrbis que consiste en un motor de Procesado de Lenguaje Natural (Natural Language Processing, NLP) (Chowdhury, 2003). Dicha aplicación procesa la normativa de urbanismo municipal, regional y cualquier otro documento regulativo que se incluya, así como la información relativa al proyecto (localidad, distrito...), la tipología de la construcción, y algunos otros parámetros para la puesta en contexto del proyecto. Con esta información, identifica las secciones del documento de donde se extraen los parámetros normativos necesarios para el diseño y verificación del proyecto, tales como la altura máxima edificable, retranqueos, distancias mínimas y máximas entre elementos y cualquier otro parámetro cuantitativo que se quiera recoger.

La configuración de este servicio se realiza por medio de unas plantillas de información a extraer que se han entrenado previamente y que un algoritmo de aprendizaje automático reconoce, procesa, etiqueta y cataloga. En los casos en los que la normativa sea ambigua o no se pueda extraer automáticamente alguno de los parámetros, la herramienta asiste al usuario mostrando las secciones que ha identificado que se refieren al parámetro buscado y las relaciones y valores que ha encontrado.

#### 3.3. Buildability estimator: edificabilidad basada en geometría, focos y criterios de diseño

La siguiente herramienta del proceso de BIMBOT es Buildability Estimator. Esta herramienta se configura con las plantillas rellenas de la normativa producidas por RegUrbis o proporcionadas de forma manual por el usuario. Asimismo, recibe inputs que restringen la

geometría y analiza la localización de la parcela a edificar.

Uno de los inputs adicionales que recibe la herramienta es una descripción de puntos focales (focos) a los que se les asocian valores de intensidad. Estos focos son aquellos elementos interiores o exteriores a la parcela que afectan a la calidad, confort o precio de la edificación. Ejemplos de estos focos son zonas de emisión de ruidos (como una carretera o un tendido ferroviario) u orientaciones más atractivas a nivel de vistas (zonas verdes, parques o vistas singulares).

Buildability Estimator realiza un análisis de la parcela, la geometría y los focos positivos y negativos que condicionan al proyecto teniendo en cuenta los criterios de diseño del usuario. Esta herramienta utiliza una serie de metaheurísticas de optimización (ver sección 1) que juegan con diferentes configuraciones de los volúmenes de edificación, orientaciones y tamaños. Cada configuración es evaluada en relación a criterios como la ergonomía/confort, porcentaje de edificabilidad, iluminación, eficiencia energética, y coste. El propio motor de optimización se asegura que las normativas y preferencias de diseño se traten como restricciones que toda configuración válida tiene que cumplir.

El output de esta herramienta es la creación, esquemática, de las posibles soluciones válidas y nos da diferentes criterios de evaluación de una forma visual. El usuario puede editar estas configuraciones de forma manual y solicitar la re-evaluación de las mismas. También puede fijar determinadas partes de las configuraciones y reiniciar el proceso de configuración fijando algunos de los grados de libertad con los que juega la herramienta. De las soluciones obtenidas, el usuario selecciona la que prefiera teniendo en cuenta la evaluación de los distintos factores y crea la volumetría en el modelo. Esta solución se carga por medio de la extensión en Revit.

#### 3.4. Partición de las volumetrías

La salida del Buildability Estimator se puede procesar con diferentes herramientas o editar manualmente en Revit. BIMBOT ofrece una serie de herramientas ya integradas en este entorno que permiten proponer particiones a partir de una serie de preferencias de diseño y tipologías de módulos (viviendas según dormitorios), así como una biblioteca de habitaciones (dormitorio principal, cocina, salón, aseo...). En esta fase del proceso intervienen como parte fundamental las peticiones del cliente sobre porcentaje de viviendas, edificabilidad a cubrir y, por supuesto, la normativa aplicable sobre protección contra incendios, núcleos de comunicación y distancias mínimas de evacuación.

Estas herramientas permiten jugar con configuraciones, controlar la conectividad entre las habitaciones, cambiar los parámetros de ratio de aspecto, tamaño u otras preferencias. Internamente las herramientas de BIMBOT resuelven un problema de particionado 2D con restricciones usando técnicas metaheurísticas de Búsqueda sobre Vecindario Variable (Variable Neighbourhood Search, VNS) (Hansen, Mladenović and Moreno Pérez, 2010) y técnicas de particionamiento de grafos (Buluç, Meyerhenke, Safto, Sanders and Schulz, 2016).

#### 3.5. Diseño y configuración de habitaciones

Finalmente, BIMBOT proporciona una serie de herramientas asociadas que permiten asistir en la configuración de determinadas habitaciones (Kitchen Designer, Bathroom Designer...). Estas herramientas configuran los módulos y elementos de la habitación de acuerdo con una serie de criterios de eficiencia, ergonomía en el uso y accesibilidad. Estos criterios son configurables, así como los elementos a usar (importados como familias de Revit). La razón por la que el desarrollo de estas herramientas se ha centrado en las dos estancias de la vivienda mencionadas es debido a que son aquellas que más complejidad de diseño conllevan, ya que implican una integración muy específica y unos sistemas de instalaciones asociadas que repercuten en la totalidad del modelo BIM.

En este caso las restricciones aportadas a la aplicación vienen de dos fuentes distintas, por un lado la partición realizada o bien por el propio BIMBOT o bien por el usuario, y, por otro lado, la disponibilidad de los elementos que configuran cada una de las estancias. Estos elementos conforman una base de datos susceptible de ser ampliada por los requisitos concretos del cliente, y contemplan, desde el momento de su generación, todos los parámetros intrínsecos a su función. El ejercicio de análisis de estancias junto con la iteración de las evaluaciones de las mismas lleva a establecer unos criterios de diseño que, debido a la cantidad de datos que es necesario relacionar, sólo es posible aplicar eficientemente con la ayuda de la IA.

La tecnología de BIMBOT usada por detrás de estas herramientas se basa en varios componentes que enlazan optimización heurística como los algoritmos VNS antes mencionados, con plantillas descritas por Árboles de Comportamiento (Behaviour Trees) (Colledanchise and Ögren, 2014) o un Planificador de Orden Parcial para problemas geométricos.

## 4. CONCLUSIONES

BIMBOT surge como respuesta natural a la búsqueda de sistemas de optimización de procesos aplicados en el entorno de la arquitectura y la construcción. El

propio proceso de desarrollo de la herramienta implica una sistematización de los procedimientos de trabajo que ya de por sí es un valor añadido para cualquier empresa de arquitectura que quiera coordinar sus modelos BIM con eficiencia.

Cada uno de los mecanismos aquí planteados lleva a transformar el papel de los arquitectos en supervisores, utilizando sus conocimientos para entrenar a la máquina. De esta forma la tarea de ofrecer posibilidades ya no recae en un equipo si no que se condensa en el tiempo permitiendo la elección y el desarrollo de múltiples opciones. Es imprescindible en el sector ir asumiendo la integración de este tipo de mecanismos, de forma que, mientras la IA se entrena para reconocer parámetros, preferencias y restricciones, los usuarios se entrenen a su vez para detectar necesidades y mejoras en las

herramientas que utilizan, de forma que el resultado sea realmente el óptimo.

Al ofrecer este paquete de herramientas para instrumentar un proceso de diseño asistido por Inteligencia Artificial ayudamos a diseñar proyectos BIM en sus diferentes escalas de forma paralela. Además permite una monitorización del proceso que ha sido testada para garantizar las mejores soluciones independientemente de las diferencias entre proyectos. Las herramientas son intercambiables y pueden usarse de forma individual o integradas en un proceso apoyado íntegramente por esta tecnología. En su estado actual están programadas para adaptarse al entorno de modelado Revit, pero esta misma metodología puede aplicarse en el futuro a otras plataformas BIM.