

## 06

## Los rectángulos como morfogeneradores para el diseño de un modelo físico

### RESUMEN

*Este trabajo es la continuación del Trabajo de Investigación Integración Final: “Los rectángulos como morfogeneradores para el diseño de un modelo físico” en el marco del Nivel V del Curso de Posgrado Análisis de Estrategias de Enseñanza de Matemática y Física Aplicadas, una tarea que invite a pensar, delineado por la Secretaría de Investigación y Posgrado de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata.*

*El mismo presenta la elaboración de un recurso didáctico para ser empleado durante las clases prácticas de la asignatura “Elementos de Matemática y Física” de la Cátedra N° 1, correspondiente al primer año de la carrera de Arquitectura de la FAU-UNLP.*

*Surge a partir de considerar determinadas dificultades que presentan los estudiantes a la hora de trabajar con construcciones geométricas, entendiendo que se pueden superar a partir del uso de otros recursos tales como los tecnológicos y visuales, y así contribuir a sostener su aprendizaje.*

*La propuesta en sí, consiste en un trabajo práctico sobre rectángulos de distintas proporciones: áurea, armónica y cordobesa, sus construcciones y propiedades. El mismo se desarrolla en tres momentos. El primero, destinado a la construcción de rectángulos y su materialización. El segundo momento consiste en el diseño de un modelo físico. Por último, un tercer momento de reflexión sobre la utilización de los rectángulos como morfogeneradores para la construcción de dicho modelo.*

*Con este material el estudiante se familiariza con las construcciones de rectángulos de distintas proporciones. A su vez, podrá visualizar el objeto geométrico construido, manipularlo física y virtualmente.*

Juan Manuel Ducis Roth  
Claudia Giovannucci  
María Laura Rodríguez

juanducis@gmail.com  
claudiagio5jun@gmail.com  
m.lauraro@hotmail.com

Cátedra de Matemática N° 1.  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo.  
Universidad Nacional de La Plata - Argentina.



*Se considera que la habilidad desarrollada por los estudiantes al conocer estas construcciones y las propiedades geométricas que intervienen en ellas, será una herramienta de análisis compositivo de hechos arquitectónicos que se estudian en la Cátedra y también será de utilidad en el quehacer proyectual.*

*Los contenidos que intervienen son: Teoría de la proporción; módulo de un rectángulo; proporción dinámica y estática; proporciones notables: áurea, armónica y cordobesa; y transformaciones en el plano.*

#### **PALABRAS CLAVE:**

*Construcción de rectángulos - Proporciones - Visualización - Diseño.*

Juan Manuel Ducis Roth  
Claudia Giovannucci  
María Laura Rodríguez

juanducis@gmail.com  
claudiagio5jun@gmail.com  
m.lauraro@hotmail.com

Cátedra de Matemática N°1.  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo.  
Universidad Nacional de La Plata - Argentina.



## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se trata de una actividad teórico-práctica para ser desarrollada en la Cátedra de Matemática N°1 “Díaz - Fileni - Toscano” + Federico, que pretende vincular contenidos propios de las asignaturas Matemática y Física con cuestiones analítico-proyectuales de diseño arquitectónico. Forma parte del Trabajo de Investigación Integración Final (TIF) del Curso de Posgrado Análisis de estrategias de enseñanza de Matemática y Física aplicadas, una tarea que invite a pensar planificado por la Secretaría de Investigación y Posgrado de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata, como curso de Actualización Profesional.

El motivo del presente trabajo se basa en la observación realizada en los últimos años, durante la práctica docente en la Cátedra. Los estudiantes presentan dificultades a la hora de realizar construcciones geométricas utilizando instrumentos tradicionales de Geometría, por lo que se entiende que podrían superarse con el uso de otros recursos tales como los tecnológicos y visuales. En particular los ámbitos de la Geometría Dinámica ofrecen representaciones manipulables de los objetos matemáticos, volviéndolos más accesibles. Asimismo, facilita procesos que en el papel requerirían de muchos dibujos para llegar a una generalización. En esta propuesta se trabaja con el software de matemática dinámica GeoGebra, un software gratuito y de libre acceso ([www.geogebra.org](http://www.geogebra.org)).

## PROPUESTA

El trabajo se origina a partir de los lineamientos propuestos por dicho Curso de Posgrado y las vivencias transitadas en forma conjunta por sus cursantes (docentes pertenecientes a las cuatro Cátedras de Matemática de la FAU-UNLP). Y en este contexto se elabora material didáctico en relación directa con dos de las unidades de estudio del Curso, Unidad 1: “Metodología para la enseñanza de Matemática aplicada a la Arquitectura utilizando herramientas informáticas” y Unidad 2: “Estrategias de enseñanza de conceptos geométricos en contextos de diseño arquitectónico”.

Es así que el trabajo que se presenta aquí se organiza en dos etapas:

1. Etapa de desarrollo geométrico. El estudiante trabaja con dos libros de GeoGebra: Libro 1 “Instrucciones para construir rectángulos, de proporción áurea, armónica y cordobesa”. Este material es expuesto por los docentes en clases teóricas y se extiende a la clase práctica. Está basado en el TIF del Nivel I del Curso de Posgrado mencionado (2017-18), titulado “Cómo una herramienta digital optimiza el análisis de las proporciones en los rectángulos”.
2. Etapa de análisis-proyectual. Se propone una actividad vinculada a los intereses propios del estudiante de Arquitectura, que consiste en aplicar los conocimientos adquiridos en la primera etapa del desarrollo del trabajo, al análisis y diseño de un hecho proyectual.

Habitualmente, trabajamos con casos de arquitectura basada en los rectángulos con distintas proporciones, analizando sus propiedades para luego aplicarlas a una propuesta de diseño.

Las posibilidades que brinda el programa GeoGebra, consisten en reunir dinámicamente geometría, álgebra y cálculo en registros gráficos.

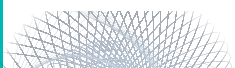
Una de las ventajas de esta propuesta es que el estudiante por medio de una PC o a través de una App en su celular puede acceder a la construcción deseada con sólo clicar el ícono correspondiente. Esta posibilidad permite a los estudiantes mayor autonomía al momento de realizar las construcciones.

Otra fortaleza, de este material didáctico es la posibilidad que tienen los estudiantes de realizar la actividad de manera física, es decir, con el uso de elementos concreto como el cartón, aportando su manipulación y permitiendo desarrollar la noción de espacio, tema poco desarrollado en este nivel. Siguiendo a (Alba Dorado 2003) se reconoce que “las manos actúan como herramientas que se mueven entre el mundo de la materia y el pensamiento, haciendo posible el trabajo con nuestras ideas, precisándolas y fijándolas hasta convertirlas en algo construible”.

Además el uso de la maqueta contribuye a la fase de desarrollo del diseño, siendo esta, parte del proceso creativo en el cual “la forma no es la mera consecuencia del levantamiento de una planta, o de traducir los dibujos a un modelo tridimensional, sino el producto de un proceso estético, en el que son trabajadas libremente por las manos del diseñador, quien va encajando las partes, en una secuencia similar a aquella con que se construye la obra”. (Bertozzi, S 2002)

## OBJETIVOS

- Motivar el aprendizaje de la Geometría con el uso de la tecnología.
- Consolidar las construcciones de rectángulos de distintas proporciones.
- Deducir propiedades a partir de manipular objetos geométricos.
- Fomentar trabajos de intercambios entre pares.
- Desarrollar la capacidad de hacerse preguntas acerca de las relaciones que presentan los cuerpos geométricos.
- Relacionar sus producciones con movimientos arquitectónicos.



## METODOLOGÍA

Este trabajo está destinado a estudiantes de primer año de la carrera de Arquitectura. Se desarrolla en el primer cuatrimestre de la cursada, una vez finalizada la unidad temática Transformaciones en el plano y durante el desarrollo de la unidad **Teoría de la proporción**.

La actividad está guiada por el docente a cargo de la comisión, quien coordina los pasos para obtener la herramienta digital, guía el desarrollo del trabajo práctico y orienta a los estudiantes en el uso de GeoGebra para las construcciones solicitadas. Una vez finalizada la actividad el docente releva las respuestas de los estudiantes y selecciona las más significativas para confeccionar una batería de cuestiones que se tratan en un momento de discusión grupal.

En la etapa de diseño y análisis proyectual del trabajo, los estudiantes cuentan con la asistencia de docentes arquitectos de la Cátedra.

Se propuso la construcción de maquetas dado que tienen la capacidad para constituir, por sí solas, un sistema de comunicación más eficiente que el dibujo. El estudiante aprende, además de las técnicas y los materiales, a traducir los dibujos a un modelo tridimensional y a entender a la maqueta como un instrumento de diseño en el que pueden analizarse y estudiarse los volúmenes como objetos plásticos y controlar el efecto que producen los espacios proyectados. (Knoll, W. y Hechinger, M. 2009)

“...El empirismo apela a la práctica para descubrir la teoría. Propone (DelvaT94) que el conocimiento es una copia de la realidad exterior. Si se acciona sobre el objeto del modo apropiado, quien así lo haga, el sujeto, puede llegar a descubrir su teoría. Por lo tanto, la teoría estaría en el objeto y el conocimiento sería una copia de esa teoría, que estaría a cargo del sujeto. En arquitectura, que es un sistema complejo, el conocimiento podría descubrirse así en cada uno de sus elementos distintos, formales, tecnológicos, funcionales, etc. Cada uno de estos conocimientos particularizados podría adquirirse por separado. El concepto de sistema complejo, no sería así necesario, porque también la forma que expresa el todo tendría su propia teoría que podría ser descubierta mediante modos de observación apropiados...” (Togneri 1995,113)

En función de esto, es que destacamos la importancia de esta última tarea, dado que nos permite evaluar la habilidad en el análisis y argumentación de las respuestas de nuestros estudiantes, a través de una actividad en la cual experimentan con sus propias manos y verifican sus ideas en el espacio concreto.

## MATERIAL ELABORADO

El material didáctico diseñado busca que el estudiante se familiarice con las construcciones de rectángulos de distintas proporciones. A su vez pueda visualizar el objeto geométrico construido, manipularlo física y/o virtualmente y establecer propiedades. A continuación, se describe el material elaborado:

Libro de GeoGebra: Instrucciones para construir rectángulos

Contiene las construcciones paso a paso, de los distintos rectángulos: áureo, armónico y cordobés. Se accede al mismo por medio del siguiente enlace: <https://www.geogebra.org/m/teaYs3bn>.

Cada capítulo contiene las indicaciones para la construcción de los diferentes rectángulos con regla y compás. Además, para cada capítulo se diseñó un applet de manera que los estudiantes puedan interactuar con cada uno de los pasos.

## ACTIVIDADES A DESARROLLAR POR LOS ESTUDIANTES EN LAS CLASES PRÁCTICAS

### PRIMER MOMENTO: CONSTRUCCIÓN DE RECTÁNGULOS Y SUS PROPIEDADES

**MODALIDAD:** individual.

**DURACIÓN:** dos clases.

#### ACTIVIDAD 1

Realizar la construcción de los siguientes rectángulos utilizando el Libro de GeoGebra, “Instrucciones para construir rectángulos”, a través del siguiente enlace:

<https://www.geogebra.org/m/teaYs3bn>

- Áureo de lado menor 4 cm.
- Armónico de lado menor 3 cm.
- Cordobés de lado mayor 5 cm.

#### ACTIVIDAD 2

Dados los siguientes rectángulos clasificarlos según sus proporciones.

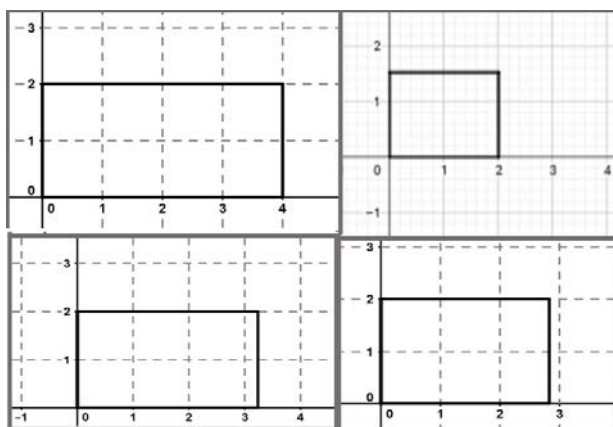


Figura 1. Gráficos correspondientes a la Actividad 2.

**ACTIVIDAD 3**

- a. Construir tres rectángulos áureos de diferentes tamaños ubicando uno de sus vértices en el origen de coordenadas cartesianas ortogonales y el lado mayor sobre el eje positivo de las abscisas. Trazar las diagonales que parten del origen de coordenadas.
- b. Construir tres rectángulos armónicos de diferentes tamaños ubicando uno de sus vértices en el origen de coordenadas cartesianas ortogonales y el lado mayor sobre el eje positivo de las abscisas. Trazar las diagonales que parten del origen de coordenadas.
- c. Construir tres rectángulos cordobeses de diferentes tamaños ubicando uno de sus vértices en el origen de coordenadas cartesianas ortogonales y el lado mayor sobre el eje positivo de las abscisas. Trazar las diagonales que parten del origen de coordenadas.
- d. Construir tres rectángulos de diferentes proporciones ubicando uno de sus vértices en el origen de coordenadas cartesianas ortogonales y el lado mayor sobre el eje positivo de las abscisas. Trazar las diagonales que parten del origen de coordenadas.
- e. Observar dichas representaciones y elaborar conclusiones.

**ACTIVIDAD 4**

- a. Construir en cartón pares de rectángulos congruentes de proporciones áurea, armónica y cordobesa, respectivamente. ¿Es posible realizar en cada caso movimientos en el plano de manera que, sin solaparse, queden tres vértices no consecutivos alineados?
- b. Elaborar conclusiones.

**SEGUNDO MOMENTO: CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO FÍSICO**

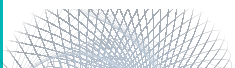
**MODALIDAD:** grupos conformados por hasta tres estudiantes cada uno.

**DURACIÓN:** tres clases.

**ACTIVIDAD 1- PREPARACIÓN DE LOS ELEMENTOS PARA EL DISEÑO**

Construir rectángulos en cartón, en escala 1:25, cuyo lado menor sea de 2,5 m de alto según la proporción asignada al grupo.

Recortar la silueta de la figura humana, a fin de darle noción de escala a la situación espacial propuesta.





**ACTIVIDAD 2 - PROPUESTA DE ARMADO DE MODELO FÍSICO (MAQUETA)**

- Diseñar un Espacio de Exposiciones de trabajos de estudiantes de la FAU, utilizando los rectángulos de la actividad 1. Los mismos serán combinados de manera horizontal y vertical según lo decida el grupo, pudiendo generar situaciones espaciales de exhibición, recorrido y permanencia.
- Elaborar una memoria grafico- descriptiva de la propuesta.

**TERCER MOMENTO: PUESTA EN COMÚN Y ANÁLISIS.****ACTIVIDAD 1**

Realizar una exposición de las distintas propuestas surgidas en este ejercicio. Verificar e interpretar, según cada caso, a partir de qué tipo de rectángulo fueron generados las distintas composiciones espaciales.

**ACTIVIDAD 2**

- ¿Qué diferencia se encuentran entre las diferentes propuestas?
- ¿La proporción de los rectángulos incide en el diseño? Justificar.
- ¿Utilizaron alguna isometría? ¿Cuál?
- En la obra de Mies Van der Rohe, el Neoplasticismo adquiere consistencia a partir de la propuesta de Mondrian. Investigar y relacionar con el proyecto realizado.
- ¿De qué manera el color puede enfatizar la propuesta? ¿Cómo se vincula con el Neoplasticismo?

A continuación, se muestran algunos de los diseños realizados por los estudiantes



**Figura 2.** Imágenes correspondientes a la maqueta confeccionada con rectángulos áureos.



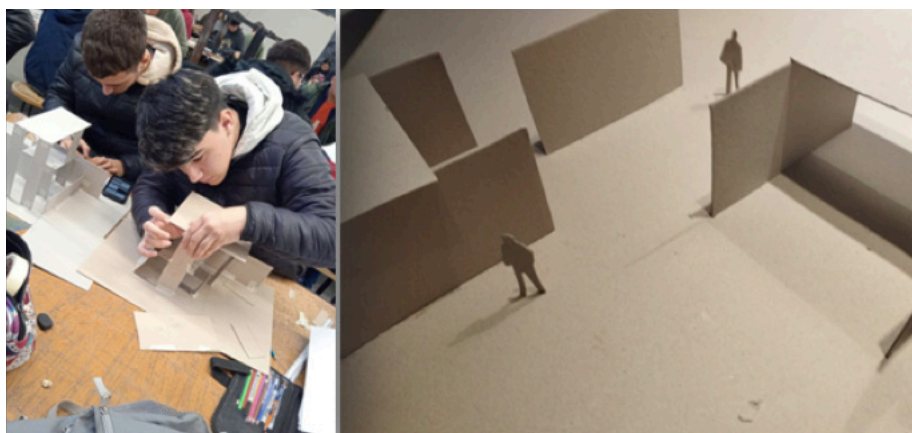


Figura 3. Imágenes correspondientes a la maqueta confeccionada con rectángulos armónicos.

## CONCLUSIONES

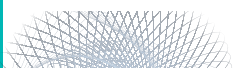
Se entiende que la Geometría es una de las áreas de la Matemática que puede incentivar la creatividad en los estudiantes, más aún si se logra que puedan recurrir a ella sin obstáculos procedimentales.

El uso de la herramienta digital no pretende desplazar los instrumentos geométricos tradicionales, sino que por el contrario intenta incorporar un recurso más amigable para el estudiante del siglo XXI, logrando inmediatez y precisión para alcanzar el objetivo.

Las actividades propuestas procuran familiarizar a los estudiantes con las construcciones de las figuras estudiadas en las clases teóricas para así poder establecer relaciones y diferencias entre las distintas proporciones.

Es importante destacar las bondades de esta disciplina: las formas geométricas actúan claramente sobre nuestro sistema sensorial y el uso de la maqueta constituye un sistema de comunicación más eficiente que el dibujo.

Este trabajo pretende brindar un aporte didáctico a los estudiantes, coadyuvando el estudio de la Geometría en 2D y 3D, y fundamentalmente intenta hacer un aporte al estudio de la relación necesaria entre la Geometría y los entornos de diseño en general y de la arquitectura en particular.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, S., MOTTA, C., DÍAZ, N. (2016) *Manos que piensan*. Acta 10 EMAT, FAU-UNC. Córdoba (Argentina).

ALBA DORADO, M. (2013) *Manos que piensan. Reflexiones acerca del proceso creativo del proyecto de arquitectura*. Ed. Expresión Gráfica Arquitectónica. Valencia (España).

BERTOZZI, S (2002) *La maqueta como herramienta de diseño*. Taller de Análisis Projectual Cátedra Villalba Facultad de Arquitectura, Universidad de Rosario. (Argentina)

FEDERICO, C., Díaz, N. y otros (1997) *El Arte de la Geometría + la Geometría del Arte:*

*GeometrizArte*. Ed. UNLP. La Plata (Argentina).

FEDERICO, C., Díaz, N. (2017) *Cátedra de Matemática N°1 Díaz-Fileni-Toscano (ex Federico-Díaz-Fileni). Nivel 1: Elementos de Matemática y Física: Teoría de las Proporciones*.

AulasWeb UNLP, Recuperado de

<https://aulasweb.ead.unlp.edu.ar/aulasweb/course/view.php?id=162&section=3>.

KNOLL, W. y HECHINGER, M. (2009) *Maquetas de Arquitectura: Técnicas y Construcción*. Ed. Gustavo Gili, S.L., Stuttgart (Alemania).

TOGNERI, J. (1995) *La modificación del plan de estudios. Un problema de aprendizaje colectivo*. Ed. FAU-UNLP, La Plata (Argentina).

VITABAR, F. (2014) *Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC): GeoGebraTube: el siguiente nivel de la experiencia GeoGebra. Unión: revista iberoamericana de educación matemática*, (38), 143-147.

## CRÉDITOS

Fig. 1: GIOVANNUCCI, C. Fig. 2 y 3: DUCIS ROTH, J.

