MATEMATICA APLICADA A LA ARQUITECTURA Y EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

SIMES, Juan José; ALMADA, Pablo; ÁVILA, Cristina, ÁLVAREZ, Nora; GARECA, Claudia; MARTÍN, Adriana
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
juansimes@yahoo.es; almada70@yahoo.com.ar; ing.cristinaavila@gmail.com; norae_alvarez@hotmail.com; cdelgareca@gmail.com; amt_arq@hotmail.com
Eje Temático: Matemática Aplicada a la Arquitectura.

TRABAJO EXTENSO

I. REFLEXIONES EN TORNO A LA MATEMÁTICA EN ARQUITECTURA.

Los modos de acercamiento a la Arquitectura como disciplina académica son variados e innumerables: en nuestro caso, los estudiantes –como muchos otros-, elaboran interrogantes tales como *¿en la Carrera de Arquitectura hay mucha Matemática? ¿es muy difícil Matemática en Arquitectura?¿para qué hay Matemática en Arquitectura?,* los que tienen –creemos- que ver con su escasa o nula aplicación para estudiar y/o resolver problemas concretos, más aún en los últimos años del Secundario: funciones cuadráticas, polinómicas, logarítmicas, trigonométricas, además de números complejos, límites o derivadas resultan para ellos entelequias o abstracciones irremediables.

Además, -y lamentablemente-, aún prima una concepción positivista del conocimiento, en donde cada asignatura asume un campo específico, conduciendo a la conformación de espacios curriculares cerrados y con escasas posibilidades de expansión e interrelación. En Matemática esto parece agudizarse, merced a su lógica abstracta y cierta pereza para transferirla a situaciones concretas. Entonces, nuestro propósito es el de desactivar el pre-juicio que ubica a la Matemática -y a la Geometría como una de sus ramas-, en un lugar de poca aceptación, de mirada reticente y de escasa aplicación: buscamos una **Matemática** que cobre sentido en el pensar y hacer arquitectónico.

Concebimos al menos tres dimensiones en las que opera el **conocimiento geométrico matemático** en la formación y en la vida profesional del arquitecto:

a. Dimensión operativa e instrumental

Es la más concreta y propia del Primer Año, pues brinda herramientas básicas. Resulta **operativa** en tanto a lo "*preparado o listo para ser utilizado o entrar en acción",* y comprende matemáticamente el medir, calcular, escalar, dimensionar, reconociendo figuras y cuerpos geométricos en el plano y el espacio, y en donde el espacio geométrico es facilitador del diseño. A modo de ejemplos podemos citar: el cálculo de pendientes y niveles para la ejecución de desagües, cubiertas, y dimensionado de escaleras. El cálculo de superficies y volúmenes, herramienta indispensable, tanto durante el proceso de diseño como a la hora de realizar el cómputo métrico de materiales para la ejecución del mismo.[1]

b. Dimensión creativa

Como lo expresa Ramón Araujo Armero: *"Desde la Antigüedad, la geometría se ha consolidado como el más poderoso instrumento para concebir y planear la arquitectura… guía el proceso de diseño por la razón…abierto a la imaginación, al hallazgo, al contacto con otras disciplinas que amplían constantemente su campo"*.

---

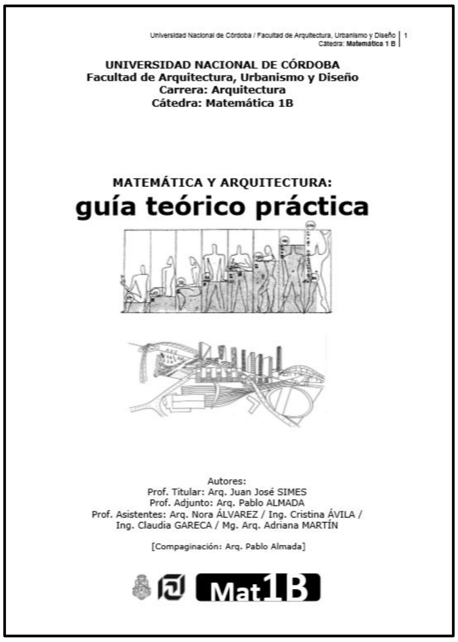
[1] Lo **instrumental** hace referencia al concepto de instrumento, es decir, *aquello de lo que nos servimos para conseguir un objetivo determinado.* En este caso el objetivo **es comunicar**. Y esta comunicación encuentra cauce en múltiples manifestaciones: maquetas, croquis, perspectivas paralelas o polares, dibujo técnico…*buscamos calcular perímetros, superficies, volúmenes, distancias, pendientes, ángulos…*

Interesa el potencial configurador de la forma, reconocer estructuras geométricas subyacentes en figuras y cuerpos, además de facilitar su generación, mediante redes, tramas o teselados.

c. Dimensión holística

Interesa aquí la posibilidad semántica de la Matemática en la Arquitectura, es decir, significados a la luz de un contexto espacial y temporal, según principios geométricos latentes más o menos explícitos, a partir de una cosmovisión humana determinada. Destacamos en este punto la importancia del plan geométrico a la hora de proyectar: podemos citar como ejemplos el uso de ejes reguladores, módulos, simetrías, ortogonalidades, paralelismos etc.

II. Nuestra propuesta: la GUÍA TEÓRICA PRÁCTICA/ MATEMÁTICA IB



Universidad Nacional de Córdoba / Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño | 1
Cátedra: **Matemática 1 B**

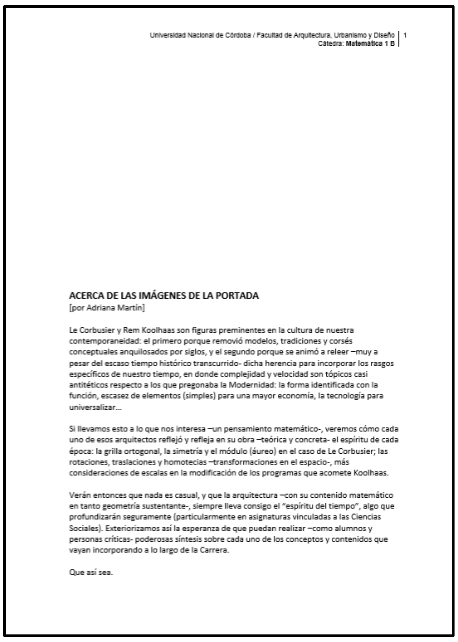
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA
Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño
Carrera: Arquitectura
Cátedra: Matemática 1B

MATEMÁTICA Y ARQUITECTURA:
guía teórico práctica

Autores:
Prof. Titular: Arq. Juan José SIMES
Prof. Adjunto: Arq. Pablo ALMADA
Prof. Asistentes: Arq. Nora ÁLVAREZ / Ing. Cristina ÁVILA / Ing. Claudia GARECA / Mg. Arq. Adriana MARTÍN

[Compaginación: Arq. Pablo Almada]

Mat1B



Universidad Nacional de Córdoba / Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño | 1
Cátedra: **Matemática 1 B**

ACERCA DE LAS IMÁGENES DE LA PORTADA
[por Adriana Martín]

Le Corbusier y Rem Koolhaas son figuras preminentes en la cultura de nuestra contemporaneidad: el primero porque removió modelos, tradiciones y corsés conceptuales anquilosados por siglos, y el segundo porque se animó a releer –muy a pesar del escaso tiempo histórico transcurrido- dicha herencia para incorporar los rasgos específicos de nuestro tiempo, en donde complejidad y velocidad son tópicos casi antitéticos respecto a los que pregonaba la Modernidad: la forma identificada con la función, escasez de elementos (simples) para una mayor economía, la tecnología para universalizar...

Si llevamos esto a lo que nos interesa –un pensamiento matemático-, veremos cómo cada uno de esos arquitectos reflejó y refleja en su obra –teórica y concreta- el espíritu de cada época: la grilla ortogonal, la simetría y el módulo (áureo) en el caso de Le Corbusier; las rotaciones, traslaciones y homotecias –transformaciones en el espacio-, más consideraciones de escalas en la modificación de los programas que acomete Koolhaas.

Verán entonces que nada es casual, y que la arquitectura –con su contenido matemático en tanto geometría sustentante-, siempre lleva consigo el "espíritu del tiempo", algo que profundizarán seguramente (particularmente en asignaturas vinculadas a las Ciencias Sociales). Exteriorizamos así la esperanza de que puedan realizar –como alumnos y personas críticas- poderosas síntesis sobre cada uno de los conceptos y contenidos que vayan incorporando a lo largo de la Carrera.

Que así sea.

Universidad Nacional de Córdoba / Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño | 2
Cátedra: **Matemática 1 B**

La imagen superior de la portada corresponde al Modulor, obra teórica y conceptual desarrollada por Le Corbusier entre los años 1942 y 1948: se trata de un sistema de medidas en el que cada dimensión se relaciona con las demás a partir de la *proporción áurea* y en correspondencia con las *medidas del cuerpo humano*. Se retoma así, el antiguo ideal de establecer un sistema de proporciones que guíe el diseño de los distintos componentes de la Arquitectura (Fig.1)[1].

Fig. 1

La imagen inferior de la portada corresponde al sketch del Euralille Business Center del grupo OMA (liderado por Rem Koolhaas), del año 1989, un Master Plan de 800 mil m^2 en 120 Ha que posicionaría a la ciudad histórica no sólo en materia de infraestructura y servicios (estación de TGV, shoppings, salas de conciertos, viviendas, oficinas) para el Mundial de Fútbol de Francia 1990, sino que implicaría asumir la complejidad territorial, económica y social de nuestro tiempo, al igual que Le Corbusier intentó con sus múltiples propuestas urbanas desde la Ville Contemporaine a Chandigarh (Fig.2)[2].

Fig.2

[1] http://laboratorioarquitecturaperu.blogspot.com.ar/2011/08/le-corbusier-at-barbican.html
[2] ©OMA. En la imagen de la foto de esta página aparecen en amable charla –de izq. a der.- Frank Gehry, Rem Koolhaas y Jean Nouvel.

Universidad Nacional de Córdoba / Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño | 8
Cátedra: **Matemática 1 B**

II. REFLEXIONES EN TORNO A LA MATEMÁTICA EN ARQUITECTURA
[por Pablo Almada]

"Cuando las fórmulas se olviden o las propiedades se difuminen en el tiempo, desearíamos que quedase una sola sensación: la emotividad en el descubrimiento geométrico, o dicho en otras palabras, la belleza de las geometrías, de las dimensiones, de las formas, las transformaciones y los espacios... La Geometría, como la Arquitectura, se arropa a veces en el disfraz de las expresiones formales. Cuando éstas desaparecen queda la sensación, la visión, el recuerdo, la creación..."[4]

Abriendo puertas...

Las puertas de ingreso para acercarse a la Arquitectura como disciplina son variadas e innumerables. Por ello, debes considerar este texto como la posibilidad de abrir una de estas puertas para mirar, reflexionar y relacionar algunos aspectos vitales en tu formación como futuro profesional. Y, si las puertas –imagínalas de distintas dimensiones, formas, texturas y colores- estuvieran identificadas con un cartel con palabras claves que anticiparan lo que detrás de ellas vas a encontrar, tal vez la que te propongo abrir, no sería por vos elegida.

Valgan aquí dos aclaraciones. Primero, no adelantarte las palabras claves en este párrafo es un acto consciente, ya que antes debemos desarmar algunos prejuicios con los que solemos venir cuando egresamos del Secundario. Segundo, todas las puertas conducen al mismo destino, que es el núcleo disciplinar de la Arquitectura.

No se trata de un núcleo rígido, cerrado, predeterminado y acabado del cual hay que apropiarse. Se trata de una construcción colectiva, histórica, muy sensible a los paradigmas vigentes de cada época y por lo tanto en permanente construcción, con cuestiones resueltas –al menos momentáneamente- y otras con un alto grado de conflictividad. Estas cuestiones son propias de la Arquitectura como disciplina que busca su autonomía en relación con otras disciplinas para intervenir sobre el mundo.

Fig.1: fotografías –tomadas por el autor- de puertas de distintos edificios de valor patrimonial ubicados en el casco histórico de la Ciudad de Córdoba. De izq. a der.: Iglesia de la Compañía, Cabildo, Obispo Mercadillo y Archivo Provincial de la Memoria.

[4] ALSINA, C. *Lecciones de Álgebra y Geometría. Curso para Estudiantes de Arquitectura*. GG. BCN, 1983.

Imágenes de portada, portadilla y artículo introductorio a las relaciones entre Matemática y Arquitectura.

Se apuntala en la idea de trabajar sobre una **Matemática Aplicada:** conscientes que sus contenidos son instrumentales y operativos respecto al resto de las asignaturas de la Carrera, tanto geometría –elemental y analítica-, como cálculos numéricos y/o algebraicos y las respectivas modelizaciones son herramientas fundamentales para abordar el objeto de estudio. Por eso y para que estos contenidos de la Asignatura puedan apropiarse de manera efectiva, deben anclarse a estructuras previas que le otorguen "sentido": seguimos a *Vigotski* en aquello de *"que para producir aprendizaje, deben existir mediadores y herramientas que funcionen como puentes entre el tema y los que aprenden"*.

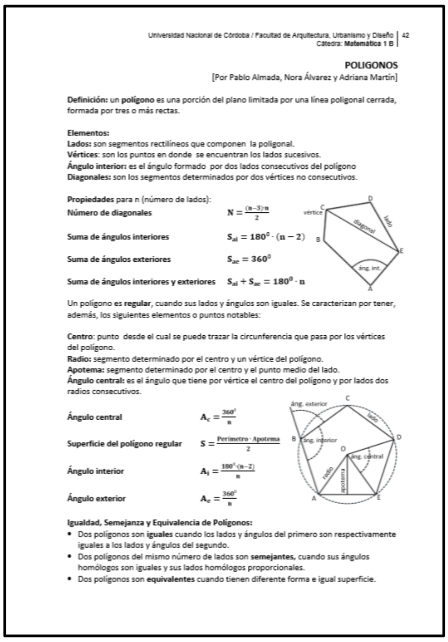
En este sentido, la Guía intenta constituirse en un *instrumento posibilitador de **aprendizajes significativos,*** en la medida en que las actividades propuestas desde los núcleos temáticos del Programa parten de la premisa básica de concebir una **Matemática Aplicada a la Arquitectura**.
Núcleos Temáticos de la Asignatura Matemática IB:

1. ***Entes Geométricos.***
2. ***Trigonometría.***
3. ***Polígonos.***
4. ***Razones y Proporciones.***
5. ***Introducción a la Geometría Analítica Plana.***
6. ***Recta.***

Ella incluye tres apartados, a saber: **MARCO TEÓRICO, EJERCICIOS y AUTOEVALUACIÓN.**

El **primero** (**MARCO TEÓRICO**) contiene una breve **introducción teórica** al tema como forma de reforzar algunos aspectos centrales a tener en cuenta.
El marco teórico es el sustento para comprender la aplicación práctica, por ello en este material especialmente práctico y de aplicación no se puede dejar de lado algunos aspectos teóricos a tener presentes al momento de resolver los distintos casos estratégicamente seleccionados.

Ejemplos:



Universidad Nacional de Córdoba / Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño | 42
Cátedra: **Matemática 1 B**

POLIGONOS
[Por Pablo Almada, Nora Álvarez y Adriana Martín]

Definición: un **polígono** es una porción del plano limitada por una línea poligonal cerrada, formada por tres o más rectas.

Elementos:
Lados: son segmentos rectilíneos que componen la poligonal.
Vértices: son los puntos en donde se encuentran los lados sucesivos.
Ángulo interior: es el ángulo formado por dos lados consecutivos del polígono
Diagonales: son los segmentos determinados por dos vértices no consecutivos.

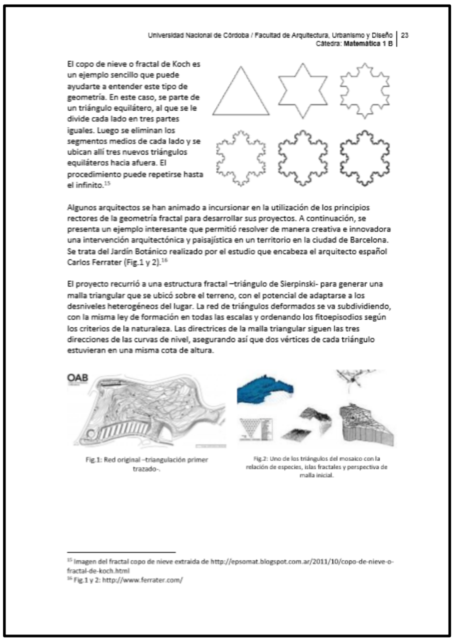
Propiedades para n (número de lados):
Número de diagonales $N = \frac{(n-3)\cdot n}{2}$
Suma de ángulos interiores $S_{ai} = 180^0 \cdot (n-2)$
Suma de ángulos exteriores $S_{ae} = 360^0$
Suma de ángulos interiores y exteriores $S_{ai} + S_{ae} = 180^0 \cdot n$

Un polígono es **regular**, cuando sus lados y ángulos son iguales. Se caracterizan por tener, además, los siguientes elementos o puntos notables:

Centro: punto desde el cual se puede trazar la circunferencia que pasa por los vértices del polígono.
Radio: segmento determinado por el centro y un vértice del polígono.
Apotema: segmento determinado por el centro y el punto medio del lado.
Ángulo central: es el ángulo que tiene por vértice el centro del polígono y por lados dos radios consecutivos.

Ángulo central $A_c = \frac{360^0}{n}$
Superficie del polígono regular $S = \frac{Perímetro \cdot Apotema}{2}$
Ángulo interior $A_i = \frac{180^0 \cdot (n-2)}{n}$
Ángulo exterior $A_e = \frac{360^0}{n}$

Igualdad, Semejanza y Equivalencia de Polígonos:
- Dos polígonos son **iguales** cuando los lados y ángulos del primero son respectivamente iguales a los lados y ángulos del segundo.
- Dos polígonos del mismo número de lados son **semejantes,** cuando sus ángulos homólogos son iguales y sus lados homólogos proporcionales.
- Dos polígonos son **equivalentes** cuando tienen diferente forma e igual superficie.



Universidad Nacional de Córdoba / Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño | 23
Cátedra: **Matemática 1 B**

El copo de nieve o fractal de Koch es un ejemplo sencillo que puede ayudarte a entender este tipo de geometría. En este caso, se parte de un triángulo equilátero, al que se le divide cada lado en tres partes iguales. Luego se eliminan los segmentos medios de cada lado y se ubican allí tres nuevos triángulos equiláteros hacia afuera. El procedimiento puede repetirse hasta el infinito.[15]

Algunos arquitectos se han animado a incursionar en la utilización de los principios rectores de la geometría fractal para desarrollar sus proyectos. A continuación, se presenta un ejemplo interesante que permitió resolver de manera creativa e innovadora una intervención arquitectónica y paisajística en un territorio en la ciudad de Barcelona. Se trata del Jardín Botánico realizado por el estudio que encabeza el arquitecto español Carlos Ferrater (Fig.1 y 2).[16]

El proyecto recurrió a una estructura fractal –triángulo de Sierpinski- para generar una malla triangular que se ubicó sobre el terreno, con el potencial de adaptarse a los desniveles heterogéneos del lugar. La red de triángulos deformados se va subdividiendo, con la misma ley de formación en todas las escalas y ordenando los fitoepisodios según los criterios de la naturaleza. Las directrices de la malla triangular siguen las tres direcciones de las curvas de nivel, asegurando así que dos vértices de cada triángulo estuvieran en una misma cota de altura.

Fig.1: Red original –triangulación primer trazado-.

Fig.2: Uno de los triángulos del mosaico con la relación de especies, islas fractales y perspectiva de malla inicial.

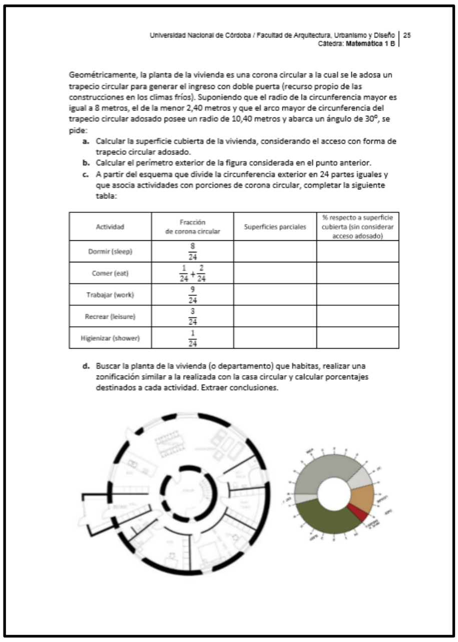
[15] Imagen del fractal copo de nieve extraída de http://epsomat.blogspot.com.ar/2011/10/copo-de-nieve-o-fractal-de-koch.html
[16] Fig.1 y 2: http://www.ferrater.com/

El primer caso es un resumen base para operar con polígonos regulares, y el siguiente una introducción a la geometría fractal, a modo de estímulo y novedad.

El **segundo apartado** es el de **EJERCICIOS,** elaborado a partir de la selección de aquellas obras de arquitectura que consideramos con potencial matemático y que a la vez fueran significativas en cuanto a su aporte ambiental, tecnológico, histórico, etc. Se ha procurado incorporar las fuentes de información y los datos disponibles de cada obra que se ha seleccionado para poder así profundizar en su estudio. La intención es atraer la atención del alumno para que desarrolle su capacidad de análisis, trabaje en forma autónoma motivado por el interés en la temática, lograr que aprenda matemática y todo lo relacionado al caso particular.

Por ello se han seleccionados diversos casos con distintos aspectos de interés, encontramos obras antiguas y de actualidad, se realiza un análisis matemático del tema en estudio y se contribuye con el logro de otros objetivos relacionados con la obre seleccionada y que no son matemáticos.

Por ultimo todos los ejercicios presentan sus resultados al final de cada núcleo temático.



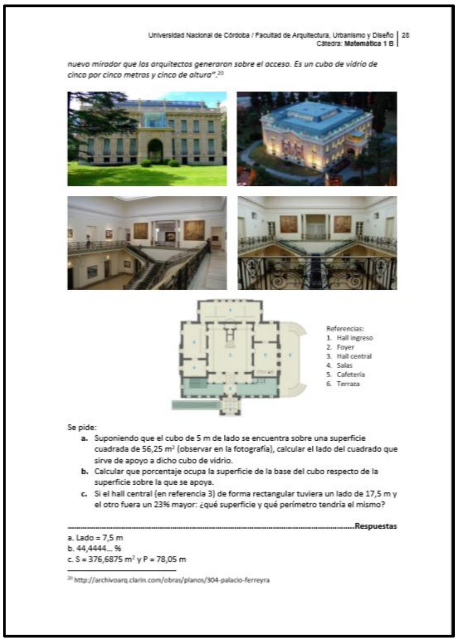
Universidad Nacional de Córdoba / Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño | 25
Cátedra: **Matemática 1 B**

Geométricamente, la planta de la vivienda es una corona circular a la cual se le adosa un trapecio circular para generar el ingreso con doble puerta (recurso propio de las construcciones en los climas fríos). Suponiendo que el radio de la circunferencia mayor es igual a 8 metros, el de la menor 2,40 metros y que el arco mayor de circunferencia del trapecio circular adosado posee un radio de 10,40 metros y abarca un ángulo de 30°, se pide:

a. Calcular la superficie cubierta de la vivienda, considerando el acceso con forma de trapecio circular adosado.
b. Calcular el perímetro exterior de la figura considerada en el punto anterior.
c. A partir del esquema que divide la circunferencia exterior en 24 partes iguales y que asocia actividades con porciones de corona circular, completar la siguiente tabla:

Actividad	Fracción de corona circular	Superficies parciales	% respecto a superficie cubierta (sin considerar acceso adosado)
Dormir (sleep)	$\frac{8}{24}$		
Comer (eat)	$\frac{1}{24}+\frac{2}{24}$		
Trabajar (work)	$\frac{9}{24}$		
Recrear (leisure)	$\frac{3}{24}$		
Higienizar (shower)	$\frac{1}{24}$		

d. Buscar la planta de la vivienda (o departamento) que habitas, realizar una zonificación similar a la realizada con la casa circular y calcular porcentajes destinados a cada actividad. Extraer conclusiones.



Universidad Nacional de Córdoba / Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño | 28
Cátedra: **Matemática 1 B**

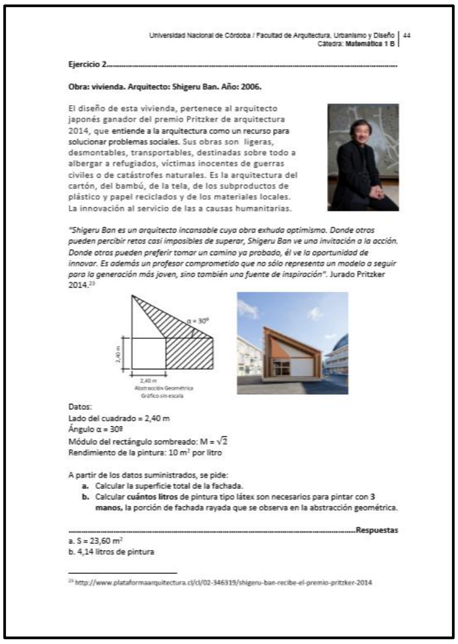
nuevo mirador que los arquitectos generaron sobre el acceso. Es un cubo de vidrio de cinco por cinco metros y cinco de altura".[20]

Referencias:
1. Hall ingreso
2. Foyer
3. Hall central
4. Salas
5. Cafetería
6. Terraza

Se pide:
a. Suponiendo que el cubo de 5 m de lado se encuentra sobre una superficie cuadrada de 56,25 m^2 (observar en la fotografía), calcular el lado del cuadrado que sirve de apoyo a dicho cubo de vidrio.
b. Calcular que porcentaje ocupa la superficie de la base del cubo respecto de la superficie sobre la que se apoya.
c. Si el hall central (en referencia 3) de forma rectangular tuviera un lado de 17,5 m y el otro fuera un 23% mayor: ¿qué superficie y qué perímetro tendría el mismo?

....**Respuestas**
a. Lado = 7,5 m
b. 44,4444... %
c. S = 376,6875 m^2 y P = 78,05 m

[20] http://archivoarq.clarin.com/obras/planos/304-palacio-ferreyra



Universidad Nacional de Córdoba / Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño | 44
Cátedra: **Matemática 1 B**

Ejercicio 2..

Obra: vivienda. Arquitecto: Shigeru Ban. Año: 2006.

El diseño de esta vivienda, pertenece al arquitecto japonés ganador del premio Pritzker de arquitectura 2014, que entiende a la arquitectura como un recurso para solucionar problemas sociales. Sus obras son ligeras, desmontables, transportables, destinadas sobre todo a albergar a refugiados, víctimas inocentes de guerras civiles o de catástrofes naturales. Es la arquitectura del cartón, del bambú, de la tela, de los subproductos de plástico y papel reciclados y de los materiales locales. La innovación al servicio de las a causas humanitarias.

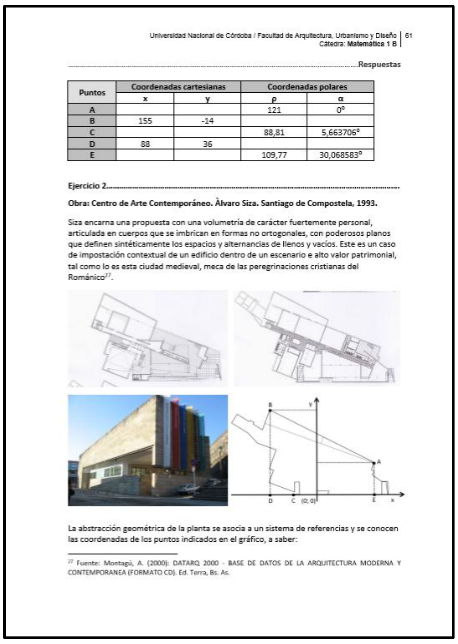
"Shigeru Ban es un arquitecto incansable cuya obra exhuda optimismo. Donde otros pueden percibir retos casi imposibles de superar, Shigeru Ban ve una invitación a la acción. Donde otros pueden preferir tomar un camino ya probado, él ve la oportunidad de innovar. Es además un profesor comprometido que no sólo representa un modelo a seguir para la generación más joven, sino también una fuente de inspiración". Jurado Pritzker 2014.[23]

Datos:
Lado del cuadrado = 2,40 m
Ángulo α = 30º
Módulo del rectángulo sombreado: $M = \sqrt{2}$
Rendimiento de la pintura: 10 m^2 por litro

A partir de los datos suministrados, se pide:
a. Calcular la superficie total de la fachada.
b. Calcular **cuántos litros** de pintura tipo látex son necesarios para pintar con **3 manos,** la porción de fachada rayada que se observa en la abstracción geométrica.

....**Respuestas**
a. S = 23,60 m^2
b. 4,14 litros de pintura

[23] http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-346319/shigeru-ban-recibe-el-premio-pritzker-2014



Universidad Nacional de Córdoba / Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño | 61
Cátedra: **Matemática 1 B**

....Respuestas

Puntos	Coordenadas cartesianas		Coordenadas polares	
	x	y	ρ	α
A			121	0°
B	155	-14		
C			88,81	5,663706°
D	88	36		
E			109,77	30,068583°

Ejercicio 2..

Obra: Centro de Arte Contemporáneo. Àlvaro Siza. Santiago de Compostela, 1993.

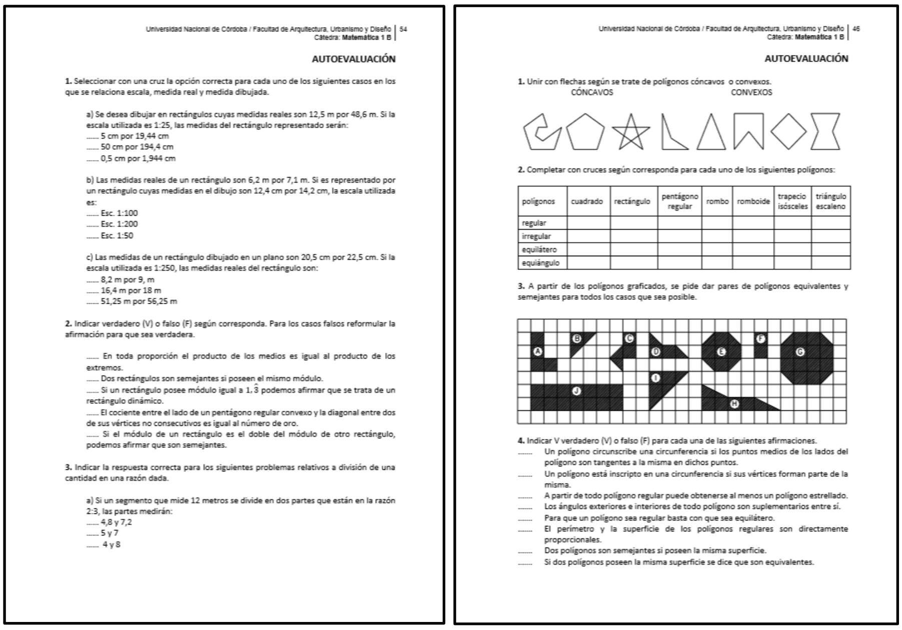
Siza encarna una propuesta con una volumetría de carácter fuertemente personal, articulada en cuerpos que se imbrican en formas no ortogonales, con poderosos planos que definen sintéticamente los espacios y alternancias de llenos y vacíos. Este es un caso de impostación contextual de un edificio dentro de un escenario e alto valor patrimonial, tal como lo es esta ciudad medieval, meca de las peregrinaciones cristianas del Románico[27].

La abstracción geométrica de la planta se asocia a un sistema de referencias y se conocen las coordenadas de los puntos indicados en el gráfico, a saber:

[27] Fuente: Montagú, A. (2000): DATARQ 2000 - BASE DE DATOS DE LA ARQUITECTURA MODERNA Y CONTEMPORANEA (FORMATO CD). Ed. Terra, Bs. As.

Finalmente, el **tercer apartado** incluye una **AUTOEVALUACIÓN,** como forma de verificar, en el camino de la construcción de alumnos autodidactas, los contenidos asimilados de cada núcleo temático.

La autoevaluación es una instancia más de aprendizaje, por ello es importante que el alumno mida sus logros y en función de ello pueda saber si pudo o no llegar al resultado de esta manera saber en qué enfocarse para lograr mejorar y ser así su propio evaluador.



Universidad Nacional de Córdoba / Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño | 54
Cátedra: **Matemática 1 B**

AUTOEVALUACIÓN

1. Seleccionar con una cruz la opción correcta para cada uno de los siguientes casos en los que se relaciona escala, medida real y medida dibujada.

a) Se desea dibujar en rectángulos cuyas medidas reales son 12,5 m por 48,6 m. Si la escala utilizada es 1:25, las medidas del rectángulo representado serán:
...... 5 cm por 19,44 cm
...... 50 cm por 194,4 cm
...... 0,5 cm por 1,944 cm

b) Las medidas reales de un rectángulo son 6,2 m por 7,1 m. Si es representado por un rectángulo cuyas medidas en el dibujo son 12,4 cm por 14,2 cm, la escala utilizada es:
...... Esc. 1:100
...... Esc. 1:200
...... Esc. 1:50

c) Las medidas de un rectángulo dibujado en un plano son 20,5 cm por 22,5 cm. Si la escala utilizada es 1:250, las medidas reales del rectángulo son:
...... 8,2 m por 9, m
...... 16,4 m por 18 m
...... 51,25 m por 56,25 m

2. Indicar verdadero (V) o falso (F) según corresponda. Para los casos falsos reformular la afirmación para que sea verdadera.

...... En toda proporción el producto de los medios es igual al producto de los extremos.
...... Dos rectángulos son semejantes si poseen el mismo módulo.
...... Si un rectángulo posee módulo igual a $1,\hat{3}$ podemos afirmar que se trata de un rectángulo dinámico.
...... El cociente entre el lado de un pentágono regular convexo y la diagonal entre dos de sus vértices no consecutivos es igual al número de oro.
...... Si el módulo de un rectángulo es el doble del módulo de otro rectángulo, podemos afirmar que son semejantes.

3. Indicar la respuesta correcta para los siguientes problemas relativos a división de una cantidad en una razón dada.

a) Si un segmento que mide 12 metros se divide en dos partes que están en la razón 2:3, las partes medirán:
...... 4,8 y 7,2
...... 5 y 7
...... 4 y 8

Universidad Nacional de Córdoba / Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño | 46
Cátedra: **Matemática 1 B**

AUTOEVALUACIÓN

1. Unir con flechas según se trate de polígonos cóncavos o convexos.
CÓNCAVOS CONVEXOS

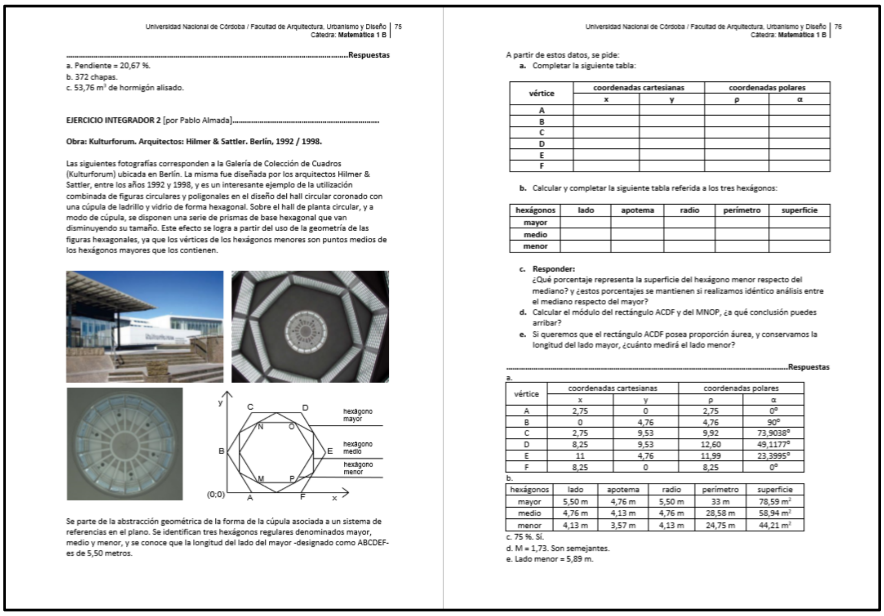
2. Completar con cruces según corresponda para cada uno de los siguientes polígonos:

polígonos	cuadrado	rectángulo	pentágono regular	rombo	romboide	trapecio isósceles	triángulo escaleno
regular							
irregular							
equilátero							
equiángulo							

3. A partir de los polígonos graficados, se pide dar pares de polígonos equivalentes y semejantes para todos los casos que sea posible.

4. Indicar V verdadero (V) o falso (F) para cada una de las siguientes afirmaciones.
...... Un polígono circunscribe una circunferencia si los puntos medios de los lados del polígono son tangentes a la misma en dichos puntos.
...... Un polígono está inscripto en una circunferencia si sus vértices forman parte de la misma.
...... A partir de todo polígono regular puede obtenerse al menos un polígono estrellado.
...... Los ángulos exteriores e interiores de todo polígono son suplementarios entre sí.
...... Para que un polígono sea regular basta con que sea equilátero.
...... El perímetro y la superficie de los polígonos regulares son directamente proporcionales.
...... Dos polígonos son semejantes si poseen la misma superficie.
...... Si dos polígonos poseen la misma superficie se dice que son equivalentes.

Por otra parte, consideramos importante incluir también **EJERCICIOS INTEGRADORES**, ya que para su comprensión y resolución es necesario valerse de los contenidos previamente desarrollados: buscamos así trabajar de manera secuenciada, coherente y con creciente grado de complejidad. La realidad no se presenta de manera fragmentada, por ello la urgencia de formar a los alumnos competentes en la resolución de problemas aplicados que impliquen múltiples conocimientos y procedimientos.



Universidad Nacional de Córdoba / Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño | 75
Cátedra: **Matemática 1 B**

....**Respuestas**
a. Pendiente = 20,67 %.
b. 372 chapas.
c. 53,76 m^3 de hormigón alisado.

EJERCICIO INTEGRADOR 2 [por Pablo Almada]..

Obra: Kulturforum. Arquitectos: Hilmer & Sattler. Berlín, 1992 / 1998.

Las siguientes fotografías corresponden a la Galería de Colección de Cuadros (Kulturforum) ubicada en Berlín. La misma fue diseñada por los arquitectos Hilmer & Sattler, entre los años 1992 y 1998, y es un interesante ejemplo de la utilización combinada de figuras circulares y poligonales en el diseño del hall circular coronado con una cúpula de ladrillo y vidrio de forma hexagonal. Sobre el hall de planta circular, y a modo de cúpula, se disponen una serie de prismas de base hexagonal que van disminuyendo su tamaño. Este efecto se logra a partir del uso de la geometría de las figuras hexagonales, ya que los vértices de los hexágonos menores son puntos medios de los hexágonos mayores que los contienen.

Se parte de la abstracción geométrica de la forma de la cúpula asociada a un sistema de referencias en el plano. Se identifican tres hexágonos regulares denominados mayor, medio y menor, y se conoce que la longitud del lado del mayor -designado como ABCDEF- es de 5,50 metros.

Universidad Nacional de Córdoba / Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño | 76
Cátedra: **Matemática 1 B**

A partir de estos datos, se pide:
a. Completar la siguiente tabla:

vértice	coordenadas cartesianas		coordenadas polares	
	x	y	ρ	α
A				
B				
C				
D				
E				
F				

b. Calcular y completar la siguiente tabla referida a los tres hexágonos:

hexágonos	lado	apotema	radio	perímetro	superficie
mayor					
medio					
menor					

c. Responder:
¿Qué porcentaje representa la superficie del hexágono menor respecto del mediano? y ¿estos porcentajes se mantienen si realizamos idéntico análisis entre el mediano respecto del mayor?
d. Calcular el módulo del rectángulo ACDF y del MNOP, ¿a qué conclusión puedes arribar?
e. Si queremos que el rectángulo ACDF posea proporción áurea, y conservamos la longitud del lado mayor, ¿cuánto medirá el lado menor?

....**Respuestas**
a.

vértice	coordenadas cartesianas		coordenadas polares	
	x	y	ρ	α
A	2,75	0	2,75	0º
B	0	4,76	4,76	90º
C	2,75	9,53	9,92	73,9038º
D	8,25	9,53	12,60	49,1177º
E	11	4,76	11,99	23,3995º
F	8,25	0	8,25	0º

b.

hexágonos	lado	apotema	radio	perímetro	superficie
mayor	5,50 m	4,76 m	5,50 m	33 m	78,59 m^2
medio	4,76 m	4,13 m	4,76 m	28,58 m	58,94 m^2
menor	4,13 m	3,57 m	4,13 m	24,75 m	44,21 m^2

c. 75 %. Sí.
d. M = 1,73. Son semejantes.
e. Lado menor = 5,89 m.

Al final de esta publicación, presentamos algunos textos que pueden acercarte a la Arquitectura a través de la Matemática, sobre la base de ejemplos que han recurrido a ella de manera singular y creativa.

Universidad Nacional de Córdoba / Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño | 85
Cátedra: **Matemática 1 B**

Portadas de las publicaciones sugeridas.

Revista: **Tectónica nº 17. Monografías de arquitectura, tecnología y construcción.**
Artículo: ***Geometría, técnica y arquitectura.***
Autor: Ramón ARAUJO ARMERO.
Origen y año: Barcelona, 2004.
ISSN: 1136-0062

Comentario:

El artículo vincula de manera efectiva y en perspectiva histórica dos aspectos indisolubles de la arquitectura: la geometría y la técnica. A través de ejemplos paradigmáticos de obras de arquitectura, plantea un ameno recorrido desde la antigüedad clásica hasta nuestros días, haciendo evidentes los principios geométricos subyacentes en cada período y su materialización correspondiente. Posee alto valor para el alumno ingresante, ya que presenta los principales períodos históricos en los que se aborda el estudio de la arquitectura asociados a los distintos estilos o y/lógicas proyectuales. Finalmente nos ubica en la contemporaneidad, destacando la relevancia de las tecnologías informáticas y constructivas.

Universidad Nacional de Córdoba / Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Diseño | 86
Cátedra: **Matemática 1 B**

Artículo: ***La construcción de formas complejas.***
Autor: Vicente SARRABIO
Origen y año: Barcelona, 2004.
ISSN: 1136-0062

Comentario:

El artículo nos introduce en la generación de la forma arquitectónica en la contemporaneidad. Así, se plantea que, *"una de las características del momento actual es la particular atención que se presta a la complejidad formal basada en la definición topológica de superficies curvilíneas o quebradas frente a la definición geométrica de la retícula ortogonal o la repetición de pórticos uniformes"*. Resulta interesante realizar un recorrido por distintas obras de arquitectura diseñada sobre la base del manejo de distintos tipos de superficies que generan volúmenes de secciones variables.

Libro: ***Sincronizar la geometría. Fuentes Ideográficas.***
Autor: Carlos FERRATER y Borja FERRATER.
Origen y año: Barcelona, 2006.
ISBN: 84-96540-35-9

Comentario:

El interés del libro de Ferrater radica en la posibilidad de acercarnos a la instrumentalización de la Geometría en obras relevantes de arquitectura enmarcadas entre la segunda y la última década del siglo XX. La creatividad y la innovación en la generación formal mediada por el uso singular de la geometría es el factor común de las obras seleccionadas. También se presentan una serie de obras realizadas por el estudio que encabeza Carlos Ferrater. Interesa particularmente el Jardín Botánico de Barcelona que utiliza un tipo de geometría, denominada fractal, para desarrollar el proyecto de manera articulada con un entorno de alto valor paisajístico.

Libro: ***Lecciones de Álgebra y Geometría. Curso para estudiantes de Arquitectura.***
Autores: Claudi ALSINA y Enric TRILLAS
Origen y año: Barcelona, 1984.
ISBN: 84-25211-87-5

Comentario:

Los autores, conciben este texto destinado para estudiantes de Arquitectura desde el rol de Catedráticos de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona. En el contexto del cursado de nuestra Asignatura, se recomienda el estudio del capítulo 10 denominado Teoría de las Proporción. Allí se desarrolla la Teoría de la Proporción en Arquitectura, abarcando desde cuestiones conceptuales abstractas hasta las distintas concepciones culturales en torno a las proporciones en el devenir histórico de nuetra disciplina. La Divina Proporción y el Modulor de Le Corbusier encuentran aquí un especial desarrollo.

III. CONCLUSIONES

Con la elaboración de esta guía "*Guía teórico / práctica de Matemática*" destinada a estudiantes de Arquitectura, esperamos haber logrado nuestro cometido: abordar los saberes geométricos matemáticos ligados a la disciplina Arquitectura desde una visión más amplia. Así, superaremos el carácter endogámico de la Matemática como ciencia abstracta, para transformarla en aplicada al objeto de estudio de nuestro interés.

En la Asignatura prima la dimensión operativa que permite medir, calcular, escalar, dimensionar…se ha intentado acercarlos a las dimensiones creativa y holística a través de la selección de obras de arquitectura que han utilizado de manera singular la matemática en su proceso de diseño. Así, el análisis matemático riguroso sirve además para descubrir leyes más o menos explícitas en la conformación final del objeto arquitectónico.

A modo de cierre, queremos expresar que consideramos fundamental destacar la importancia de asumir nuestro rol como profesionales de la enseñanza en un mundo altamente problematizado.

Reflexionando sobre las palabras expresadas por el Papa Francisco -en ocasión de recibir a un grupo de educadores- *"Deben enseñar no sólo los contenidos de una materia, sino también los valores de la vida. Para aprender contenidos basta un ordenador, pero para comprender cuáles son los valores y las virtudes que crean armonía en la sociedad es necesario un buen maestro"*, es que intentamos considerar -al menos en algunos ejercicios y de manera tangencial- algunos aspectos que trascienden la Matemática, muy importantes en la formación de ciudadanos integrales con conciencia ecológica, responsabilidad social y valoración del patrimonio cultural como parte de nuestra identidad.