

# 40

## “Curvas y superficies aplicadas a la Arquitectura, Proyecto Aula 20-Muro dinámico”

**Patricia Langer, Adriana Agosteguis, Raúl Rimoldi,**

**Valeria Castañeda y Nicolás Barcos**

Universidad Nacional de La Plata (UNLP), Argentina

### RESUMEN

A partir del año 2016, iniciamos nuestra actividad académica como Cátedra de Matemática en la FAU-UNLP. Trabajamos con modalidad pedagógica de Taller para la asignatura Matemática Aplicada, perteneciente al ciclo medio (2do. Año) de la carrera de Arquitectura.

El curso presencial durante el cuatrimestre es intenso, con evaluación continua y aprobación de trabajos prácticos.

En esta oportunidad presentamos un Trabajo Practico Integrador. Una enriquecedora experiencia de trabajo en equipo sobre una temática específica: “Curvas y superficies aplicadas a la Arquitectura, Proyecto Aula 20 - Muro dinámico”. Incluye investigación, modelado 3D, láminas, informes y exposición de los resultados en breves ponencias.

Los alumnos comienzan a descubrir el concepto de espacio desde los Talleres de diseño y arquitectura en respuesta a las actividades humanas, un espacio que puede ser transformado y moldeado según las diferentes necesidades y contexto.

No es casual entonces que, en el Área de Matemática Aplicada, los alumnos trabajen sobre el espacio donde rectas, curvas, planos y superficies matemáticas comienzan a generarse frente a los futuros arquitectos.

La experiencia consistió en introducir al alumno en las *geometrías paramétricas* mediante el estudio de las curvas de Bézier, como generadoras de superficies dinámicas.

Asistidos con plataformas informáticas se trabajó para construir un muro dinámico cuya directriz inferior permitió diferentes configuraciones en base a cambios coordinados a través de los puntos de control.

**Patricia Langer**

[patriciamoralanger@gmail.com](mailto:patriciamoralanger@gmail.com)

**Adriana Agosteguis**

[adriagosteguis@gmail.com](mailto:adriagosteguis@gmail.com)

**Raúl Rimoldi**

[raulrimoldi474@gmail.com](mailto:raulrimoldi474@gmail.com)

**Valeria Castañeda**

[vcastaneda2006@gmail.com](mailto:vcastaneda2006@gmail.com)

**Nicolás Barcos**

[nicolasbcos@gmail.com](mailto:nicolasbcos@gmail.com)

Cátedra de Matemáticas LAB  
Facultad de Arquitectura y Urbanismo.  
Universidad Nacional de La Plata.

El espacio de intervención elegido fue el Aula 20, un ámbito reconocido por los estudiantes, que permitió un flujo de trabajo constante durante las clases asignadas al proyecto.

Abarcó análisis matemático, reconocimiento de herramientas informáticas paramétricas, diseño y construcción en escala real de un Muro Dinámico en el Aula.

A partir de ejemplos de la producción de los alumnos queremos poner en consideración nuestro aporte a la educación basada en competencias relacionadas con la enseñanza de la matemática en Arquitectura.

### INTRODUCCIÓN:

*“La geometría por sí misma no aporta soluciones a los problemas que plantea la arquitectura de forma libre, sin embargo, un buen entendimiento y control del diseño geométrico es un principio esencial para la buena realización de este tipo de proyectos”*

POTTMAN, Helmut. *Architectural Geometry*. 2007

En la FAU-UNLP el primer cuatrimestre del 2do. Año de la carrera cuenta entre otras, con la asignatura Matemática Aplicada, con formato pedagógico de Taller. Esta modalidad formativa apunta a la resolución práctica de problemas y ejercicios, haciendo que las actividades sean participativas y socializadas por parte de los estudiantes, como ocurre en la vida profesional. El Taller es una instancia de experimentación para el trabajo colaborativo y en equipo, para la investigación y el autoaprendizaje en el estudio y resolución de problemas.

La actividad presencial es intensa durante el cuatrimestre y la evaluación es continua. La aprobación de un único Parcial, la presentación de la Carpeta individual de Trabajos Prácticos y el Trabajo Práctico Integrador, son requisitos para la aprobación de la cursada, no obstante, la asignatura se aprueba con examen final.

Presentamos una actividad práctica que desarrollamos durante el tramo final de la cursada del presente año lectivo (2019), denominada Trabajo Práctico Integrador (TPI) “Proyecto Aula 20 - Muro dinámico”, trabajando en equipo y con tutoría docente, con investigación sobre la temática desarrollada en la Unidad 3 “Geometría No Lineal” del programa analítico de Matemática Aplicada.

Durante la experiencia áulica relacionada con geometrías 2D-3D, los alumnos analizaron las formas, los aspectos geométricos relevantes para el diseño bidimensional y tridimensional y el modelado paramétrico.

Los estudiantes confeccionaron las láminas con toda la información relacionada con el trabajo y realizaron la presentación de resultados en breves ponencias.

### CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD Y TEMÁTICA DEL TPI:

*"El vínculo que el docente establece con los alumnos para relacionarlos con el conocimiento revela sus lazos personales con el saber que enseña".*

GORODOKIN, Ida C. 2007

El Trabajo Práctico Integrador resultó una actividad muy importante para nosotros, porque durante el desarrollo del mismo, el concepto de "aprendizaje activo y centrado en el alumno" se verificó completamente.

Requirió del seguimiento y apoyo docente en las consultas (consultas del "equipo", por lo que debieron asistir todos los integrantes del mismo).

La duración de la actividad se estableció en 4 clases, tomando las últimas 4 semanas del cuatrimestre.

Si bien cada equipo reguló sus tiempos, se propuso un cronograma que acompañase a buen ritmo los trabajos en taller y las fechas de pre entregas y entregas, teniendo en cuenta que la mayoría de los alumnos debería completar además su Carpeta de Trabajos Prácticos y atender las exigencias de otras asignaturas.

El TPI consistió en una actividad flexible en su organización.

Con la finalidad de realizar el trabajo de manera colaborativa, se conformaron espontáneamente equipos de 2, 3 ó 4 integrantes con un docente de la Cátedra que ofició de Tutor.

El docente Tutor operó en las consultas como un disparador de ideas que, según las observaciones que iba realizando sobre el grupo, consideró de mayor pertinencia.

Antes de comenzar el trabajo de producción propiamente dicho, los Docentes responsables de la Cátedra compartieron con todos los equipos, el encuadre de la temática asignada al mismo, a fin de orientar a los alumnos, plantear expectativas respecto de sus logros y dar oportunidad a las consultas que surgieron en ese primer contacto.

## CONSIGNAS DEL TPI

Una vez presentado el tema, la dinámica de la actividad consistió en:

- a. Revisar los conceptos teóricos basados en la lectura comprensiva de antecedentes de aplicación de curvas y superficies en arquitectura, Curvas de Bézier y diseño de superficies regladas “conoideas”.
- b. Exponer las pautas y consignas a seguir por los estudiantes para el desarrollo del trabajo.
- c. Trabajar en una experiencia áulica relacionada con geometrías 2D-3D, profundizando en la percepción de las formas y los aspectos geométricos relevantes para el diseño bidimensional y tridimensional.
- d. Abordar la geometría desde su aspecto formal (físico y visual) para luego concretarlo en las correspondientes ecuaciones o algoritmos matemáticos.
- e. Investigar cómo y por qué surgen las curvas y superficies, y también su formulación matemática junto con algunos ejercicios de aplicación.
- f. Reconocer las transformaciones dinámicas y su poder generativo, utilizando la técnica de “modelado con herramientas paramétricas”, permitiendo desarrollar al máximo las potencialidades imaginativas para el diseño, basadas en el hacer, el pensar y el reflexionar.
- g. Describir la experiencia en el aula y extraer algunas conclusiones respecto a la resolución del diseño de un MURO DINÁMICO utilizando curvas de Bézier.

Compartimos la producción de nuestros alumnos en una selección de contenidos (láminas, maquetas, proceso constructivo del MURO DINAMICO, fotografías del proyecto, etc.), obtenidas de las presentaciones que ellos realizaron como exposición final del TPI.

## INSTANCIAS DEL DESARROLLO DEL TRABAJO

1. *Relevamiento del espacio de trabajo y replanteo de la “grilla” a escala*

Los alumnos pusieron “manos a la obra” y trabajaron en el Sector Aula 20 indicado en el croquis: (Figura 1.a, 1.b y 1.c)

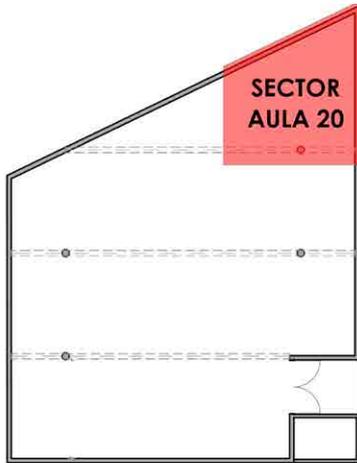


Figura 1a. Sector Aula 20

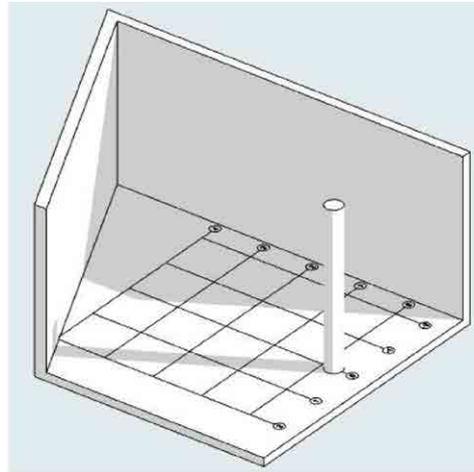


Figura 1b. Espacio de trabajo

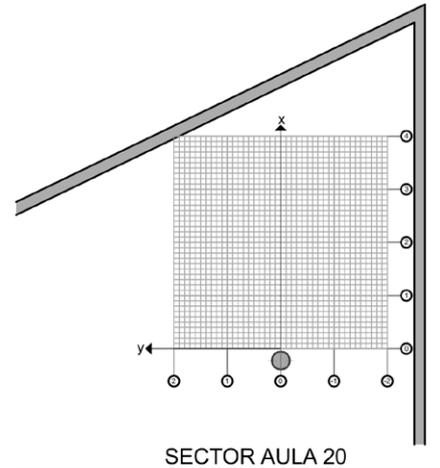


Figura 1c. Grilla

## 2. *Trazado de curvas planas utilizando plantillas*

Utilizando una plantilla de Burmester (pistolete), realizaron el siguiente ejercicio de aplicación práctica conceptual:

Graficaron en la grilla del Sector Aula 20, las respectivas curvas de Bézier a partir de los siguientes puntos de control:

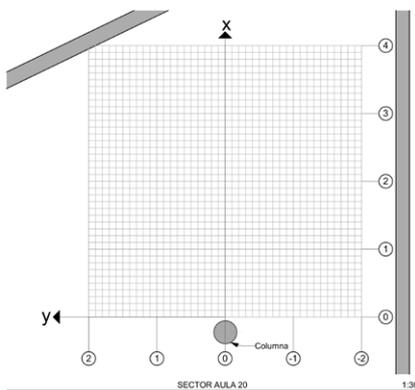


Figura 2. Grilla con modulación 0,1m

A (0,0; 0,0)

B (1,5; 1,5)

C (4,5; 0,0)

A (0,0; -1,0)

B (4,0; -1,8)

C (4,5; 0,0)

**Nota:** La modulación de la grilla es de 0,1m. Graficar las curvas de Bézier con el método gráfico (utilizando plantilla de Burmester) a partir de los puntos de control que se definen. Figura 2.

### 3. *Diseño de la propuesta del MURO*

Materialidad. Proceso constructivo.

Los alumnos identificaron los materiales con los cuales trabajaron durante el proceso constructivo de la directriz superior, la grilla inferior (nivel cero) y las generatrices de la superficie. Figura 3.

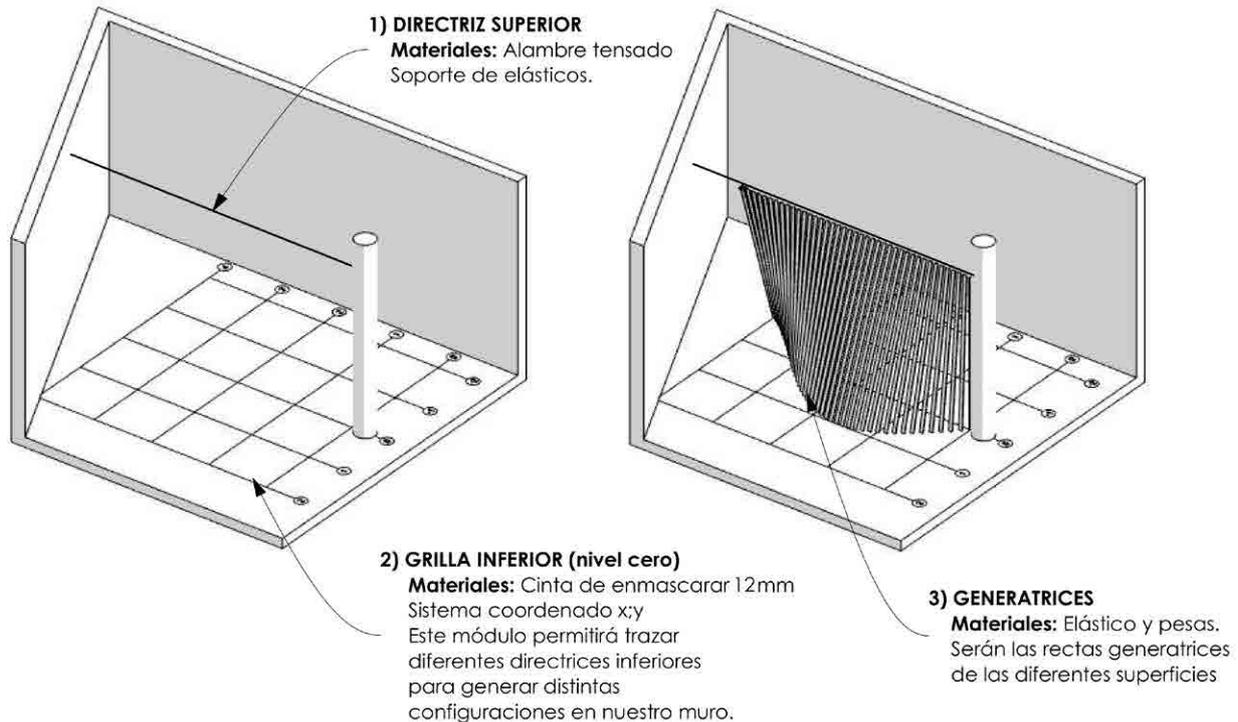


Figura 3. Materialidad

Siguiendo las consignas de los docentes tutores, utilizando materiales apropiados (alambre, elásticos, cinta de enmascarar de papel, pesas, etc.), trabajaron en la materialización del MURO. Replantearon la directriz inferior sobre la grilla, referida al Sistema Coordenado Cartesiano (x;y), y ubicaron el punto (0;0) y los puntos de control en correspondencia con el proyecto de MURO que cada equipo sugirió. (Figuras 4.a, 4.b, 4.c, 4.d, 4.e, 4.f y 4.g).



Figura 4.a Replanteo y construcción de la Grilla



Figura 4.b. Corte de las generatrices (elásticos)



Figuras 4.c.1  
Desmolde de las pesas



Figura 4.c.2  
Desmolde de las pesas



Figura 4.d  
Montaje de la directriz superior



Figura 4.e.1 Ajuste de generatrices (elásticos) para su visualización



Figura 4.e.2 Ajuste de generatrices (elásticos) para su visualización



Figuras 4.f.1 Primeras pruebas del MURO DINÁMICO



Figura 4.f.2 Primeras pruebas del MURO DINÁMICO



Figura 4.f.3 Primeras pruebas del MURO DINÁMICO



Figura 4.g.1 MURO DINÁMICO terminado

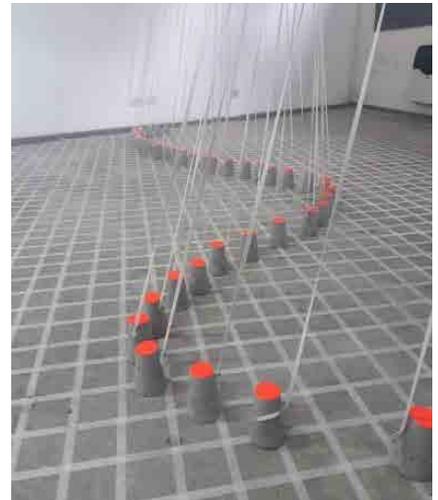


Figura 4.g.2 MURO DINÁMICO terminado

#### 4. Modelización y algoritmos matemáticos. Exploración con herramientas informáticas.

Para la modelización los alumnos trabajaron con *Rhino* 3D+*Grasshopper*, modificando distintos parámetros y generando los modelos 3D para diferentes propuestas del MURO DINÁMICO. (Figura 5).

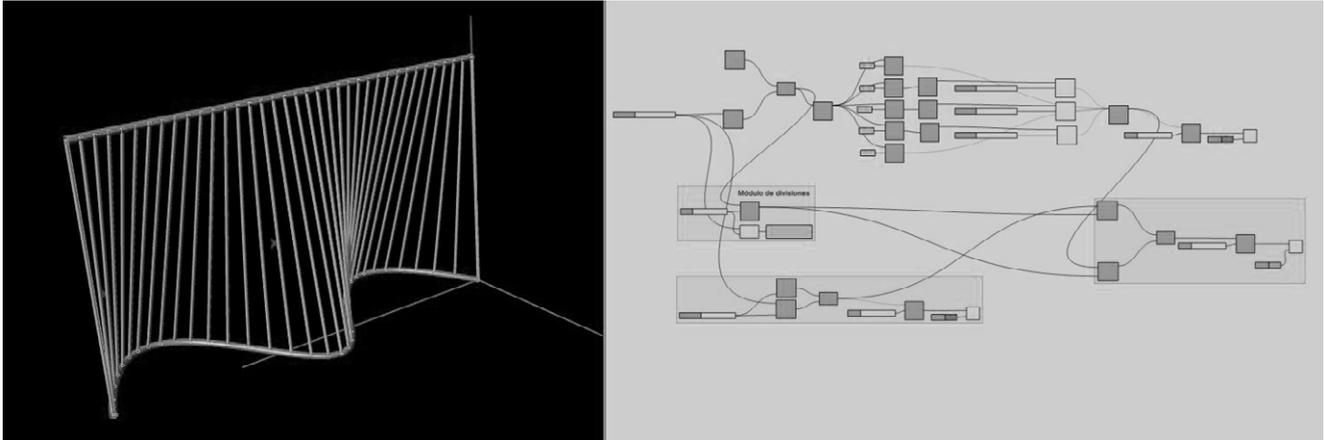


Figura 5. Captura de pantalla: Muro dinámico en interfaz de Rhino+ Grasshopper

Cada grupo diseñó un MURO DINÁMICO en base a una curva de Bézier de 5 puntos de control (de 4to. orden); estos puntos se ubicaron en la grilla y, utilizando las herramientas informáticas con la guía del docente Tutor, obtuvieron las coordenadas de todos los puntos necesarios para materializar la idea explorada.

Extraídos los valores numéricos, se analizaron y definieron cada una de las superficies regladas con mayor precisión, permitiendo así tomar decisiones constructivas que resultó la base para la materialización del MURO.

#### 5. Informe.

Los alumnos elaboraron un informe escrito del análisis geométrico general en relación al MURO DINÁMICO, acompañado con gráficos, fotografías, formulación matemática, croquis y videos del proceso creativo y constructivo. El trabajo se entregó por equipos en láminas formato 35cm x 50cm.

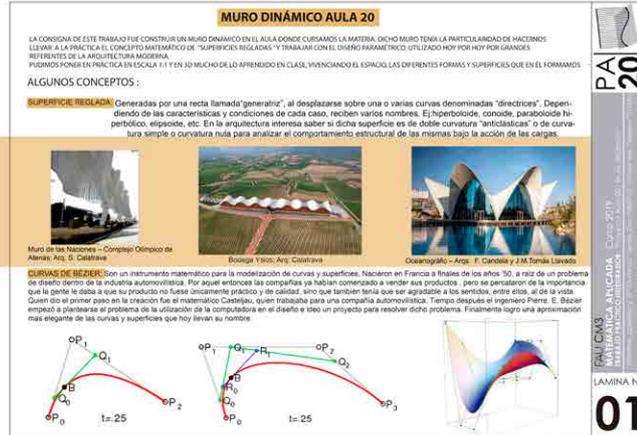


Figura 6.a

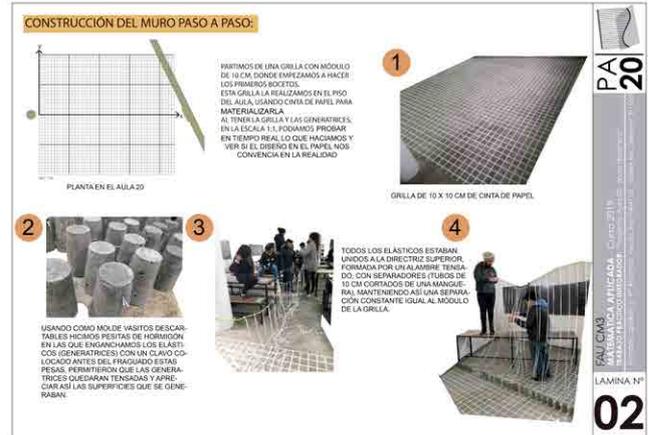


Figura 6.b

Los informes presentados en las láminas (Figuras 6 y 7) incluyeron:

- Introducción. Descripción del trabajo
- Diseño de la propuesta. Puntos de control. Curva de Bézier, coordenadas
- Proceso de construcción del MURO en el aula. Etapas, materiales utilizados, funcionamiento, etc.
- Herramientas informáticas. Experiencia con Rhinoceros 3D+Grasshopper (capturas de pantalla), proceso de rediseño.
- Datos del gráfico, referencias, coordenadas, variantes de diseño.
- Análisis de las superficies. Características, funcionamiento. Algoritmos matemáticos.
- El MURO DINAMICO construido. Fotografías con distintas variantes.
- Conclusiones. Opinión del Equipo sobre la experiencia del trabajo: las intenciones, las dificultades y los resultados.



Figura 6.c

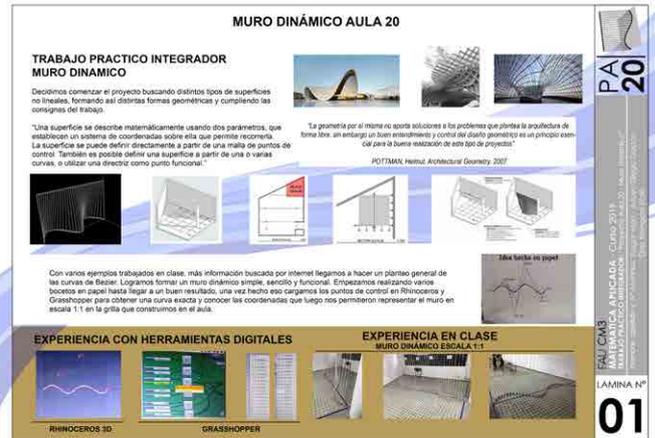


Figura 7.a



Figura 7.b

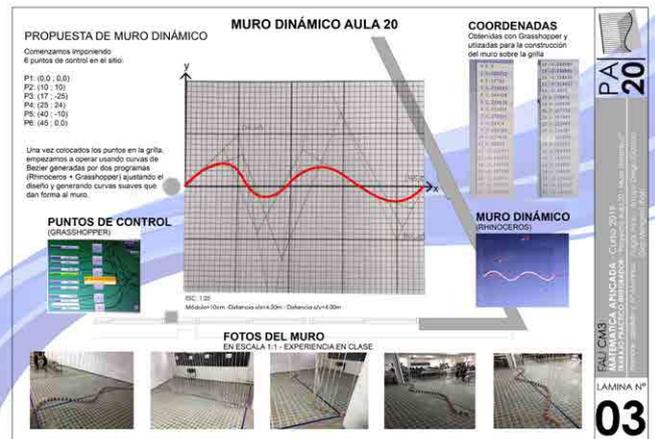


Figura 7.c

Figuras 6.a; 6.b; 6.c Láminas TPI “PA20-MURO DINÁMICO” Alumnos: Eva Vercillo N°40.471/5 y Ma.Celeste Goldar N°31.165/6  
 Figuras 7.a; 7.b; 7.c Láminas TPI “PA20-MURO DINÁMICO” Alumnos: Alan Pulgar N°39763/0; Diego Arroyo N°39889/4 e Iñaki Díaz Mengoni N°39849/5



Figura 8.a Exposición de trabajos en Equipos

## 6. Puesta en común y exposición del trabajo en Equipos

La exposición y entrega final consistió en una presentación con láminas de unos 15 minutos de duración, de la cual participaron los integrantes de todos los equipos. Los alumnos realizaron una apreciación general sobre el uso de la *Matemática Aplicada como instrumento de ideación, proyecto y construcción en referencia a las superficies diseñadas*. (Figuras 8.a y 8.b)

Finalmente, la totalidad de la documentación en formato digital fue subida al Espacio de Cátedra. <https://cm3lab.wixsite.com/blog>

## OPINIONES DE LOS EQUIPOS SOBRE LA EXPERIENCIA DEL TPI

*"... Como opinión personal podemos decir que el proyecto no pareció interesante y nos gustó la iniciativa de la Cátedra por diseñar Trabajos Prácticos Integradores que nos permitan una interacción con "lo construido", que se combine con nuestra formación como arquitectos. Como crítica nos hubiese gustado que den una clase para aprender a utilizar los programas en plataforma paramétrica, así adquirimos conocimientos para el futuro."*

Alumnos: Luciana Benz y Denise Sukup

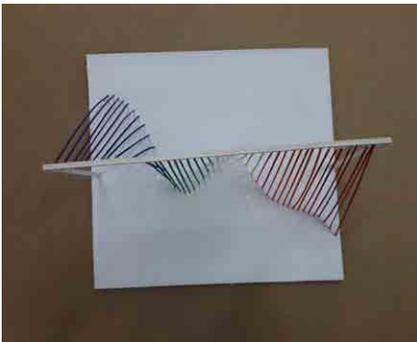
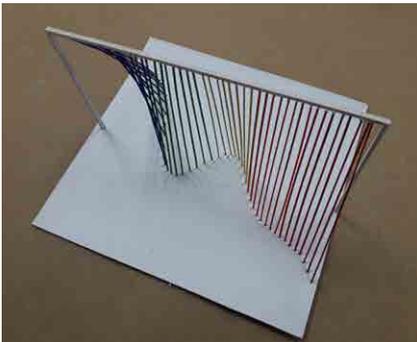
*"... Nos pareció una experiencia única, ya que en las demás materias no hemos aplicado en escala lo que diseñamos. Pero hemos hecho algo parecido en el curso de ingreso, con una maqueta volumétrica marcamos con grillas y fuimos formando los espacios y diseñando. Este trabajo fue interesante ya que fuimos armando en grupo una grilla y el muro que diseñamos, no solo lo fuimos modificando en lo digital sino en el armarlo en escala 1:1 y al ver cómo quedaba, nos pareció algo único y dinámico."*

Alumnos: Alexandro Ruiz Díaz, Nahuel Álvarez y Lis López

*"... El trabajo propuesto por la Cátedra nos pareció maravilloso. Desde el primer día fue una construcción colectiva de los profesores y los alumnos."*

*Tener la posibilidad de construir y poder visualizar lo que proyectamos en escala 1:1 nos permitió poder desarrollar mucho mejor el trabajo y así también volver a "jugar" mientras realizábamos la propuesta. ¡Saber que lo que dibujábamos como "un punto" en la hoja lo podíamos ver "en 3D" en el muro, fue genial! En nuestra Facultad no solemos tener la posibilidad de que eso ocurra, suele quedar todo en el papel o como mucho materializado en una maqueta en pequeña escala. El día a día, el cortar los elásticos, trazar la grilla, pensar entre todos como podía hacerse mejor, o simplemente que podíamos aportar, hizo que este trabajo sea un momento de disfrute y de aprendizaje diferente, ya que las fórmulas pueden olvidarse, pero nunca se olvida aquello que realmente se aprende haciendo."*

Alumnos: Eva Vercillo y María Celeste Goldar



Figuras 8.b y 8.c Maqueta alumnas: Eva Vercillo y Ma.Celeste Goldar

### EVALUACIÓN DEL TPI:

Durante el desarrollo del TPI, las consultas permitieron al docente tutor, aportar ideas y orientar el trabajo e ir conociendo a los integrantes del equipo, ver como éstos se desenvolvían y proponían alternativas (resultó ser una primera evaluación de la actividad del grupo). Los equipos por su parte fueron mostrando la idea del trabajo, a modo de pre entrega, adquiriendo confianza y seguridad para la presentación final. Las exposiciones de trabajos resultaron ser para los estudiantes, un excelente momento en la etapa de la vida universitaria, dado que los preparó para la presentación de proyectos en el futuro desempeño de la profesión. Para evaluar el TPI se utilizó la siguiente rúbrica (Figura 9.)

CM3		MATEMATICA APLICADA				PA 20			
TRABAJO PRACTICO INTEGRADOR: PROYECTO AULA 20 "MURO DINAMICO"									
Tema: Curvas y superficies aplicadas en arquitectura									
EQUIPO N°	Integrantes	Docente Tutor	Consultas	Fecha Exposición (láminas y MURO DINAMICO)	Trabajo en Equipo (Materiales, participación, colaboración)	Presentación (Laminas, fotos, maquetas, reflexión y conclusiones) formato papel y digital	Exposición individual	NOTA grupal	
1	Alumno 1			10/8/2019					
	Alumno 2								
	Alumno 3								
	Alumno 4								

Figura 9. Rúbrica para evaluación del TPI

### RESULTADOS

El Trabajo Práctico Integrador, se presentó con formato de “Guía”, donde se enunciaron los objetivos, las instancias ó etapas para su desarrollo, los datos técnicos, la duración de la actividad, la forma de presentación (esquema de láminas), los sitios web y la bibliografía de consulta recomendada. La Guía completa del TPI “Proyecto Aula 20 PA20-Muro Dinámico” se publicó en el Espacio de Cátedra: <https://cm3lab.wixsite.com/blog/matematica-aplicada>

### ESTADÍSTICA DE LOS RESULTADOS

En los siguientes gráficos mostramos el resultado de aprobación del TPI del 1er. Cuatrimestre de 2019. De un total de 72 alumnos cursantes, 39 -es decir un 54%- se integraron en 14 equipos para los cuales mostramos el resultado (Figura 10.a). Al momento de la presentación de este informe, 21 alumnos, -el 29%- no entregaron y/o no expusieron el TPI y 12 alumnos -es decir un 17%- abandonaron el curso o quedaron libres por no cumplimentar las pautas de cursada. (Figura 10.b)

Los alumnos que finalizaron el Curso y completaron voluntariamente la Encuesta de Cátedra, manifestaron en las mismas que el TPI fue una experiencia novedosa,

### Calificación TPI por Equipos



Figura 10.a Calificación TPI por Equipos

### Curso MATEMATICA APLICADA 2019

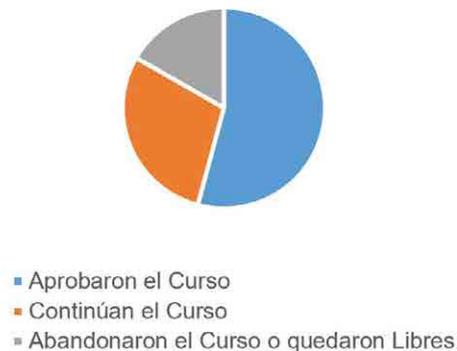


Figura 10.b Estadística Matemática Aplicada (Ago. 2019)

intensa, donde se sintieron involucrados y comprometidos con la temática propuesta aplicada al diseño 2D-3D. Pretendemos profundizar el camino emprendido y en el futuro incorporar nuevos tópicos para el TPI de Matemática Aplicada.

### CONCLUSIONES

La asignatura cuatrimestral “Matemática Aplicada” con formato de Taller que impulsa el Plan de Estudios VI vigente en la FAU-UNLP, requiere de los docentes a cargo del Curso una innovación en las estrategias didácticas y en el sistema de evaluación. El proceso de evaluación continua compromete a una planificación y actividades prácticas diseñadas en función de los resultados esperados y centradas en el alumno.

En ese sentido, creemos que el diseño de nuestro TPI “Proyecto Aula 20–MURO DINAMICO”, proporciona claridad para esta nueva metodología pedagógica y pretende ser un aporte a disposición de todos los docentes.

En una mirada reflexiva hacia el interior de nuestra Cátedra, disfrutamos el entusiasmo con que los alumnos de Matemática Aplicada enfrentaron esta etapa final de la materia, porque:

Aprendieron a trabajar en equipo

Aprendieron haciendo

Aprendieron a auto aprender

Aprendieron a presentarse y a exponer

### AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todos los Docentes integrantes del Equipo LAB, por sus valiosos aportes y su colaboración para la aplicación de esta experiencia en el Aula 20 de la FAU-UNLP y el logro de los resultados.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Pottmann, H., A. Asperl, M. Hofer, and A. Kilian. (2007). *Architectural Geometry*. Exton, PA: Bentley Institute Press

Gorodokin, I. (2007) La formación docente y su relación con la epistemología. *Revista Iberoamericana de Educación*. Argentina.

Claudi Alsina Catalá. (2011). Conoides. <http://textos.pucp.edu.pe/texto/Conoides>

Ramón J. Zoido Zamora. (2018). Curvas y superficies en arquitectura. Segundo Congreso Internacional de Matemáticas en Ingeniería y Arquitectura. España.

Orlando Galdames Bravo. (2011). *Modelización con curvas y superficies de Bézier*. Universidad Politécnica de Valencia.