

```

if [dis] = 0 and (VecMax == 0 or VecMax == 3) do (format "La mayor vecindad detectada (véase desarrollo teórico: 'endGraficador.xlsx') > 'espacio':  
if [dis] != 0 and (VecMax == 0 or VecMax == 3) do (format "La mayor vecindad detectada (véase desarrollo teórico: 'endGraficador.xlsx') > 'espacio':  
if tMaxDis2C < 0 do tMaxDis2C = 0 --limita el 'mínimo' tamaño máximo a cero  
tMaxDis2C > tTam do tMaxDis2C = tTam --limita el 'máximo' tamaño máximo a la cantidad total de tamaños disponibles en el vector 'tTam'  
tMaxDis2C > 1 then (if imprCom == true do (format "Espacio máximo disponible según método de 'X' y 'Y': '%d'" tMaxDis2C))  
se (if imprCom == true do (format "Espacio máximo disponible según método de 'X' y 'Y': '%d'" tMaxDis2C))  
[8] determinación del espacio máximo disponible mediante COMPARACIÓN de resultados entre AMBOS MÉTODOS:  
tMaxDis2C > 1 or tMaxDis2C < 1 then --solo si alguno de los dos tamaños máximos disponibles es mayor que la unidad se procede  
--¡importante!: si los tamaños máximos disponibles determinados por ambos métodos fueran iguales, se prefiere el "centrado" del método  
--incluso si el tamaño máximo fuera "menor" en una unidad (valor empírico logrado mediante pruebas de mejor asignación del espacio)  
if imprCom == true do (format "[8] 8] Determinación del espacio máximo disponible: '%d'" tMaxDis2C)  
if tMaxDis2C >= tMaxDis1C - 2 then --prioriza los resultados del método de los 2 cuadrantes seleccionados (figura centrada o cuadrada)  
(  
m2C = true --inicializa la variable indicativa del método que resultó elegido, si es verdadera, corresponde al de los 2 cuadrantes  
tMaxDis = tMaxDis2C  
if imprCom == true do (format "Se seleccionó los resultados del método de los 2 cuadrantes a tamaño '%d'" tMaxDis)  
)  
else  
m2C = false --si es falsa, corresponde al de los 4 cuadrantes  
tMaxDis = tMaxDis1C  
if imprCom == true do (format "Se seleccionó los resultados del método de los 4 cuadrantes a tamaño '%d'" tMaxDis)  
)  
se (tMaxDis = 1) --si ambos tamaños máximos disponibles son iguales a la unidad  
¡importante!: PARA UNIFORMAR EL CONCEPTO DE 'ESPACIO MÁXIMO DISPONIBLE' ENTRE DIBUJOS IRRESTRICTOS Y PARA COMPARIFICADOS SE LO RESTRINGE  
tMaxDis > tamMax do --si el espacio máximo disponible es mayor que el tamaño máximo disponible  
tMaxDis = tamMax --igualar el espacio máximo disponible al tamaño máximo disponible  
if imprCom == true do (format "Se restringe el espacio máximo disponible al tamaño máximo disponible a '%d' (de '%d') tMaxDis)  
E-4 EVALUACIÓN DEL ESPACIO DISPONIBLE//  
-----  
determinación de la posible LIMITACIÓN para figuras de tamaño 2:  
sección de la posible 'superación' de la proporción máxima admisible de ocurrencia de figuras tamaño 2 ante la suma de una nueva figura a la  
tam == true do --si la variable booleana lo habilita...  
[2] ++ 1 --incrementa en una eventual figura adicional la cantidad de figuras de tamaño 2  
j = 2 to 9 do (PTA[j] = PTA[j] + numFig) --actualiza el vector de proporciones; el divisor contabiliza una figura más que la  
--actual dado que ya la lleva la base que, aunque no es figura, cuenta como una parte  
la proporción actual de tamaño 2 es "menor" que la máxima, pero la resultante de incrementar en 1 a la cantidad de figuras tamaño 2 la  
vale decir, si con una "máxima" ocurrencia del tamaño 2 se "superaría" la proporción máxima admisible, entonces se establecerá un límite  
la búsqueda aleatoria del tamaño, durante la siguiente subrutina, descartándose así el tamaño 2  
los siguientes condicionales entran en juego, desde el primer tamaño ya dibujado, o sea, cuando se evalúe la segunda y siguientes  
numFig > 1 and PTA[2] <= PTA[2] * tMinDis --si las figuras tamaño 2 se ubican por debajo de la proporción máxima admisible, se  
numFig > 1 and PTA[2] > PTA[2] * tMinDis --si las figuras tamaño 2 superaron ya dicha proporción, dada la figura adicional, se  
[2] -- 1 --revierte la última contabilización de la figura de tamaño 2 adicional  
-----  
[b] determinación del TAMAÑO de la figura a dibujar al azar mediante la función 'random':  
-----  
búsqueda de coincidencias entre los espacios/tamaños disponibles y el vector 'explicito' 'FT':  
tam = 2 --inicializa el tamaño con un valor inadmisibles  
RE = true then --si la variable booleana lo habilita porque hay figuras preexistentes...  
tMaxDis = 9 --se establece como tamaño máximo disponible al máximo posible  
--caso contrario, si 'no' las hay...  
RE = false --variable booleana de habilitación de la búsqueda de los tamaños disponibles, entre el mínimo y el máximo, en el vector  
--variable booleana de habilitación de la determinación del TAMAÑO del elemento a dibujar; se mantiene en 'deshabilitada'  
--se encuentre al menos 'un' tamaño en el vector 'explicito' 'FT' que coincida con el rango de la búsqueda de los tamaños  
--busca la primera coincidencia  
cTta = FT.count --cantidad de elementos del vector 'explicito' 'FT'; función: es también igual a la suma total de los elementos  
for j = 1 to cTta while habAus do  
(  
if FT[j] == 1 do (habAus = false; habTam = true) --ni bien encuentra la primera coincidencia, interrumpe la búsqueda  
habTam = true then (if imprCom == true do (format "Hay coincidencias entre disponibilidades y vector: se determina tamaño '%d'" tMaxDis))  
--si la determinación del TAMAÑO se mantiene en 'falsa' o 'deshabilitada', se interrumpe el proceso de asignación  
tMaxDis = 1; if imprCom == true do (format "NO hay coincidencias entre disponibilidades y vector: NO se determina tamaño")  
Dis > 1 then --¡¡¡atención!!! solo si el tamaño máximo disponible es mayor que la unidad, se asigna figura!!!  
[b] determinación, según vector correspondiente, del tamaño de la figura preexistente:  
habPRE = true then --si la variable booleana lo habilita porque hay figuras preexistentes...  
tam = TAMPRE[nFPRE] --tamaño de la figura preexistente  
if imprCom == true do (format "tamaño = %d" TAMPRE[nFPRE])  
--caso contrario, si 'no' las hay...  
[c] determinación aleatoria del tamaño:  
if imprCom == true do (format "[c] 3-1] determinación de un tamaño al azar de entre los disponibles en el vector 'T'")  
cTta = FT.count --cantidad actualizada de elementos del vector 'explicito' 'FT'  
do  
(  
nAl = random 1 cTta --elige aleatoriamente...  
tam = FT[nAl] --para determinar el valor del tamaño  
) while tam < tMinDis or tam > tMaxDis --continúa eligiendo aleatoriamente... mientras el tamaño siga por debajo del valor mínimo

```



La presente obra incluye una **Licencia Creative Commons**

**Atribución - No Comercial - Sin Obras Derivadas 2.5 Argentina**

que permite: **compartir, copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra**, bajo las condiciones siguientes:



**Atribución** - Debe reconocer los créditos de esta obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



**No Comercial** - No puede utilizar esta obra para fines comerciales.



**Sin Obras Derivadas** - No se puede alterar, transformar o generar una obra derivada a partir de esta obra.

Alguna de estas condiciones puede no aplicarse si se obtiene el permiso del titular de los derechos de autor.

Al distribuir la obra, tiene que dejar muy en claro los términos de la licencia de esta obra.

Para obtener una copia del texto de esta licencia ingrese a:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/ar/>

o solicítela por carta a:

Creative Commons

444 Castro Street, Suite 900

Mountain View, California, 94041, USA

Esta obra se encuentra disponible en formato digital para su descarga gratuita en el sitio web del editor.

**ladislao pablo győri**

# **explicando Los endox**



Gyori, Ladislao Pablo

Explicando Los endoX / Ladislao Pablo Gyori. - 1a ed ilustrada. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Aero, 2025.

102 p. ; 23 x 15 cm.

ISBN 978-987-29866-2-9

1. Arte Contemporáneo. 2. Arte Argentino. 3. Arte Digital. I. Título.  
CDD 776

Fecha de catalogación: 18/12/2025

Diseño gráfico: maquetARTE

Edición preliminar

Aero

Av. F. Lacroze 3814 2° 10, C1427EDQ

Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina

info@aeroedita.org / www.aeroedita.org

*Explicando Los endoX*

© 2025, Ladislao Pablo Győri / Algunos Derechos Reservados

ISBN 978-987-29866-2-9

# contenidos

7	<b>0/ Introducción</b>
15	<b>2/ endoGraficador</b>
	La interfaz
16	A. Definición general de vectores
22	B. Definición de variables adicionales
27	El núcleo
	A. Determinaciones iniciales
28	B. Determinación de las variables de la figura a dibujar
31	C. Llamado a la correspondiente función de dibujo
	D. Tareas de verificación y cálculo probabilístico
33	E. Generación de calificadores y leyendas informativas
40	F. Renderizado y disposiciones finales
41	Edición Boost
43	<b>1/ endoDelineador</b>
45	<b>3/ endoRetrazador</b>
47	<b>4/ endoColoreador</b>
	A. Disposiciones iniciales
50	B. Ejecución de los procesos de coloración
53	C. Renderizado y disposiciones finales
55	<b>5/ endoConformador</b>
56	A. Disposiciones iniciales
62	B. Ejecución de los procesos de conformación
66	C. Renderizado y disposiciones finales
67	<b>6/ endoGrabador</b>
68	A. Disposiciones iniciales
71	B. Ejecución de los procesos de grabado
78	C. Renderizado y disposiciones finales

79	<b>7/ endoMaterializador</b>
	A. Disposiciones iniciales
81	B. Ejecución de los procesos de materialización
82	C. Renderizado y disposiciones finales
83	<b>8/ Últimas id(e)as y venid(e)as (o ¡venideras ideas!)</b>
85	<b>A/ Apéndice sobre cálculo de probabilidad e información</b>
86	A. Cálculo de los atributos individuales de cada figura
90	B. Cálculos subsiguientes
92	C. Ejemplo de cálculo
99	<b>B/ La salida geométrica de la primera ejecución</b>
101	Acerca del autor

*Otra vez lo aleatorio. Suele suceder que un cuadro dé un vuelco desde la idea inicial y, al mostrar una nueva posibilidad, disponga una nueva solución. Entonces, el pintor se somete al proyecto que hace por su cuenta la materia.*

Ángel Bonomini

*Según las ciencias de la vida, el arte no es el producto de algún espíritu encantado o de un alma metafísica, sino de algoritmos orgánicos que reconocen pautas matemáticas. Si es así, no hay razón por la que algoritmos no orgánicos no puedan dominar el arte.*

Yuval Noah Harari





## introducción

Haraganería pura, ¿hartazgo?, sí, talvez... ¡abiertamente lo digo! Cuarenta largos años de venir operando máquinas algo débiles o bastante potentes a fin uno de hacerse de tal o cual objetivo gráfico, programa de diseño asistido, animación digital y virtualidades a granel, allí donde, por lo regular, ¡el operador yo mismo!, su diestra primero, moviendo mi *mouse* sobre la limitada superficie del *pad* a efectos de guiar al puntero por el escritorio de pantalla chica pantalla grande, que tales menús y desplegables y ventanas y clic acá clic allá; luego sumarme la zurda cuando la fractura de mi meñique derecho; clic y clic y pueda ser una mano, la opuesta, los veinte centímetros, aproximadamente, por otros veinte centímetros ¡inamovibles!... acotado movimiento, sí, cuatrocientos centímetros cuadrados aproximadamente de lisa parcela donde mecer el aparatito, van acumulándose los centímetros de su desplazamiento, por más que sea traslado cortísimo, van *aceleradamente*, seguro decenas de metros en apenas una hora, centenares al día, millares al mes, ya decenas de kilómetros al año, muchos centenares en estos cuarenta largos años de operador yo mismo, ¡bah!... es hora de que trabaje mayormente la máquina *sola* —pienso—; ¡hartazgo!, sí, seguro... que disponga de sus recursos informáticos y produzca, cree, saque de su factoría de silicio cosa que me sorprenda mientras acaso la miro, punto. Mejor alternativa todavía: mientras esté yo comiendo/durmiendo/paseando mi perro/pedaleando mi bicicleta fija... que las *activaciones* en pos del específico cometido que pueda haberle conferido provengan *en exclusivo* de su lógica, programada determinísticamente, bien aleatoriamente, se verá; provengan de su cómputo/trabajo *duro*.

Por otra parte, lo que he manifestado no surge gratuitamente, de golpe, como simple pensamiento trasnochado que se me pudiera haber ocurrido porque sí, producto repentino de mi cansancio de ya medio controversial usuario; se trata de conceptos alcanzados en ocasiones anteriores y, porque no quiero repetirme, sugiero la lectura del fragmento: «La *selección* como todo proceso de realización artística...», en *Impresiones oculares en una visita*, pp. 96-97.

Hartazgo, sí, pero también, ¡joj!, *ludicidad*. Ese sábado 6 de agosto de 2022, cuando sentados a la mesa de nuestro balcón aterrazado, lápiz y papel y *dado* mediante, Carmen, a propuesta mía —venía ya discuriendo su posibilidad—,

obteniendo con su tiro primero 2 luego 5, trazó su rectángulo grande sobre la cuadrícula, dimos inicio al proyecto que hoy me tiene queriendo cristalizar algunas ideas en este documento.

Si se trata de presentar ideas, explicarlas y difundirlas... arranco por esta principal: *escribir un escueto programa que dibuje*; motivación esencial, absolutamente clara desde la fecha mencionada. Desarrollar un código que pueda *generar*, a partir de cierto repertorio de figuras y tamaños, *un dibujo geométrico*. Pero *¿qué dibujo geométrico?*, ¡porque los hay a montones! Estamos inmersos en una geometría barata. Cada día me lo verifica la web: el abrumador exhibicionismo galerista, la producción algorítmica de trazos a repetición en innumerables “artistas” digitales, o los *collages* jartificiales inteligentes!, y su tantísima materia redundante de toda redundancia... ¡tanto, pero tanto! que su copiosidad acaso pudiera llegar a movilizar esta premisa: ¡la geometría ya *no* tiene respuesta!, ninguna cosa potable que dar.

•

Sin embargo, compruebo que desafían estas excepciones a la regla fiera: los aluminios irregulares, impresos por sublimación, en el último Manfred Mohr; el imperfectible juego de cintas ilusorias y dobleces (incluido su dibujo negro) de Terry Haggerty; la volumetría minimalista, surtida de plegaduras, de Robert Moreland; los cubículos compartimentados y demás escultura polícroma/ transparente del heterogéneo Liam Gillick; el arquitectónico geometrismo de Nathalie Du Pasquier; el entramado de cuerdas tensas alrededor de un arreglo de clavijas de Dmitri Cherniak; o la tenaz actividad indagadora de Tyler Hobbs donde la geometría le prolifera por un envidiable registro de factibilidades algorítmicas. Acaso podríamos extender esta nómina parcial.

•

Aunque siendo las opciones ordinarias: *estilización* o *bastardeo* de la herencia geométrica de las artes, una geometría barata, normalmente, se da por descontado.

Desde dicho contexto me pregunto: ¿habrá hoy cierta geometría con la que yo pudiera contribuir, y formular alguna propuesta superadora? ¿Habrá hoy cierta composición armada de figuras elementales en estado de hacer algún aporte mínimamente “sustancial” a las artes visuales?, ¡habiéndose ya hecho tantísimos y tan excelentes! (Y dejo “sustancial” entrecomillado pretendiendo plantar un extremo, cierta situación ideal). Aunque la geometría como ciencia, más exactamente, la sumatoria de figuras elementales (—alisto— paralelogramo, triángulo, polígono, círculo...) sigue siendo la misma (¡vaya perogrullada!) desde tiempos del ignoto profesor Euclides y su tratado de los *Elementos*. Aquí no hay opción; ¡y tampoco deseo que la haya!, porque fueron y son y serán ellas *universales*. A tal *universalidad* apunto, más allá de cualquier efectiva

redundancia que se verifique, como sí se verifica —lo reitero—. Porque la geometría no sabe de modas, está más allá de la deprecación o de cualquier obsolescencia. La problemática viene con el uso; peor aún, el abuso... que la terminó por abaratar, adocenar y convertir en adorno; por arrancarle su potencia reconstituyente, sugestiva. Por eso debo despabilar el ingenio del ingeniero. ¡Porque nada de generatividad ultrarrepetitiva, nada de geometrización ornamental! Entre mi haber andan estos dos antecedentes: estética madí (no la reniego, pero busco no diría superación... alternativa, mejor; a lo sumo cierto homenaje talvez) y las algo más actuales *exografías*. Estas últimas impusieron una concepción: en ellas existe figura geométrica... polígonos y secciones cónicas, aunque, luego dicha geometría simple va conjuntando puntos y líneas y cruces y flechas y repentizaciones a toda marcha, para constituir una notación especulativa, como ya lo dilucidé por otro sitio.

A mediados de 2022, cuando decidí rescatar una digitalización de mis *exografías* acometida diez años atrás, y derivar una pieza materializada con aluminio, mecanizada mediante corte láser y control numérico computarizado, que devino en la *exoplaca-053c*, también alineé mis intenciones artísticas *a futuro*, haciéndolas apuntar a la producción electrónica primero de ciertos objetos a los que luego, factiblemente, darle sustancia metálica real.

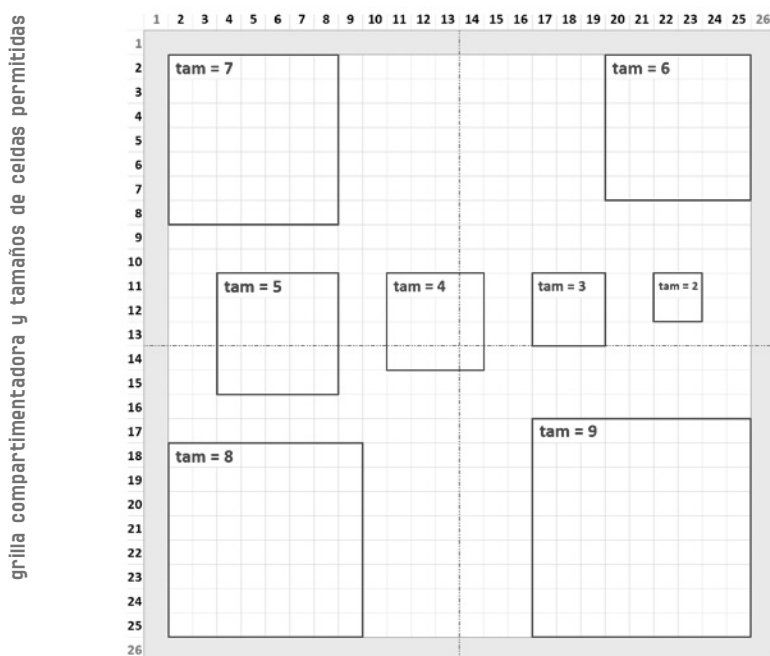
A propósito de nuestro viaje (de Carmen y mío) por el noreste de los Estados Unidos, durante mayo del año recién indicado, recalamos en su capital, Washington D. C.; más allá de sus inevitables atractivos, aterrizamos animados por una motivación especial: acudir a la Galería Nacional de Arte. Su visita nos resultó muy provechosa: Leonardo da Vinci, Giuseppe Arcimboldo, ¡ni qué decir El Bosco!, no son usuales en América. Sin embargo, sería su formidable Museo Nacional de Historia Natural, administrado por el Instituto Smithsonian, el que me depararía (¡divina vida que nos ofrece sorpresas inimaginables y tuerce nuestro rumbo tantas veces para bien o todavía para muchísimo mejor!) una sacudida de maravilla *geológica*. Por entre su colección apabullante, variopinta, se me destacaron: un ejemplar español —estrictamente, riojano— de *pirita*, luciendo cubos a puro brillo casi perfectos, y otro de *fluorita*, procedente de Illinois, donde su profusión atractiva de cristalitos encarnados me hizo percibir una volumetría... ¡computacional!

Tiempo después, alguna vuelta de tuerca, mentalmente hablando, ¿varias acaso?, me llevarían a dar este pequeño salto respecto de mi trabajo: que fueran, ahora, *cuerpos* o *sólidos* esencialmente *prismáticos*, apoyados debajo, que brotaran atravesando cierta superficie plana calada. Ya no más el ahuecado fino contorno de la figura, sino la figura tridimensionalizada (¡herencia de mis *pinturas-relieve* de los años noventa!). La jerga de diseño suele manejar este sustantivo particular: *extrusión*; y será nomás este procedimiento lo que yo disponga para generar un

objeto tridimensional a partir de la figura plana que sea. Mi conjunto de partida, *la composición*, involucra figuras exclusivamente bidimensionales; extruidas *a posteriori*, más algunas operaciones anexas, emergerán en el espacio, sea virtual o real, envueltas en una nueva *corporeidad*.

Esto significa que debo verme provisto de composiciones geométricas a modo de materia prima. La solución informática que desarrolle, ¡la que terminé desarrollando!, funcionará como productora *masiva* de composiciones *endográficas*. Inicialmente la máquina deberá colocar una figura cuadrada, de vértices oportunamente redondeados, que funcione como recinto contenedor o *base*, dentro de la cual irá dispuesta la serie de figuras integrante de cada dibujo.

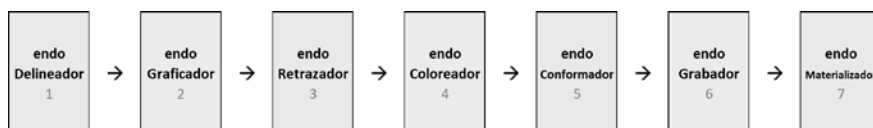
Antes de proseguir, y siendo que ambos conceptos intervendrán inmediatamente, defino: *celdilla* como la *mínima* división identificable en la compartimentación de dicha base (nótese los pequeños recuadros en la siguiente ilustración); y *celda* como cualquier agrupamiento *cuadrado* de celdillas contiguas (los recuadros azules de mayor tamaño).



Diversas especulaciones constructivas —acerca de las que voy a decir, estrictamente, que desde los inicios de mi proyecto planeaba una obra de no más de 400 milímetros de lado (finalmente 390 milímetros), dividida por celdillas cuadradas que resultaron ser de 15 milímetros— me llevaron a concluir que:

1) dicho recinto tendrá una *grilla* compartimentadora de 26 por 26 celdillas aplicada, donde un contorno de 1 celdilla de ancho representará su zona *prohibida*, de lo que se deduce sencillamente que la superficie remanente disponible será de 24 por 24 celdillas útiles (o sea, 576); 2) la figura menor ocupará una superficie de inscripción o celda, siempre cuadrada, de 2 celdillas de lado (lo que supone 30 milímetros) y la mayor, de 9; y 3) *no* se admitirá el *solapamiento* de las figuras que vayan a formar parte del dibujo, vale decir, que las celdas podrán ser, como mucho, *contiguas*.

Con estas especificaciones iniciales arranqué, por agosto de 2022, dentro del entorno de diseño provisto por el Autodesk 3ds Max y su *scripting language* propietario MAXScript orientado a objetos, la programación de mi proyecto. El paquete informático, bautizado **Los endoX**, consta hoy de los *siete* módulos independientes que se detallan a continuación:



- 1) **endoDelineador**: generación automática de micro-imágenes para posterior delineamiento de diseños endográficos.
- 2) **endoGraficador**: generación automática de diseños endográficos.
- 3) **endoRetrazador**: repetición automática del trazado de cierto diseño endográfico particular, y su guarda.
- 4) **endoColoreador**: coloración automática de cierto diseño endográfico particular.
- 5) **endoConformador**: conformación tridimensional automática de cierto diseño endográfico particular.
- 6) **endoGrabador**: grabado superficial automático de placas frontales y tapa posterior en obra ya conformada.
- 7) **endoMaterializador**: aplicación automática de materiales a obra ya grabada.

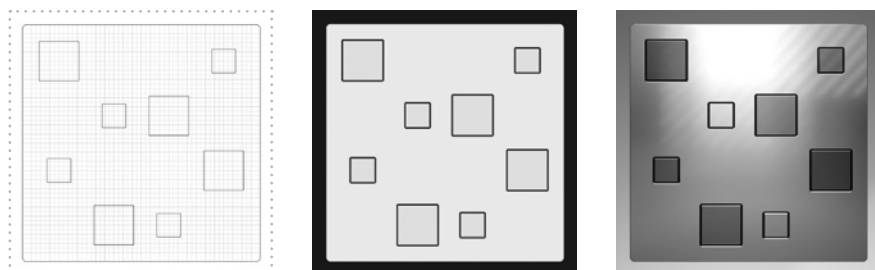
•

Para decirlo de manera resumida, mi presente trabajo se centra en la exploración *automatizada* de una geometría euclidiana de figuras elementales, y en la relación entre *azar* y *control* en el arte digital. Asimismo, confluyen en él consideraciones propias del diseño industrial, y la posterior *cocreación* con el espectador/interactor en un entorno *tridimensional interactivo*.

En este contexto, las obras digitales que presento se denominan **endorrelieves**, y consisten en modelos 3D cuyas caras frontales exhiben una composición

geométrica generada mediante procesos *aleatorios automáticos*, dentro de una configuración específica definida previamente por el autor. (Aquí téngase presente, respecto del aleatorio proceso involucrado por el **endoGraficador**, el pasaje titulado «La plataforma digital como involuntaria productora de información», en *Maquinado aditivo en artes visuales*, pp. 55-60).

Estos *endorrelieves* comprenden una primera etapa de arte geométrico *bidimensional* generativo; seguida de otra de *tridimensionalización* automatizada, con su correspondiente producción imagética; y, finalmente, también una etapa de carácter *interactivo*.



Las imágenes anteriores ejemplifican dichas tres etapas: la *endografía#17553*; su conformación tridimensional; y el *endorrelieve#000* de muestra.

Una vez concluida la propuesta —aún en su inicial etapa productiva y en desarrollo paulatino—, ofrecerá un catálogo final de 576 obras individuales únicas, dispuestas en una grilla de 24 filas por 24 columnas. Obras cuya temática todavía no está completamente definida, aunque sepa que se constituirán a partir de una geometría elemental y un alto grado de abstracción, cuando no directamente una no representatividad absoluta, como sucede hoy mismo.

•

A diferencia de otros proyectos generativos, es imprescindible aclararlo, aquí la generatividad algorítmica queda *reservada* al autor, mientras que el espectador accede a una obra ya planteada —ilo que no quiere decir terminada!—. Motivos habrá; veámoslos...

Antes que nada, es necesario considerar las tareas que deben cumplirse para producir un *endorrelieve*. Estas son: 1) generar su composición bidimensional; 2) aplicarle color; 3) conformarlo tridimensionalmente; 4) grabar la superficie de su placa frontal y una leyenda informativa en su tapa posterior; 5) aplicar materiales a la obra ya grabada; 6) exportarla en un formato adecuado para su visualización mediante WebGL en navegadores web; y 7) garantizar que dicho acceso pueda realizarse, una vez obtenida la obra, fuera de línea, en consonancia con el concepto de *descentralización*.

Dada la complejidad de la cadena productiva, este sistema se automatizó mediante 3ds Max y su lenguaje MAXScript, que permite manipular directamente dicho programa con capacidades que ningún *framework* web podría igualar. Esta plataforma ofrece modelado avanzado con pila de modificadores, edición versátil de la geometría, parametrización y optimizaciones diversas, funciones que resultarían difíciles de replicar en paquetes como p5.js, Three.js o Processing, potentes para visualización interactiva y generativa, pero limitados en modelado e integración con flujos de producción 3D. Justamente, estas características hacen que no sea posible ofrecer al interactor un sistema que le permita desarrollar el procedimiento generativo por sí mismo, reservando dicha capacidad exclusivamente al autor.

Otra cuestión fundamental, respecto a la reserva del proceso generativo para el autor, radica en su función —por ahora intransferible— como *selector* y *validador* entre la miríada de formulaciones generadas masivamente, de las cuales una minoría, solamente, posee cierto valor estético, ¡reconozcámoslo!

La solución informática desarrollada funciona como productora *masiva* de composiciones que di en llamar *endografías* —*endo* se refiere a interior o endógeno, ya que los dibujos y sus transformaciones se generan internamente, *in silico*, según las reglas de cada programa de la *suite*—. Precisemos...

De la producción bidimensional: *endografía*.

De su tridimensionalización: *endorrelieve*.

•

Intentando desechar ese detallismo técnico superabundante que degrada cualquier efecto comunicativo llano que pueda pretender uno, siendo que mi texto no quiere ser una guía del usuario, ni publicación informática, ni cosa semejante, sino solo la comunicación estricta de mi proyecto de generación endográfica, voy a realizar, a continuación, una presentación eminentemente funcional, utilitaria, de cada programa. Sí, la motivación es *artística*, prioritariamente; por eso, cuando necesite hacer uso de ciertas expresiones informáticas o matemáticas, ellas irán acompañadas por una breve descripción.





## endoGraficador

¡No! ¡No hay error de compaginación! Arranco por el capítulo 2. La razón es evidente, casi: trata del **endoGraficador**, el inicio, la primera pieza programada de la *suite*. Si bien, en el esquema funcional, es antecedido por el **endoDelineador**, este programa deriva del **endoGraficador**, es una consecuencia suya, porque copia buena parte de su código, con adaptaciones, a lo que me referiré después. El **endoGraficador** es el iniciático programa-madre/padre, puntapié de partida, modesto/grandioso comienzo.

Este programa, pensado para la producción automática de dibujos geométricos *aleatorizados* o *endografías*, consta de *tres rutinas* o secciones fundamentales:

La *primera*, que podría decirse que mayormente se corresponde con lo que denominé *interfaz del usuario*, contiene la definición exhaustiva de una serie de *vectores informáticos* asociados a los elementos a dibujar, es decir, a las figuras geométricas incluidas (segmento, rectángulo, triángulo, cuadrado, etc.), y la de otra serie de *variables* que, como disposiciones iniciales, controlan, por ejemplo, la repetición del proceso de dibujo, su delineamiento particular, o la habilitación de diversos modos y servicios... acerca de los que hablaré más adelante.

Un *array* o vector informático (desde aquí, *vector* a secas) es una colección *unidimensional* ordenada de datos —para los casos que nos ocupa— numéricos.

La *segunda* rutina, que comprende la cuarta parte del programa, contiene un amplio conjunto de definiciones de *funciones* generales y gráficas específicas... cuya discusión está más allá de las incumbencias de la presente obra, que tiene por objeto nomás apuntar a lo conceptual, y no a tecnicismos inherentes a la programación de computadoras.

Finalmente, la *tercera* rutina, verdadero *núcleo* del programa —sus dos terceras partes—, gestiona el proceso de generación y posterior evaluación estadística del dibujo. Me referiré a ella en la sección última del presente capítulo.

## la interfaz

Como mis programas *no* poseen interfaz gráfica, el usuario —vale decir, ¡yo mismo!— *no* tiene a su disposición un artefacto/gestor amigable con quien

interactuar; así lo quise para su implementación original, ¡y sabré si terminará por contar a futuro con alguna!, que hoy francamente no la considero necesaria ni prioritaria, dado que no se trata de un emprendimiento comercial o de uno del que pretenda realizarse su distribución. ¡Es una simple solución informática *personal* y personalizada!; bueno, simple, lo que se dice simple... quizá no lo sea tanto. La *suite* completa me tuvo ¡por un año largo! programando más de 10.000 líneas de código totales (incluido comentarios; de los que se derivó, en alguna medida, este mismo libro) con el antedicho MAXScript, ¡más otro par! de mejoras, expansiones y depuraciones, que le sumó, mínimo, 4.000 líneas adicionales; además del extenso desarrollo teórico —¿quizá vea la luz algún día?— que discurre por 10.000 filas, a pantalla 4K completa, en dos planillas kilométricas.

Aclarado lo cual, entiéndase por *interfaz* al espacio del **endoGraficador** —aplica la misma cosa para el resto de los programas en el paquete— donde se halla el código que debo manipular a efectos de poderle comunicar al programa mis requerimientos específicos. Antes de la ejecución del **endoGraficador**, se deben efectuar aquellos ajustes imprescindibles para que su sesión productiva se desarrolle de acuerdo a las necesidades del usuario.

## a. definición general de vectores

La interfaz aludida cuenta con una variedad amplia de definiciones que hacen a las características generales de cada sesión productiva de diseños endográficos: el repertorio de figuras y sus atributos, el mapeo de delineamiento, los posibles modos de funcionamiento, las salidas numéricas y visuales, etc.

El repertorio de figuras y sus atributos, utilizado para generar un dibujo, viene determinado mediante *cinco* vectores definidos al inicio por el usuario.

En primer término, se procede a la definición de dichos vectores asociados a los varios atributos de los elementos a dibujar: 1) *densidad*, 2) *clase* de figura, 3) *distanciamiento*, 4) *tamaño* y 5) *orientación*.

Básicamente, cada vector incluye los valores *relativos* asociados a los atributos que represente. A estos vectores, que alojan dichos valores relativos de *ocurrencia esperada* de cada característica, los denomino *compactos*. Si se trata de la clase de figura, el vector compacto correspondiente alojará las ocurrencias esperadas para cada clase. Si se divide dicho valor por la suma total de los valores alojados en el vector compacto, se obtiene la *probabilidad* asociada a cada clase de figura. Si el vector en cuestión, por ejemplo, se dispusiera para que solamente se dibujasen triángulos y cuadrados, y el número asociado a la primera figura fuera 2 y el asociado a la segunda, 3, entonces la probabilidad de obtención de un triángulo sería de  $2/(2 + 3)$ , o sea, del 40 %, mientras que la de un cuadrado,

del 60 % restante. Se utilizan otros vectores, internamente, derivados de los vectores compactos, a los que denomino *explícitos*, ya que, precisamente, hacen explícitos a los distintos valores de peso, mediante una disposición repetida de sus elementos representativos. En el ejemplo anterior del vector compacto (2, 3), su vector explícito sería (3, 3, 4, 4, 4); la figura número 3, que representa un triángulo, aparece repetida dos veces, mientras que la número 4, que representa un cuadrado, tres veces.

En consecuencia, queda planteado de antemano, como posibilidad, el criterio de características *ponderadas* o *no equiprobables*, o —dicho de otra forma— donde las probabilidades, del atributo que sea, puedan ser entre sí *distintas*. Evidentemente, si se pretende llevar a cabo un proceso *equiprobable* —donde las probabilidades puedan ser *iguales*—, no se necesita más que cargar en todos los vectores involucrados el mismo valor unitario.

Seguidamente, se detallarán algunos conceptos asociados a la definición de los cinco vectores compactos intervinientes.

## 1. densidad

Determinación del grado de *poblamiento* de figuras en el dibujo.

El usuario primero puede habilitar aquí, mediante la correspondiente variable booleana, la limitación de la cantidad máxima de figuras que compondrán un dibujo; y, en tal caso, determinar dicha cantidad máxima.

Como primer concepto general aplicado al dibujo, se necesita definir una variable que regule cuán denso o poblado será, vale decir, si todas las ubicaciones o celdillas —coordinadas por columna (eje de abscisas) y fila (eje de ordenadas)— llevarán o no figura —o su “porción”— asignada.

- 1) Cuando dicha variable *densidad* resulte *nula*, no se dibujará figura, vale decir, se saltará la celdilla evaluada en el proceso de asignación.
- 2) En cambio, cuando resulte *unitaria*, la celdilla evaluada llevará figura —o su “porción”—, o sea, no se saltará el proceso de asignación.

Se define para tal fin un primer vector compacto, con únicamente *dos* valores correspondientes a los dos únicos estados posibles antes indicados.

Respecto de la densidad, pueden definirse dos casos extremos:

- 1) Caso extremo *inferior*: (1, 0) significa dibujo *vacío*; *ninguna* celdilla tendrá figura asignada; es el *mínimo* nivel de poblamiento del dibujo.
- 2) Caso extremo *superior*: (0, 1) significa dibujo *lleno*; *todas* las celdillas, factibles de asignar, tendrán asignada figura; es el *máximo* nivel de poblamiento del dibujo.

Siendo que las densidades pueden ser *ponderadas* o *no equiprobables* —como ya lo he mencionado—, la probabilidad de ocurrencia de la *no* asignación puede ser distinta de la de asignación.

El primer elemento del vector compacto representa el valor ponderado destinado a la *no* asignación; el segundo, a la asignación efectiva.

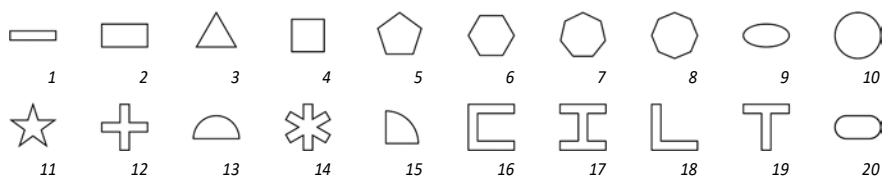
Por ejemplo, si el vector *densidad* fuera igual a (1, 3), habría una probabilidad *teórica* del 25 % de que *no* se asigne figura a la celdilla, y una del 75 % de que *sí* se le asigne.

Señalo, como detalle significativo, que nuestro vector actúa *en conjunto* con el *mapa de delineamiento* (ya se revelará más adelante de qué se trata), prevaleciendo siempre las opciones de dibujo establecidas por este último.

## 2. clase de figura

Determinación de las clases de figuras.

Este segundo vector compacto aloja los grados *relativos* de ocurrencia individual de cada una de las *veinte clases* de figuras geométricas distintas implementadas a la fecha: 1) segmento, 2) rectángulo, 3) triángulo, 4) cuadrado, 5) pentágono, 6) hexágono, 7) heptágono, 8) octógono, 9) elipse, 10) círculo, 11) estrella pentagonal, 12) cruz, 13) semicírculo, 14) asterisco, 15) sector circular, 16) perfil C, 17) perfil I, 18) perfil L, 19) perfil T y 20) estadio.



Por ejemplo, si se buscara la equiprobabilidad entre todas las figuras, este vector asumiría la siguiente forma: (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1).

Un supuesto caso de triángulos, cuadrados (con su chance duplicada) y círculos únicamente, requeriría la siguiente secuencia: (0, 0, 1, 2, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0).

## recálculo de ponderación

A efectos de modificar, durante la ejecución del programa, los valores de ocurrencia de cada característica, se implementó un procedimiento llamado *recálculo de ponderación*.

Para ello, se debe fijar una constante de modificación de la ocurrencia individual.

Cuando su valor sea *positivo*, se *reforzará* la probabilidad a futuro de ocurrencia de la correspondiente característica; esto equivale a un ejercicio aleatorio *sesgado*; vale decir, aquella característica ocurrida más recientemente, verá incrementada su probabilidad de ocurrencia para el próximo ciclo de dibujo de la siguiente figura.

Cuando su valor sea *nulo*, este recálculo quedará *deshabilitado*, respetándose durante todos los ciclos de dibujo los valores originales aportados por el usuario.

Cuando su valor, en cambio, sea *negativo*, se *debilitará* la probabilidad a futuro de ocurrencia de la correspondiente característica; esto equivale a un ejercicio aleatorio *sin reposición*.

Este recálculo puede habilitarse de manera independiente para las clases de figuras, los tamaños y las orientaciones.

### 3. distanciamiento

Determinación de los espacios alrededor de las figuras.

Se disponen *dos* únicos valores de *distanciamiento* posibles para las figuras: el nulo y el unitario; implicando figuras “pegadas” o, contrariamente, separadas por una distancia igual a 1 celdilla vacía.

Este tercer vector compacto aloja los grados *relativos* de ocurrencia de ambas distancias.

Aquí se aplica también el criterio de distanciamientos *ponderados* o *no equiprobables*, o sea, donde la probabilidad de distanciamiento nulo puede ser distinta de la del unitario.

La primera posición representa el valor *ponderado* destinado al distanciamiento nulo, y la segunda, al unitario.

Por ejemplo, si este vector fuera igual a (1, 0), las figuras estarían una junto a la otra, vale decir, su distanciamiento siempre sería nulo. Contrariamente, si fuera igual a (0, 1), las figuras estarían siempre distanciadas por 1 celdilla vacía.

Si, en cambio, el vector *distanciamiento* fuera igual a (1, 2) habría una probabilidad del 33,33 % de distanciamiento nulo, y otra del 66,67 % de unitario.

### 4. tamaño

Determinación de los tamaños de las figuras.

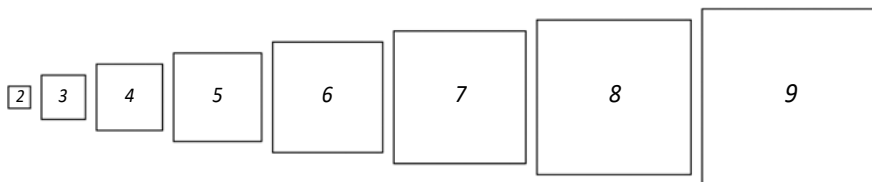
Se disponen *ocho* valores de *tamaño* posibles para las figuras.

Como ya lo he señalado más arriba, la figura menor ocupará una celda cuadrada de 2 celdillas de lado, por ende, se la referirá como poseyendo un tamaño 2;

la mayor, de 9 celdillas de lado, consecuentemente, un tamaño 9.

*No habrá figuras de tamaño unitario.*

Este cuarto vector compacto aloja los grados *relativos* de ocurrencia de cada tamaño posible de figura.



Nuevamente, se aplica el criterio de tamaños *ponderados* o *no equiprobables*, o sea, donde las probabilidades pueden ser distintas entre sí.

La primera posición, ¡siempre nula!, representa al inexistente tamaño 1; la segunda, al tamaño 2; y así sucesivamente.

Si bien el vector (0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) representaría la ponderación equiprobable teórica de los tamaños, en la práctica *no* se ve reflejada tal equiprobabilidad, ya que se verifica un importante *sesgado* a favor de los elementos menores, a consecuencia de que, a medida que van evaluándose las celdillas y asignándose principalmente figuras de tamaño mayor, van apareciendo restricciones en el espacio. Estas restricciones obligan al emplazamiento de figuras cada vez de menor tamaño, haciendo crecer así su número, comparativamente. El “defecto” no sería del todo novedoso; mostraría *cierta* similitud en su comportamiento a los fenómenos alcanzados por la logarítmica ley de Benford, respecto de la preponderancia de la primera cifra significativa de un conjunto de números.

A propósito, debí llevar a cabo un análisis estadístico para cuantificar este sesgado, con el objeto de procurar luego contrarrestarlo mediante la asignación de valores que puedan asegurar una mejor distribución de la probabilidad. O, para decirlo de otro modo, para asegurarme que la obra no terminara superpoblándose de figuras de tamaño menor.

Esta situación anómala se consiguió atenuar, aunque ligeramente, con la siguiente composición del vector de *tamaños* ponderados: (0, 1, 1, 2, 3, 4, 6, 6, 8).

Debe mencionarse también que el usuario puede activar un *limitador* de ocurrencia del tamaño 2, recomendándose una proporción de no más del 50 %.

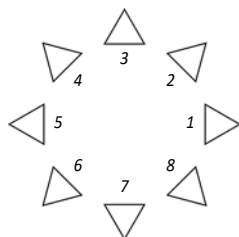
## 5. orientación

Determinación de las orientaciones de las figuras.

Se disponen *ocho* valores de *orientación* posibles para las figuras; a saber: 1) este, 2) noreste, 3) norte, 4) noroeste, 5) oeste, 6) sudoeste, 7) sur y 8) sudeste.

Los números impares representan a los puntos cardinales; los pares, a sus puntos intermedios.

Este quinto y último vector compacto aloja los valores *relativos* de ocurrencia de las referidas orientaciones.



Se aplica, de nuevo, el criterio de orientaciones *ponderadas* o *no equiprobables*, o sea, donde las probabilidades pueden ser distintas entre sí.

El primer elemento del vector representa la orientación este; el segundo, la noreste; el tercero, la norte; y así sucesivamente.

Por ejemplo, el vector (1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) representa la ponderación equiprobable de las orientaciones. A partir de (1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0) se obtendrán figuras orientadas hacia los cuatro puntos cardinales únicamente.

En cambio, (1, 2, 1, 2, 1, 2, 1, 2) privilegia doblemente a las cuatro orientaciones oblicuas por sobre las ortogonales.

Una variable booleana permite la habilitación de la rotación en 45° de los sectores circulares, para lograr la alineación de sus radios con los lados de los cuadrados.

## 6. Figuras preexistentes

Si bien el **endoGraficador** fue concebido como programa de producción *automática* de diseños endográficos, a partir de una profusión de datos aportados por el usuario, contempla la posibilidad accesoria de trazar, al inicio de su funcionamiento, la serie predeterminada de figuras que le pueda requerir este, para, restringiéndose nomás a dicha serie, dar inmediatamente por concluido el bucle de producción, o bien continuar *a posteriori* con el proceso aleatorizado de dibujo.

La subrutina de trazado de figuras preexistentes utiliza *seis* vectores adicionales mediante los que se define, para cada una, su 1) *fila*, 2) *columna*, 3) *clase*, 4) *distanciamiento*, 5) *tamaño* y 6) *orientación*; datos estos que deben ser proporcionados en su totalidad por el usuario.

## b. definición de variables adicionales

El programa dispone de un importante conjunto de variables asociadas a los numerosos atributos y disposiciones iniciales.

### 1. extensión de la sesión productiva

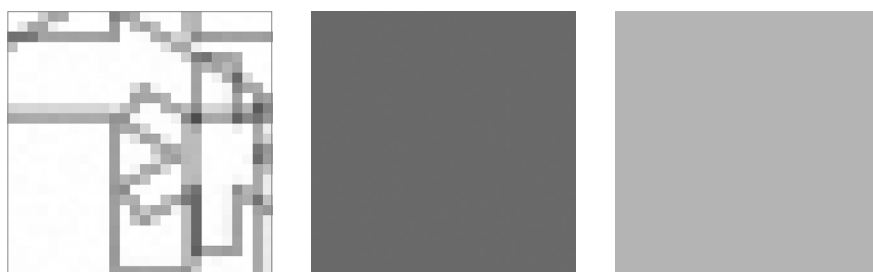
El usuario define la *cantidad* de dibujos a generar en cada ejecución del programa.

### 2. mapeo de delineamiento

El *endoGraficador* utiliza los denominados *mapas de delineamiento*, como guía definitoria de la estructura de cada dibujo. Un mapa de delineamiento prescribe tanto los niveles de *poblamiento* dentro del área disponible para dibujo, como las posiciones aproximadas de los elementos gráficos. Pueden coexistir en él hasta tres zonas distintas: 1) de dibujo *prohibido*, 2) de dibujo *probable*, y 3) de dibujo *seguro*; vale decir, zonas donde *no* estará permitido alojar figura, donde será el *azar* el que lo decida, y donde irán emplazadas *obligatoriamente*.

Además, es posible, para una determinada sesión productiva, señalarle al programa el número de mapa inicial y la cantidad máxima de dibujos a generar por cada mapa utilizado; alcanzada esta cantidad, se continuará con el siguiente.

Cada mapa puede quedar integrado por una disposición de las zonas antedichas, en una imagen cuadrada de 26 píxeles totales de lado, pero también constar de un pequeño dibujo lineal, con segmentos rectos o curvos o figuras geométricas, respondiendo siempre sus trazos a las tres alternativas de dibujo citadas.



Hay dos mapas especiales: uno que presenta una superficie completamente gris oscura (*endoDel17*; véase ilustración al centro), que denota el *obligado* dibujo de figuras, en tanto se necesite la ocupación íntegra del área disponible; otro que presenta una superficie completamente gris clara (*endoDel18*; a la derecha), donde la condición de dibujo se define de modo aleatorio, para cuando se persiga un índice de ocupación menor a la unidad... acaso el de mayor utilidad.



### 3. modos de funcionamiento

El *endoGraficador* es un programa de generación automática de dibujos *aleatorizados*; uno que trabaja regido por un algoritmo generador de números pseudoaleatorios (interno del 3ds Max en el que corre), complementado por una *semilla* dependiente del calendario y el reloj, entonces, *irrepetible*. (La semilla es el número con el que se inicia la generación pseudoaleatoria, decretando su secuencia). Su aleatoriedad, en una primera instancia, se refiere *solamente* al proceso de *selección* de los atributos específicos de cada figura, que resulta de carácter azaroso, realizado sobre los vectores cuyos contenidos vienen *determinados* por el usuario; modo que permanece habilitado por defecto. Sin embargo, él puede extender esta aleatoriedad incluso a la determinación o carga de los propios vectores compactos, extendiendo, consecuentemente, su incertidumbre desde la puntual ocurrencia de las figuras a la propia definición del repertorio completo de características, obteniendo un sistema de generación *impredecible*; más allá del hecho de que se conozca de antemano cuáles elementos están en condiciones de integrar cualquier selección que pudiera realizar el programa: las consabidas veinte clases de figuras, sus ocho posibles tamaños, etc. Este modo debe ser habilitado de manera explícita.

También existe la posibilidad, variable booleana de por medio, de habilitar un modo *mixto* de carga de los cinco vectores primarios *alternativa*, permitiéndoles oscilar, a lo largo de la misma sesión productiva, entre la determinada por el usuario y la de carácter aleatorio. Resulta posible configurar, en este modo *aleatorio*, las tres cantidades *mínimas* de clases de figuras, tamaños y orientaciones disponibles en los vectores correspondientes, a efectos de, si fuera lo que se busca, frustrar el dibujo de diseños excesivamente simplificados.

Para concluir, otra variable booleana permite la habilitación del modo de recarga automático aleatorio, pero referido al vector compacto *densidad exclusivamente*; lo que significa que se mantiene habilitado el método determinístico para los cuatro vectores primarios restantes. La configuración del vector primario *densidad* impacta directamente sobre el grado de ocupación del área de dibujo disponible; lo que resulta mucho más evidente cuando, configurado para delineamiento el segundo mapa especial antes indicado, se persigue la evaluación aleatoria del área de dibujo disponible *completa*. En este caso, por ejemplo, un vector *densidad* (1, 1) asegurará un índice de ocupación aproximadamente igual a 0,5; un vector (3, 1), un índice aproximadamente igual a 0,25; etc. Como detalle propio ya de la implementación informática, puede precisarse que, internamente, la subrutina correspondiente dispone de dos posibilidades de recarga del vector *densidad*: una *equiprobable* (generalmente deshabilitada) y otra *sesgada* hacia valores menores de 0,5, lo que favorece la producción de composiciones endográficas con un grado menor de poblamiento de figuras (evitando así cualquier abarrotamiento).

#### 4. desordenado versus ordenado (*parificación e imparificación*)

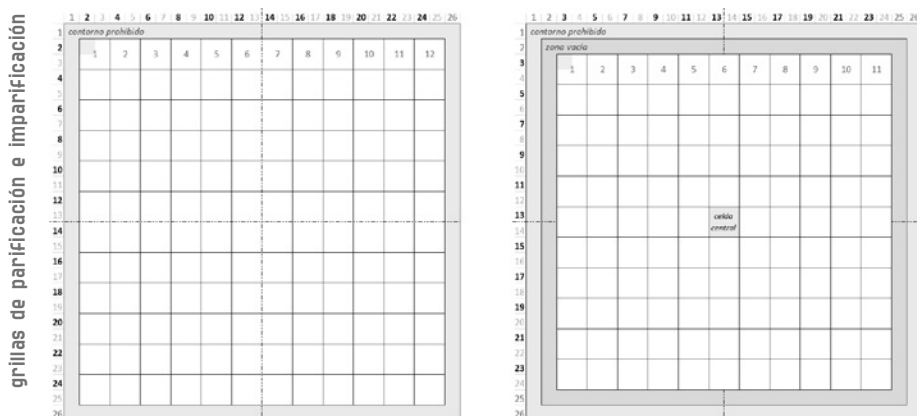
Dentro del proceso de selección aleatoria de los atributos de cada figura, se halla su *posición*, internamente gestionada mediante la dupla *fila-columna*. Justamente por tratarse de un proceso aleatorio, ambas pueden asumir cualquiera de los valores admisibles: entre 2 y 25 (recuérdese que tanto la posición 1 como la 26 están vedadas ya que pertenecen al contorno vacío). Si se deja, como suele suceder, librado al azar el proceso de determinación *irrestringida* de fila y columna, estas podrán asumir, es obvio, valores tanto pares como impares, dentro de dicho rango; y, siendo que al programa se le permita operar con el vector compacto de *tamaños* completo, el diseño resultante vendrá caracterizado por un evidente “desorden”, ordenamiento caprichoso, desarreglo de los elementos intervinientes.

Intentando contrarrestar esta traza más o menos “enrevesada” del dibujo —si fuera, por supuesto, lo que se busca, ¡porque bien uno podría contentarse con un arreglo visiblemente caótico!—, el **endoGraficador** incluye la habilitación eventual, siempre mediante su correspondiente variable booleana, de una segunda metodología de diseño, metodología *restrictiva*, con la que se podrá generar un dibujo cuyos elementos intervinientes ahora presenten una disposición “ordenada”, sin aparentes desplazamientos de media celda (tamaño 2), lo que supone la utilización efectiva de una grilla reducida de 12 por 12 celdas, y tamaños de figura *solamente pares* (2, 4, 6 y 8); siendo que tales figuras ostentarán como “vértice superior izquierdo” una celdilla doblemente *par*, una cuyos valores de fila y columna sean *ambos* números pares. El diseño resultante vendrá caracterizado por un ordenamiento más estricto, por un arreglo más “ortogonalizado” de sus elementos.

Aquí se hace necesario puntualizar que se adoptó, como elemento que permita la especificación exacta de la *posición* de cada figura, en vez de su centro, al antedicho *vértice superior izquierdo*... ¡que no es propiamente un vértice!, porque no es un punto, sino la *celdilla* superior izquierda de cualquier celda que contenga figura. Esta particular adopción responde al hecho de que, para figuras de tamaño par, y si se hubiera adoptado como elemento para la especificación exacta de su posición al centro de la celda, dicho punto podría justo caer en el límite que separa dos celdillas, con lo cual ya no sería posible tomar, para la medición, como unidad a la celdilla, un entero adimensional, uno que no tiene unidades físicas, sino que habría que recaer en los milímetros y, peor, en los decimales. Esto también algo más difícil de comunicar, ya que no podría referírsela más como, por ejemplo, la figura de tamaño 3, en fila 2, columna 2, con la facilidad que supone dicho sistema coordinado para la ubicación inmediata sobre la grilla, sino que habría que decir ahora: la figura cuyo centro se ubica en la abscisa igual a 37,5 mm y en la ordenada igual a 352,5 mm. Entonces, estaré refiriéndome a la mencionada celdilla toda vez que utilice la expresión “vértice superior izquierdo”.

Al rescate —nominal, al menos— de un verbo cancelado por su desuso, y dentro de los exclusivos alcances del presente trabajo, entiéndase por *parificar*: disponer los vértices superiores izquierdos de las figuras integrantes de un dibujo solo en celdillas cuyos valores de fila y columna sean ambos números *pares*. La *parificación* es: acción y efecto de parificar. Entonces puede hablarse de un dibujo *parificado* cuando resulta de una sesión productiva con la variable booleana de parificación habilitada.

Para lograr un integral aprovechamiento del espacio, la parificación debe procesarse junto con una limitación en los valores de tamaño a los exclusivamente *pares*. En cambio, cuando *no* se aplica restricción alguna, pueden ocurrir algunos indeseables “callejones” vacíos entre figuras.



Complementariamente, por *imparificar* entiéndase: disponer los vértices superiores izquierdos de las figuras integrantes de un dibujo solo en celdillas cuyos valores de fila y columna sean ambos números *impares*. La *imparificación* es entonces: acción y efecto de imparificar. Así puede hablarse de un dibujo *imparificado* cuando resulta de una sesión productiva con la variable booleana de imparificación habilitada.

Para lograr un integral aprovechamiento del espacio, la imparificación debe procesarse junto con una limitación en los valores de tamaño a los exclusivamente... ¡también *pares*! En cambio, cuando *no* se aplica restricción alguna, se puede producir alguna proyección indeseable de cierta figura hacia el “callejón” perimetral de 1 celdilla, superficie vacía característica de todo dibujo imparificado.

Siendo procesada junto con tamaños exclusivamente de valor 2, la imparificación origina dibujos que contienen algunas figuras perfectamente *centradas* respecto del eje horizontal de la base, del vertical o de ambos; esta situación es imposible de lograr mediante la parificación. Adicionalmente, la imparificación con figuras

tamaño 2 supone la utilización efectiva de una grilla reducida de 11 por 11 celdas, o sea, posibilita el emplazamiento máximo de 121 figuras.

## 5. archivos de datos numéricos

Como documento de la producción de cada dibujo, y cuantificación de su composición!, puede solicitarse la creación secuencial de un *archivo de datos numéricos* que, al finalizar el proceso, contendrá en su registro: 1) número de figura, 2) fila, 3) columna, 4) clase, 5) tamaño y 6) orientación; además de dos datos adicionales que serán útiles a la hora de calcular la probabilidad asociada al tamaño resultante: los espacios 7) mínimo y 8) máximo disponibles al momento de su determinación. El programa guarda luego dicho documento en una carpeta específica.

## 6. imágenes de salida

Tras la conclusión de cada dibujo (bidimensional), y según lo habilite la variable booleana respectiva y se haya fijado su necesaria calidad y medida, podrá crear el *endoGraficador* un archivo de imagen de *renderizado* 2D, que luego guardará en otra carpeta específica, de registros visuales básicos. La apertura de una ventana con esta imagen es optativa, y el tiempo de persistencia, regulable.

## 7. leyendas informativas

Es posible optar aquí por la imagen del dibujo sola (base cuadrada más conjunto de figuras), o por esta más un conjunto de *leyendas informativas*: *superiores*, referidas a los *datos* del dibujo, e *inferiores*, a los *resultados*, a partir de la habilitación anticipada del, así llamado, *cálculo de calificadoros*. Ambos conjuntos poseen sus respectivas variables booleanas de habilitación.

Si se deshabilita el cálculo de los calificadoros, no se generarán las leyendas informativas inferiores, ni se creará ningún archivo de producción.

Las *leyendas informativas superiores* consignan: 1) el número de la *endografía* en curso; 2) los cinco vectores primarios utilizados; 3) la cantidad máxima de figuras admisible; 4) si para el dibujo se aplicó recálculo de ponderación, y en tal caso, cuál fue su tipo; 5) un indicador del modo determinístico/aleatorio asignado; y 6) si en el proceso de dibujo se aplicó la parificación/imparificación.

Los *calificadoros* del dibujo, que deberán ser calculados expresamente, son *diez*. A saber: 1) el mapa de delineamiento utilizado; 2) la cantidad de figuras resultante; 3) el índice de dispersión; 4) la superficie ocupada medida en celdillas; 5) el índice de ocupación; 6) la probabilidad asociada del dibujo; 7) la información aportada por este; los vectores matemáticos de 8) 0 % y 9) 5 %; y 10) los tres sectores

asociados a ellos (ya comentaré de qué se tratan). Este cálculo de calificadores también es optativo y se habilita mediante su propia variable booleana.

Las *leyendas informativas inferiores* exponen esta decena de calificadores.

## 8. archivo de producción masiva

Finalmente, todo el contenido explicitado tanto en las leyendas superiores como en las inferiores, aparte de quedar plasmado en la imagen, podrá ser volcado, si es que su variable booleana lo habilita, en un archivo de producción de tipo TXT que aloje dicho conjunto (de datos y resultados numéricos masivos), propio de cada dibujo que se genere durante la sesión productiva.

Para que se pueda crear un archivo de producción masiva deben estar habilitados: la creación del archivo de datos numéricos y el cálculo de calificadores.

## 9. grilla y guarda de la escena

Es posible habilitar la carga de una *grilla* de verificación visual de la posición de las figuras en sus celdas. También la creación de un archivo de la escena de tipo MAX para cada dibujo, aunque tal opción esté permanentemente deshabilitada por cuestiones de las que se hablará luego.

## 10. comentarios

Finalmente, puede optarse por la impresión de numerosos comentarios explicativos y de control en un intérprete de comandos denominado MAXScript Listener (comparable a la ventana de *símbolo del sistema* de Windows) durante la ejecución del programa, para, sobre todo, depuración de código.

# el núcleo

## a. determinaciones iniciales

Aquí radica la parte *central* del programa. Dentro de sus *determinaciones iniciales* encontramos: 1) el establecimiento de la *semilla* para la generación de números aleatorios; 2) el dibujo único de la *base* cuadrada; 3) el emplazamiento también único de un *fondo* de renderizado (centrado en la base del dibujo); etc.

Respecto del *plano de dibujo*, ya he señalado que su cantidad total de *filas* es igual a 26; altura constante de la base. Su cantidad total de *columnas* también es igual a 26; ancho constante de la base.

Siendo que la medida constante de cada lado de la *celdilla* básica cuadrada será

—como también lo he señalado— de 15 milímetros, esto generará una base de 390 milímetros de lado.

El radio de *redondeo* de los vértices de la base será siempre de 7 milímetros.

La cantidad de celdillas libres *prohibidas* ubicadas en el contorno del plano de dibujo (filas superior e inferior, y columnas inicial y final) es igual a la unidad.

El código fue desarrollado conceptualmente en función de dicho valor específico.

En consecuencia, la cantidad de filas y la de columnas útiles del plano de dibujo quedan ambas reducidas a 24.

## b. determinación de las variables de la figura a dibujar

Se establece un *loop* o *bucle* principal, o de la sesión productiva completa, que asegura la *repetición* del proceso según sea la cantidad solicitada de dibujos. (A un código *recursivo* se lo denomina bucle).

Este proceso de producción gráfica se desarrolla conjuntamente con otro proceso de verificación, mediante una *matriz* introducida para tales efectos. (Una matriz informática —de aquí en adelante, *matriz* a secas— es una colección *bidimensional* ordenada de datos —para los casos que nos ocupa— numéricos).

Debo señalar, además, la intervención de otra matriz esencial: una que se deriva de la imagen de píxeles o *bitmap* de mapeo, para la determinación de la ocurrencia o no de figura en cada pixel evaluado.

Estas figuras irán determinándose, y luego dibujando, *de a una por vez*, hasta completar la grilla disponible.

### 1. limitación de la proporción de ocurrencia del tamaño 2

Se define como *tamaño mínimo disponible* al tamaño 2; será el menor tamaño posible *mientras* la cantidad de figuras de tamaño 2 *no* haya superado la *proporción máxima admisible*. Si este llegara a ser el caso, se lo restringirá haciéndolo valer 3, el nuevo mínimo.

### 2. vector de celdillas remanentes

Se declara un vector de *celdillas remanentes*, como registro que contenga los números de las celdillas cuya posición todavía no fue contabilizada, es decir, de las que, teóricamente, se hallan aún en condiciones de recibir figura.

Se lo inicializa conteniendo todos los números sucesivos de las 576 celdillas útiles disponibles, desde la primera hasta la última: (1, 2, 3, ..., 576).

Después, a medida que se vayan *aleatoriamente* contabilizando, se las dará de

baja de dicho registro. El objetivo final es obtener un vector *nulo*, indicativo de que *todas* las celdillas útiles acabaron siendo contabilizadas.

### 3. bucle secundario de dibujo

Dentro del bucle principal, se halla un segundo *bucle, anidado*, que rige la generación de cada dibujo individual, y donde se va eligiendo al azar un elemento (posición) del vector de *celdillas remanentes*, para, luego de dibujar o no figura, eliminarlo, acortándolo así sucesivamente.

De haberlas el usuario requerido, se dibujan primero las *figuras preexistentes*. Una vez concluidas, o directamente no habiéndoselas requerido, se procede con el dibujo mediante selección aleatoria.

### 4. primera determinación de atributos

El primer paso consiste en la determinación de la *fila* y la *columna*; cuando haya figura preexistente, según los vectores correspondientes, o bien aleatoria.

El mismo procedimiento diferenciado se aplica para la obtención, seguidamente, de la *densidad*, la *clase* de figura, el *distanciamiento* y la *orientación*.

### 5. evaluación del espacio disponible – métodos

El tamaño ya requiere una evaluación del *espacio disponible*, siempre que no se trate de figuras preexistentes, para las que *no* es necesario realizarla.

El programa utiliza *dos* métodos aleatorios para la determinación del espacio disponible; los llamados: *método de los 2 cuadrantes alternados* y *método de los 4 cuadrantes*.

Pero antes de proceder a su explicación, ya como simple mención anecdótica/histórica, porque fue desafectado del programa, hubo un anterior método implementado al inicio del proyecto que evaluaba el espacio disponible de manera *determinística* y *zigzagueante*, cumpliendo una secuencia estricta de *izquierda a derecha* y de *arriba abajo*, lo que traía aparejado un problema de *superpoblación* de figuras de tamaño menor en las áreas inferior y derecha del dibujo.

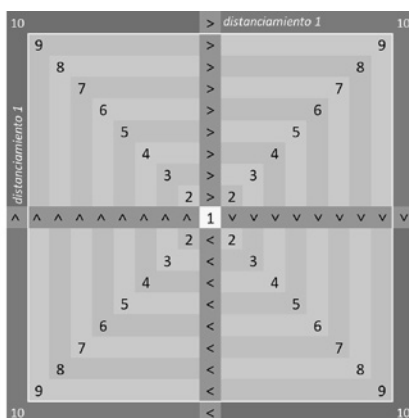
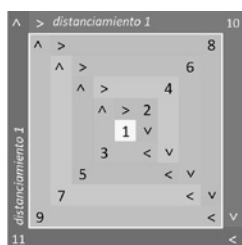
Una posible alternativa, también secuencialmente *determinada*, hubiera sido la del *método espiral*; aunque habría trasladado el problema referido a los cuatro márgenes del dibujo, si se hubiera tratado de una espiral creciente, o bien al centro del dibujo, si de una decreciente; por ende, ¡quedó descartado!

Los dos nuevos métodos implementados ahora proceden de manera *aleatoria*, vale decir, la secuencia de evaluación del espacio *no* sigue ninguna regla pre-

determinada, lo que implica que *no* habrá zonas privilegiadas ni perjudicadas en cuanto a la posterior asignación de figuras, a propósito del espacio disponible.

El *método de los 2 cuadrantes alternados* (gráfico de la izquierda) tiene mayor “sensibilidad” porque primero verifica el tamaño 2, luego, si este resultó favorable, recién entonces procede con el tamaño 3, y así sucesivamente; por ende, tiene ocho instancias de verificación (además de las dos para distanciamiento 1).

Un posible *método por niveles de ondas cuadradas*, al verificar el primer nivel, puede decirse que se *saltea* el tamaño 2 para verificar íntegro el tamaño 3, que es lo que representa en definitiva el nivel 1; por ende, promoviendo solo cuatro instancias de verificación ¡también quedó descartado!



El *método de los 4 cuadrantes* (gráfico de la derecha) tiene una ventaja para el caso de aquellas líneas del mapa de delineamiento muy próximas al contorno, porque, como se evalúan cuatro posibles tamaños tomando siempre al punto en cuestión como uno de los vértices del cuadrado, existirá la posibilidad, usualmente, de que alguno de los tamaños máximos disponibles, en alguno de los cuatro cuadrantes evaluados, acabe correspondiendo a los tamaños mayores.

Esta ventaja permite el poblamiento de las áreas muy próximas al contorno con figuras de tamaño mayor, aunque ellas no queden centradas, o cuasicentradas, en los puntos pertenecientes a las líneas de delineamiento.

El *método de los 2 cuadrantes alternados* (1.º y 3.º) tiene la desventaja de que, como el punto en cuestión siempre resulta centro, o cuasicentro, de la celda, para el caso de aquellas líneas del mapa de delineamiento muy próximas al contorno siempre resultarán tamaños máximos disponibles menores. ¡Esto produce un poblamiento de dichas áreas con figuras de tamaño menor! Incluso habiendo espacio vacío disponible.



Conclusión: para un mejor aprovechamiento de todos los espacios disponibles, a partir siempre de lo que se disponga mediante el mapa de delineamiento, es recomendable el uso del *método de los 4 cuadrantes*.

La solución de compromiso implementada es la de una evaluación *doble* mediante la aplicación de ambos métodos, tras lo cual se decide adoptar la solución más favorable, vale decir, aquella que provea del margen más amplio: *mayor tamaño máximo disponible*. Si los tamaños máximos disponibles determinados por ambos métodos fueran iguales, se preferirá la solución *centrada* del *método de los 2 cuadrantes*.

## 6. determinación de la posible limitación para tamaño 2

Evaluación de la posible *superación* de la proporción máxima admisible para figuras tamaño 2 ante la suma de una nueva figura a la cantidad actual.

## 7. segunda determinación de atributos

Se realiza, primero, la determinación aleatoria del *tamaño* de la figura a dibujar, o su lectura del vector correspondiente para el caso de figura preexistente.

Luego se procede con el cálculo de la *superficie acumulada* o cantidad total de celdillas ocupadas por figuras, para el subsiguiente cálculo del índice de ocupación.

Seguidamente, la determinación del *vértice* superior izquierdo para dibujo de figura según el método y el tamaño resultantes.

Para finalizar con la determinación de la posición del *centro* del elemento a dibujar.

## c. llamado a la correspondiente función de dibujo

En posesión ya de todas las variables requeridas, aquí se procede al llamado a la *función* de dibujo correspondiente, a partir de la *clase* de figura. Cualquiera sea la función llamada, ella se ocupará de trazar, en el plano de dibujo, la figura en cuestión con sus atributos pertinentes.

## d. tareas de verificación y cálculo probabilístico

### 1. cargas en la matriz de verificación

Se procede con las cargas en la matriz de *verificación*, distinguiendo las posiciones como: todavía *no* contabilizadas (0); prohibidas por pertenecer al contorno (1); afectadas al distanciamiento (2); y asignadas a la figura (3).

---

Se realiza la escritura en el archivo descrito de los datos

1001101101104126101100100 < la primera fila corresponde a la base cuadrada

1002102102104106101102109

El cálculo de la probabilidad de ocurrencia del conjunto de figuras que

Se implementó un método secuencial condicional para dicho cálculo, este es

Una explicación detallada, tanto teórica como práctica, se halla en el “Apéndice sobre cálculo de probabilidad e información”, al final del presente volumen.

La *probabilidad* de ocurrencia de una figura es igual al *producto* de las *cinco* probabilidades de ocurrencia de su posicionamiento, asignación efectiva, clase, tamaño y orientación. (En alguna futura implementación... ¿lo sería también de su color?... eventualmente).

## 5. cálculo de probabilidad e información acumulativas del dibujo

Aunque se presenta el problema de que, al ser un número tan pequeño, ¡se ven desbordadas las capacidades decimales del 3ds Max! Para remediar esto se calcula el logaritmo de la probabilidad acumulativa del dibujo; cuanto más negativo sea aquel, esta será menos probable.

## 6. recálculo de ponderación

### e. generación de calificadores y leyendas informativas

## 1. leyendas informativas superiores

```

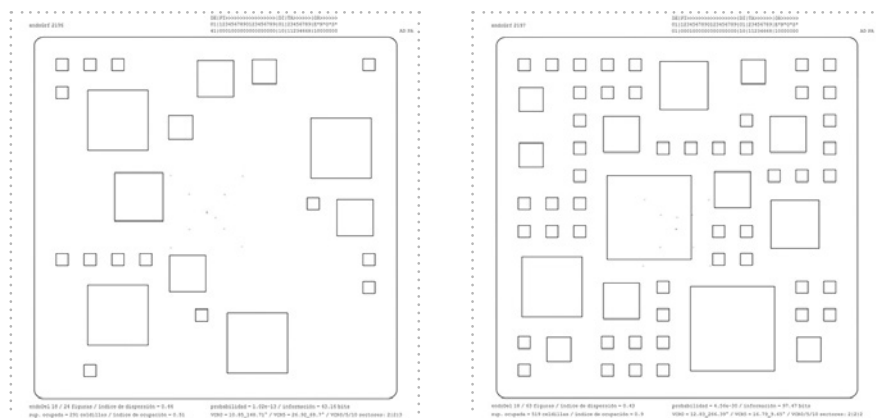
.....DE|F|I>>>>>>>>>>>>|DI|TA>>>>>>|OR>>>>>>8 FIG MAX
endoGrf 1755301|12345678901234567890|01|23456789|E*N*O*S*
73|00010000000000000000|10|00001000|10000000AD

```

## 2. índice de ocupación

Se calcula el *índice de ocupación*, como la división entre la cantidad total de celdillas ocupadas y la cantidad total de celdillas (576) útiles disponibles.

Si bien este calificador es obtenido durante la ejecución del programa como resultado de cada dibujo, su valor *aproximado* puede *forzarse* —si se lo desea— del inicio mismo, mediante la selección apropiada del mapa de delineamiento (el que presenta una zona única de dibujo *probable*) y el ajuste de los dos valores del vector compacto *densidad*. Por ejemplo, si se desea un índice de ocupación aproximadamente igual a 0,5, el vector compacto *densidad* deberá ser el equi-probable (1, 1); para un índice igual a 0,25, el vector deberá ser (3, 1), donde la probabilidad de asignación es igual a un cuarto; etc.



El dibujo de la izquierda muestra un índice de ocupación medio, mientras que el de la derecha, uno casi máximo.

## 3. índice de dispersión

Primeramente, deben calcularse las distancias entre centros de todas las figuras. Habiéndose determinado la cantidad de distancias calculadas, se procede a obtener la distancia promedio.

Se define la *distancia máxima absoluta* como aquella que media entre dos figuras tamaño 2 ubicadas en dos extremos —o vértices— opuestos de la base.

Se calcula el *índice de dispersión*, como la división entre el promedio de las distancias calculadas y la distancia máxima absoluta. Su valor da idea del grado de *distanciamiento* general de las figuras, siempre dentro del límite de su base, respecto de la medida arbitraria elegida como patrón.



- 1) Su *tamaño*.
- 2) Su *distancia* al *centro* de la obra.
- 3) Su *elevación* respecto del nivel admitido como cero.
- 4) Su *lateralización* o posicionamiento hacia la *derecha* de la obra.
- 5) Su *aislamiento*.
- 6) Su *verticalidad*. Contrariamente, cuanto mayor sea su *oblicuidad*, el peso visual de una figura será menor. (Probablemente se implemente a futuro).

Debo señalar, ¡como cuestión importantísima!, que los análisis efectuados por Arnheim, y publicados en el ensayo mencionado, fueron de carácter eminentemente *cualitativo*. Paralelamente, no hallé material referido, ya incluso pensando en otros autores, a ninguna *cuantificación* a la fecha. ¡Pero no puedo garantizar que no la haya! Sin embargo, como desde mis primeros atisbos en esta materia, me fijé la meta de procurarme ingredientes *cuantitativos* que me pudieran ayudar a valorar *numéricamente* la cuantiosa producción automática de mi programa, no dudé —jaun a riesgo de ser calificado de diletante!— en asumir una cuantificación *arbitraria*, pero cuantificación al fin, en espera de mayores precisiones al respecto, si es que pudieran aparecer *a posteriori*, de la mano de profesionales idóneos.

Quiero dejarlo perfectamente claro: ¡no estoy buscando, con estas cuestiones examinadas aquí, realizar un aporte general a la evolución teórica de las artes visuales! Apenas proveerme de cierta herramienta que me facilite un elemento conceptual *adicional*, afín a una tarea muy concreta: *decidirme* respecto de la mayor o menor *aceptabilidad*, entre los innumerables planos que la motivan, de una composición automática determinada. Por esta simple razón, un abordaje de carácter *esquemático*, superficial incluso —si se quiere—, como el efectuado, ya me resulta suficiente.

Para proseguir con la evaluación del equilibrio del dibujo, me debí también formular y responder estas tres preguntas que transcribo:

Primera pregunta fundamental: ¿todas estas relaciones deben suponerse *lineales* o *cuadráticas* o de qué tipo?; ¡porque nada se dice al respecto! Mi propuesta simplificadora: lineales.

Segunda pregunta fundamental: siendo que el peso visual de una figura lo determina principalmente su tamaño, ¿cuáles son las *ratios*, o sea, el monto relativo con el que contribuyen las demás relaciones a su peso visual total? Mi propuesta simplificadora: 5 % cada una; quizá 10 %.

Tercera pregunta fundamental: ¿todos los factores contribuyen en igual grado? Mi propuesta simplificadora: presumo que sí.

## ratios

Además del tamaño, su factor esencial, centro mi análisis en estos *cuatro* factores adicionales indicados arriba, expresados así:

- 1) *Ratio porcentual centro-punto determinado*. Crece a medida que la figura se aleja del centro. Su valor en el centro es nulo; en los vértices, máximo.
- 2) *Ratio porcentual abajo-arriba*. Crece a medida que sube. Su valor abajo es nulo; arriba de todo, máximo.
- 3) *Ratio porcentual izquierda-derecha*. Crece a medida que se desplaza a la derecha. Su valor a la izquierda es nulo; a la derecha, máximo.
- 4) *Ratio porcentual de aislamiento*. Crece a medida que la figura se halla más aislada respecto de las demás, es decir, a una distancia promedio mayor. (¿Cómo se puede medir el aislamiento? Terminé por implementar el método de las *distancias promedio*).

Repito el concepto: porque *no* hallé bibliografía confiable con soluciones *cuantitativas* que permitan establecerlas con precisión, ¡estas cuatro ratios resultan *arbitrarias*! Cumplen, sin embargo, con la función de proveerme de unos indicadores visuales inmediatos e intuitivos, que van superpuestos a las mismas imágenes de renderizado de cada dibujo.

Se determinan, entonces, las constantes de afectación del peso de la figura imputables a su distancia del centro, su altura, su lateralización y su aislamiento.

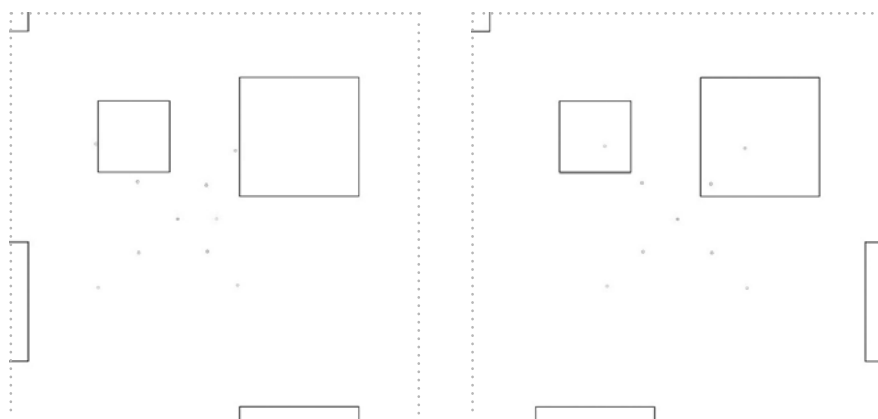
Luego se calcula la constante total de afectación del peso de la figura como *suma* de las cuatro constantes anteriores.

Como en el cálculo, nuestro descentrado será representado mediante un vector matemático, finalmente, con dicha constante total, se calcula el punto extremo del vector.

El primer caso, de ratios nulas, corresponde a la variación del peso visual atribuible a los tamaños *exclusivamente*. Aquí el tamaño de una figura interviene en la determinación del vector resultante mediante su superficie calculada.

El punto extremo del antedicho vector matemático de descentrado vendrá denotado por un pequeño círculo, ligeramente rojo, situado en la imagen de renderizado. Siendo que otro pequeño círculo, ahora verdoso, señala el centro de la base, un rápido golpe de vista será suficiente para percibir el grado de apartamiento de aquel respecto de este.

Posteriormente, la operación se repetirá incluyendo tanto las cuatro ratios ponderadas a un 5 % como las mismas ponderadas al 10 %. En ambos casos, se dibuja otra pequeña circunferencia, de un rojo todavía más tenue, que representa al punto extremo de cada nuevo vector matemático determinado.

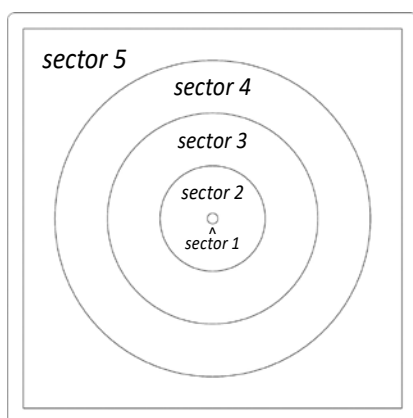


El dibujo de la izquierda muestra una composición descentrada, es decir, desequilibrada, mientras que el de la derecha está perfectamente centrado, o perfectamente equilibrado.

## sectores

Solo resta la calificación del equilibrio...

Lo que di en llamar *sector de descentrado* sirve para calificar *cuantitativamente* la posición del extremo del vector resultante o su módulo. Dicha calificación procede de la pertenencia del punto extremo del vector a uno de los *cinco* sectores definidos mediante cuatro circunferencias concéntricas arbitrarias:



**Sector 1.** Conjunto centrado o equilibrado: menor o igual a 5 milímetros en torno al centro de la obra.

**Sector 2.** Conjunto *ligeramente* descentrado o desequilibrado: mayor que





- Número de dibujo.
- Vectores compactos: *densidad, clase de figura, distanciamiento, tamaño y orientación*.
- Leyenda de cálculo aleatorio/determinístico.
- Leyenda identificatoria del recálculo de ponderación.
- Cantidad de figuras (excluyendo la base) del dibujo.
- Número de mapa de delineamiento.
- Índice de dispersión.
- Superficie total ocupada (celdillas).
- Índice de ocupación.
- Mantisa de la probabilidad total de ocurrencia.
- Orden de magnitud de la probabilidad total de ocurrencia.
- Información aportada por el dibujo (bits).
- Módulo del vector matemático de descentrado para ratios nulas.
- Ángulo del vector matemático de descentrado para ratios nulas.
- Módulo del vector matemático de descentrado para ratios 5 %.
- Ángulo del vector matemático de descentrado para ratios 5 %.
- Sector de descentrado ratios nulas.
- Sector de descentrado ratios 5 %.
- Sector de descentrado ratios 10 %.

## f. renderizado y disposiciones finales

Si las respectivas variables booleanas lo habilitan...

- 1) Se carga una grilla de verificación visual.
- 2) Se crea una imagen de renderizado (de tipo JPG) por cada dibujo producido... que nunca supera los 100 kB.
- 3) Se crea un archivo de la escena del dibujo (de tipo MAX).

Este programa, como todos los otros integrantes del paquete **Los endoX**, finaliza con el cálculo de sus tiempos de procesamiento (total de graficación en minutos y promedio de cada graficación en segundos).

El **endoGraficador**, en su edición estándar —como ya se ha visto—, permite generar un dibujo individual o bien una sesión productiva tan masiva como quiera solicitársele. Sin embargo, durante cada ejecución del programa, tanto sea que se generen uno, dos... o mil dibujos en ella, su conjunto de vectores compactos, que define la pauta compositiva general, es *inamovible*; salvo que se decida habilitar el recálculo de ponderación automático (debe tenerse presente que dicho recálculo va modificando *paulatinamente* los vectores afectados por indicación del usuario, luego de *cada* dibujo producido; con lo cual el efecto resulta distinto). Se puede dar el caso de que se necesite, cada cierto número de dibujos, *ajustar* alguno de los vectores compactos o directamente todos, a efectos de ir ensayando, sucesivamente, con otras ponderaciones en una misma ejecución del programa. Tal ajuste, siendo que nos valgamos de su



edición estándar, es *únicamente* posible de realizarse con el programa *detenido*, manipulando la interfaz del usuario. Se conoce como **Boost** aquella edición “aumentada” del **endoGraficador** en la cual estos ajustes de vectores ocurren *automáticamente* para cada sesión productiva definida, mediante un archivo de *planificación* aportado por el usuario, donde se detallan las *composiciones* progresivas que irán ellos adoptando (se puede habilitar aquí también el recálculo de ponderación, opcionalmente).



## endoDelineador

Ahora sí, cabe presentar el capítulo 1, dedicado al **endoDelineador**. Este programa, que dentro del esquema funcional informático del ciclo productivo se sitúa en primer lugar, es una consecuencia directa del **endoGraficador**. Cronológicamente, lo desarrollé con posterioridad, aprovechando buena parte de su código. Considerando que la función del **endoDelineador** es la de generar pequeñas composiciones geométricas que vayan a servirle después al **endoGraficador** como líneas maestras que dirijan el emplazamiento de las figuras en el plano de dibujo, el mismo código del **endoGraficador** ofrecía sobradamente la solución adecuada, siendo como es un generador automático de diseños endográficos, o sea, geométricos.

Aquí se recurre solamente al vector de *clases* de figura, más un vector de *tamaños* reducido (que, conteniendo a los tamaños 1 a 3, descarta los mayores), y un vector de *orientaciones*, todos ellos equiprobables. En la interfaz del usuario se prescinde de los otros vectores *densidad* y *distanciamiento*, porque, dado el objeto de las composiciones a producir, su participación sería irrelevante.

El usuario puede comunicarle también al programa, mediante las variables correspondientes, la cantidad total de mapas que necesite generar en una ejecución única, mismo la cantidad total de figuras que vayan a ser incorporadas a cada dibujo.

Respecto de la constitución específica del programa no diré más, ya que sería redundante; su *núcleo* proviene del **endoGraficador**, así que repite su funcionamiento, a pesar de la simplificación importante que conlleva: *no* cuenta con recálculo de ponderación, ni figuras preexistentes, ni modo aleatorio de carga de sus vectores compactos, ni archivos numéricos de salida, ni cálculo de calificadores, ni leyendas informativas, etc. Pero, ¡fundamentalmente!, *no* cuenta con un esencialísimo recurso que marca *la* diferencia con el **endoGraficador**: su motor de detección del espacio vacío disponible, ya que nuestro programa tolera tanto la *superposición* o *solapamiento* de figuras, como la *superación*, por parte de ellas, de los límites del contorno, escenario totalmente vedado para cualquier *endografía* cuyo destino será siempre la subsiguiente conformación tridimensional. Así pues, un mapa de delineamiento queda conformado habitualmente por tres figuras que pueden caer entera o

parcialmente dentro del plano de dibujo, que —como ya lo he manifestado— tiene 26 pixeles totales de lado.



Voy a referirme, como párrafo final, a un inconveniente suscitado por el mayor o menor poblamiento del mapa. Cuando su procesamiento, desde la raíz aleatoria que lo guía, produzca dibujos con un grado de poblamiento de figura demasiado bajo, vale decir, dibujos con un alto porcentaje de pixeles blancos, de dichos mapas procederán, una vez utilizados por el **endoGraficador**, composiciones excesivamente despojadas. Caso contrario, cuando se produzcan dibujos con un grado de poblamiento de figura demasiado alto, vale decir, dibujos con un alto porcentaje de pixeles oscuros, de dichos mapas procederán, en cambio, composiciones abarrotadas o repletas. Ambos extremos me resultan inadecuados. Un estudio de carácter empírico, realizado sobre varios centenares de mapas, me permitió definir, arbitrariamente, dos porcentajes *límite* de pixeles blancos admisibles: uno menor, igual a 70 %, y otro mayor, igual a 90 %. Aquellas imágenes que presenten porcentajes ubicados fuera de dicha banda, serán eliminadas. De tal cosa se ocupa una subrutina para la verificación del cumplimiento de los porcentajes límite de pixeles blancos, aditamento distintivo del presente programa.

## endoRetrazador

Si necesitara declarar un par de propósitos esenciales a cumplimentar por el **endoGraficador**, debería señalar como su principal utilidad la generación automática de diseños endográficos; enseguida debería también advertir acerca de su solvencia para la producción *masiva* de tales *endografías*.

Estadísticamente, ¿cómo podríamos encuadrar esta situación?...

Reporto que su tiempo de procesamiento promedio para cada dibujo ronda los 40 segundos, en una máquina de prestaciones intermedias (procesador i7-6700 CPU @ 3,4 GHz y memoria instalada de 16,0 GB). Esto significa que durante cada *hora* de trabajo continuo se producirían unos 90 dibujos, y durante cada *día*, unos 2.160 dibujos. Una cantidad apreciable, que luego habría que revisar, uno por uno... ¡hasta tanto no decida habilitar algún inteligente sistema con aprendizaje automático que me suplante!

La cantidad promedio de figuras incorporadas a cada dibujo ronda las 25. Mientras el peso promedio de un archivo de 3ds Max conteniendo dicho dibujo ronda los 800 kB. El espacio de almacenamiento de la serie diaria completa de dibujos ascendería entonces a poco más de 1,7 GB. Un *mes* de producción ininterrumpida, con sus 64.800 dibujos, exigiría 51,8 GB. Un espacio razonable, hasta modesto, para las actuales unidades de almacenamiento. Sin embargo, más allá de que pueda sobrnos espacio, siempre resulta recomendable manejar alguna economía de recursos, especialmente cuando será nomás una porción insignificante, de la serie completa de dibujos, la que tenga cierta chance de poderse conformar en objeto tridimensional, o sea, finalmente convertir en obra. ¿Por qué?...

Cada dibujo producido por el **endoGraficador** enfrenta una supervisión estricta de mi parte, para discernir en ella cierta cualidad estética que pudiera contener (y me pudiera convencer); ¡y no son justamente muchos los que superan esta prueba! ¿Cuál podría ser entonces el objeto de mantener una colección abrumadoramente vasta de dibujos —literalmente decenas de miles—, en su mayoría defectuosos, endeble, o que no contengan alguna mínima cualidad estética? ¡Ninguno! Por esta razón implementé mi tercer programa del paquete. Siendo que la variable booleana para la creación, en tiempo de ejecución del **endoGraficador**, de un archivo de tipo MAX permanece constantemente en falso,

por la razón expuesta, el **endoRetrazador** asume la tarea de volver a trazar, en el área de trabajo del 3ds Max, el dibujo que se le solicite, a partir del número de su archivo de datos, y después, ¡ahora sí!, de guardarlo bajo la forma de un archivo de la escena.



Respecto de la constitución específica del propio programa, nuevamente, no diré nada más, ya que sería redundante. Su *núcleo* también proviene del **endoGraficador**, así que repite su funcionamiento, a pesar de la simplificación importante que le fue aplicada.



## endoColoreador

Es el programa que determina la *coloración* automática de los dibujos producidos en el **endoGraficador**, a partir de sus archivos de datos numéricos, y de los de las escenas generados por el **endoRetrazador**. Este programa consta también de *tres rutinas* o secciones fundamentales.

La *primera* dispone las operaciones básicas: asociadas a la interfaz del usuario y la definición de variables, vectores y disposiciones iniciales, y también la de funciones generales. Las funciones específicas de aplicación de cada criterio de coloración —explicaré luego de qué tratan— se declaran en sus respectivas rutinas.

La *segunda* rutina concierne a la coloración por *áreas*; y la *tercera*, a la coloración por *figuras*.

### a. disposiciones iniciales

Aquí también el usuario dispone de una interfaz de comunicación. Antes de la ejecución del **endoColoreador**, él debe realizar una configuración imprescindible para que su funcionamiento se desarrolle de acuerdo a sus necesidades.

Al programa se le provee, como dato fundamental, del número de archivo de dibujo del **endoGraficador** a colorear.

Seguidamente, se deben especificar estas *cuatro* categorías intervinientes en los procesos de coloración: 1) colores, 2) paletas, 3) esquemas y 4) criterios.

#### 1. colores

Primeramente, se define (mediante la tríada RGB o *red/green/blue*) el conjunto de *colores* disponible para la posterior conformación de las paletas.

El blanco es 255/255/255; el gris, para fondo de dibujo, 159/159/159; el gris oscuro, 127/127/127; el negro, 0/0/0; el rojo, 255/0/0; el verde, 0/255/0; el azul, 0/0/255; etc.

También es posible utilizar un color *indefinido*, que podrá ser *aleatoriamente* determinado durante la ejecución del programa, si es que se lo decide incluir en alguna paleta.

## 2. paletas

Dentro de los alcances del **endoColoreador**, una *paleta* es un conjunto de *cuatro* colores ordenados; informáticamente hablando, asume la forma de un vector de cuatro elementos.

Como segunda tarea previa por parte del usuario, se procede con la definición de los diversos vectores *paleta* que luego se aplicarán, sucesivamente, al dibujo a colorear. Obviamente, los colores integrantes de cada uno son elegidos por el usuario. En mi caso, dispuse que la primera paleta sea la siguiente: (rojo, verde, azul, blanco); la segunda: (rojo, verde, azul, negro); la tercera: (blanco, negro, amarillo, azul); etc. El orden de los elementos carece de importancia; podría habérselos acomodado de cualquier otra manera.

Dado que las paletas —porque así fue determinado en el desarrollo del código— siempre deben tener cuatro integrantes, ¿cómo se lograría una paleta que dispusiera solamente de tres?, si eso fuese lo que se pretendiera. Para resolver esta cuestión introduce, precisamente, al color *indefinido*.

Veamos un ejemplo: la paleta (amarillo, azul, rojo, aleatorio) *aleatoriza* el posible cuarto color entre los tres primarios iniciales. Por otra parte, la paleta (amarillo, azul, amarillo, azul) resulta *bicromática*; y (rojo, rojo, rojo, rojo), *monocromática*.

## 3. esquemas

La tercera serie de definiciones concierne a los *esquemas* de coloración por figura.

Nuevamente, dentro de los alcances del **endoColoreador**, un *esquema* determina la forma de distribución de los cuatro colores de una paleta.

Hay *dos* categorías: esquemas que determinan directamente *números* de color, y esquemas que determinan valores de *relación* o *ponderación* entre colores.

Los esquemas de *números* de color pueden ser, a su vez, de *tres* tipos:

### esquemas de coloración por clase

De acuerdo a la *clase* de la figura de que se trate, así será la asignación del color indicado.

Por ejemplo, el esquema (1, 1, 2, 1, 3, 3, 3, 3, 4, 4, 2, 1, 4, 1, 4, 1, 1, 1, 1, 4) aplicará el primer color a las figuras ortogonales (segmento, rectángulo, cuadrado, etc.); el segundo a las que posean ángulos internos agudos (triángulo y estrella); el tercero a las figuras poligonales (pentágono, hexágono, heptágono y octógono); y el cuarto a las que posean algún segmento curvo (elipse, círculo, semicírculo, sector circular y estadio).

## esquemas de coloración por tamaño

De acuerdo al *tamaño* de la figura de que se trate, así será la asignación del color indicado.

Por ejemplo, el vector (0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 1) implica un esquema monocromático: todas las figuras llevarán aplicado el primer color de la paleta en curso. En cambio, (0, 1, 1, 2, 2, 3, 3, 4, 4) reserva el primer color para las figuras de menor tamaño y el cuarto para las de mayor, asignando los otros dos a las de tamaños medios. Recuérdese que no hay figuras tamaño 1, motivo por el cual aparecerá siempre un cero como primer elemento del vector.

## esquemas de coloración por orientación

Nuevamente, de acuerdo a la *orientación* de la figura de que se trate, así será la asignación del color indicado.

Por ejemplo, el vector bicromático (1, 2, 1, 2, 1, 2, 1, 2) implica que las figuras orientadas hacia cualquiera de los cuatro puntos cardinales tendrán asignado el primer color, y las orientadas a los intermedios, el segundo.

## esquemas con valores de ponderación

Finalmente, los esquemas con valores de *ponderación*, en cambio, se aplican a la coloración por cálculo de *superficies* (concepto que se desarrollará luego).

Cada vector ahora define el *peso relativo* de cada uno de los colores involucrados. Aquí se permite la cancelación de uno o varios colores mediante su declaración *nula* en el vector *esquema*.

Por ejemplo, el vector (1, 1, 1, 1) dispone una distribución *equiprobable*: todos los colores tendrán, aproximadamente, la misma superficie asignada. El vector (1, 2, 1, 1) dispone una distribución *sesgada*: el segundo color tendrá, aproximadamente, el *doble* de superficie asignada que los restantes. En cambio, (1, 1, 1, 0) representa la distribución equiprobable tricromática; el cuarto color no tendrá superficie asignada.

## 4. criterios

Finalmente, la cuarta tarea previa por parte del usuario se refiere a la habilitación de los *criterios* de coloración disponibles.

La coloración de un dibujo se logra mediante la aplicación de un criterio de distribución específico de los hasta cuatro colores.

Los criterios de coloración implementados en el **endoColoreador** pertenecen a *dos* categorías: 1) por *áreas* y 2) por *figuras*.

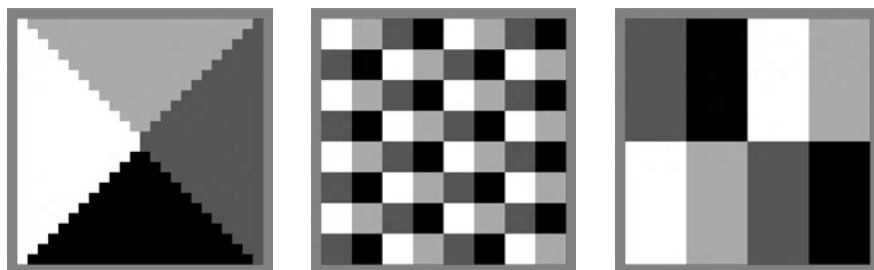
## b. ejecución de los procesos de coloración

### 1. coloración por áreas

En la segunda rutina, la de coloración por *áreas*, el color asignado a la figura procede de la pertenencia de esta a alguna de las áreas previamente definidas en la superficie del dibujo.

Se debe determinar en cuál de las áreas definidas queda emplazada la mayor parte de la figura, o directamente su totalidad. Una vez determinada tal área, la figura recibirá el color que le corresponda (más exactamente, su *número* de color, ya que las áreas definidas no llevan un color específico asignado, sino simplemente la distinción entre los cuatro colores genéricos posibles).

Un primer tipo de coloración por áreas es el que procede a partir de un *mapa* de coloración. En consecuencia, la coloración por *áreas mapeadas* opera mediante la intermediación de un mapa de áreas, o sea, de una imagen de píxeles o *bitmap* en la que se diferencian áreas diversas, cada una de las que lleva un color aplicado (más exactamente —como lo he mencionado recién—, un *número* de color). A continuación, pueden apreciarse tres ejemplos de mapas:



Este tipo de coloración por mapeo permite no solamente contar con imágenes cuyas áreas provengan del trazado de una geometría rigurosa, como lo son efectivamente todas las que dispuse, sino que también admite, llegado el caso, ¡cualquier dibujo a mano alzada!

El usuario puede hacer intervenir, durante la misma sesión productiva, diversas imágenes de píxeles a la coloración por áreas, a fin de obtener una cierta variedad de distribuciones de colores.

Un factible segundo tipo de coloración por áreas es el de las áreas *calculadas*. ¡Otra tarea futura! Las áreas determinantes de la coloración, además de mediante su mapeo, podrían alternativamente ser aplicadas a partir de una delimitación a base de cálculo, vale decir, ecuaciones de rigor asociadas a las diversas figuras geométricas existentes, ¡en un alarde ya de geometría analítica!

## 2. coloración por figuras

Respecto de la segunda categoría, implementada ya en la tercera rutina, la coloración por *figuras* opera de acuerdo con estas alternativas: clases, tamaños, orientaciones, teorema de los 4 colores, y superficies involucradas en el dibujo.

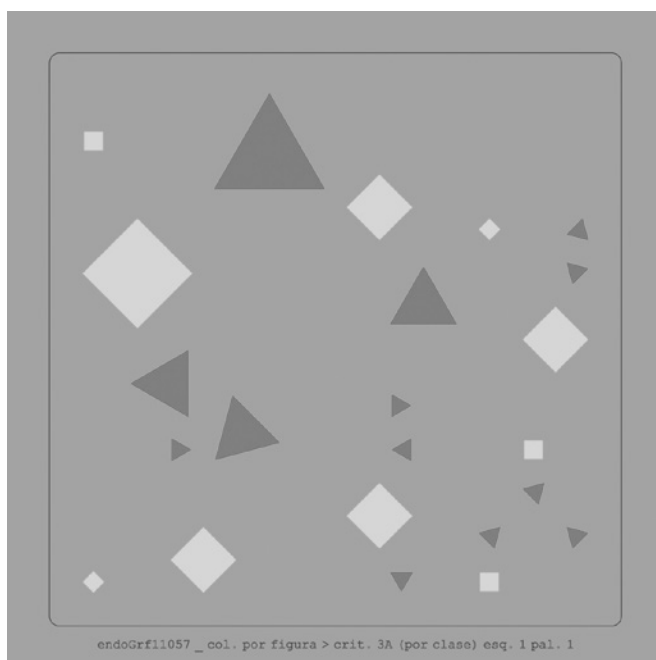
Todos estos criterios pueden ser habilitados o deshabilitados por el usuario, mediante variables booleanas específicas.

El funcionamiento general de cualquiera de los criterios mencionados (excluyendo el del teorema de los 4 colores) es relativamente sencillo de comprender. Este se basa en un vector, llamado *coloración*, donde se alojará la distribución de colores asignados. La extensión de dicho vector es igual a la cantidad total de figuras.

Esta rutina consta, básicamente, de una función de coloración específica para cada criterio, donde se corre un primer bucle de aplicación de los diversos esquemas de coloración declarados. Para cada esquema, se solicita la carga del vector *coloración* mediante llamado a una función de asignación de colores. A cada figura de la escena, dicha función le asigna el número de color que le corresponda, según el esquema en curso, y lo guarda en el vector *coloración*.

Un segundo bucle, anidado, de repetición de la coloración para cada paleta disponible, llama a la función de coloración, entregándole dos argumentos:

ejemplo de aplicación del criterio de coloración por *clases*



el vector *coloración* —conteniendo la distribución de colores asignados— y el número de paleta en curso; luego la función lo aplica, coloreando cada figura de la escena.

El criterio de coloración por *clases* de figuras aplica, de manera conveniente, sus esquemas respectivos, o sea, los de coloración por clase. De igual modo se procede con el resto de los criterios y esquemas.

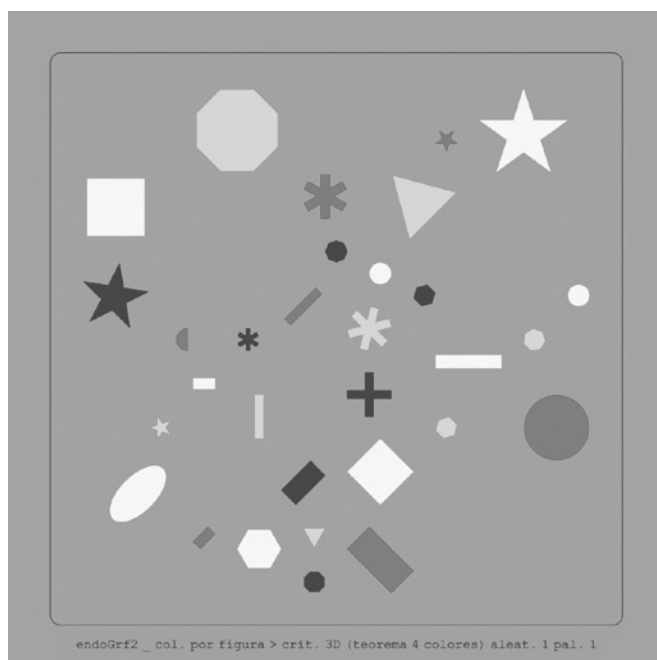
Para el caso particular del último criterio, por igualdad aproximada de *superficies*, el algoritmo implicado administra un proceso de asignación paulatino de colores, tendiente al cumplimiento aproximado de las relaciones de superficie determinadas por el vector *esquema* correspondiente.

### 3. teorema de los 4 colores

El muy mentado *teorema de los 4 colores*, proveniente de la teoría matemática de *grafos*, aplicado al problema que nos ocupa, resuelve la coloración de un dibujo, de manera que no haya figuras adyacentes que repitan el mismo color. El método, como es obvio, se basa en evaluar *adyacencias*.

Acerca de la puntual implementación de una solución informática del teorema de los 4 colores en MAXScript, y luego de descartar infructuosas adaptaciones a partir de códigos disponibles en la web —escritos en lenguaje de programación

ejemplo de aplicación del teorema de los 4 colores



C, C++ y Python—, apenas diré que mi solución promueve tres niveles evaluativos: donde se computan los espacios inmediatamente contiguos a la figura en cuestión, primero, horizontales y verticales únicamente, y, en segundo término, sumando posibles adyacencias a 45°, ascendentes y descendentes; el tercero corresponde a las evaluaciones, ahora, mediadas por espacios vacíos de separación.



El algoritmo trabaja sobre una matriz llamada de *adyacencias*, obtenida mediante los datos correspondientes al dibujo en cuestión; su orden (o tamaño) es igual a la cantidad total de figuras en la escena. Dicha matriz aloja la información referida a la existencia o no de relación, precisamente, de *adyacencia* de todas las figuras entre sí. La secuencia completa de asignación de los cuatro colores ocurre a partir del apropiado cómputo de dicha matriz, acerca del que voy a comentar, exclusivamente, que progresa desde las figuras que cuentan con el mayor número de adyacencias verificadas... ¡y nada más!, ya que me vería en la obligación de presentar argumentos lógicos y computacionales algo intrincados y, muy posiblemente, nebulosos para la mayoría de presuntos lectores —a quienes va dedicado mi libro— provenientes de las artes visuales.

## c. renderizado y disposiciones finales

### 1. guarda de resultados

Se guardan los resultados de cada coloración producida en un archivo de texto general creado para tal fin al inicio del programa.

Una entrada característica podría ser la siguiente:

```
endogrf100 _ cr2a-7 _ pa2 > co:94121241434421442
```

Donde se anota, en primer término, a cuál *endografía* corresponde la coloración asignada, luego de qué criterio se trata, el número del esquema o mapa —según corresponda— y el de paleta involucrados; cierra la entrada el vector *coloración* (el 9 indica que la base, figura contenedora, *no* lleva color asignado; el resto de los números corresponde a la serie de colores asignados a las figuras en el orden de su numeración).

## 2. renderizado

Finalmente, se crea una imagen de renderizado (de tipo JPG) por cada coloración producida, la que posee una *leyenda inferior* identificatoria conteniendo la información antedicha; tal como lo muestran los ejemplos de aplicación de las páginas 51 y 52.

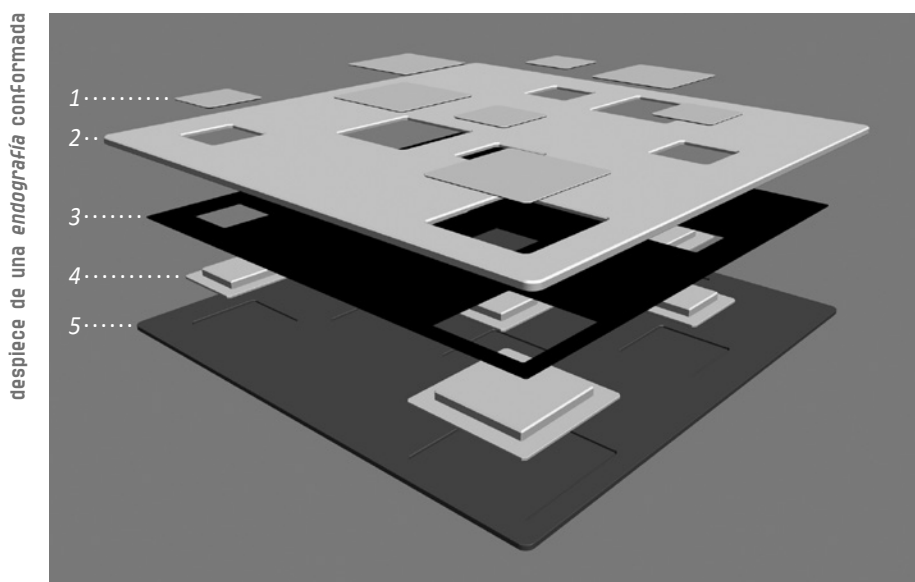


## endoConformador

El **endoGraficador** automáticamente genera —como ya se ha visto— diseños endográficos. Pero la finalidad última de tales diseños *bidimensionales* radica en una subsiguiente conversión en obra *tridimensional*, en un primer término, “meramente” virtual, o sea, retenida en el espacio virtual electrónico, tanto bajo la forma de un modelo 3D o un video de animación, como de una simple imagen fija que provea de cierta vista en planta o en perspectiva. Mas, en una posterior etapa, y dado que los modelos tridimensionales emergen de un programa desarrollado *ad hoc* para que se contemplen computacionalmente todos los aspectos *constructivos* reales, aquellos inherentes a los materiales y procedimientos mecánicos involucrados, estos objetos virtuales estarán en condiciones de transitar adecuadamente, si ese fuera el caso, su fabricación física.

Se preguntarán... ¿en qué consiste la obra finalmente conformada?

En estos *cinco* componentes principales, ordenados, acorde a su disposición espacial/exposición, de adelante hacia atrás:



- 1) Una serie de *tapadores*, ocultos inicialmente; piezas planas útiles para obturar los calados de la placa frontal (se detallará luego).
- 2) Una *placa frontal*, calada, a través de la cual asoman las figuras originales del dibujo ya tridimensionalizadas.
- 3) Una *lámina central*, apenas visible, también calada, que les provee de un angosto *contorno* a las piezas individuales, intermediando entre la placa frontal y ellas. (¿Agasajo/consideración... a De Stijl y Rhod Rothfuss y Roy Lichtenstein y a no sé cuánta gente más, todos expertos *contorneadores*? ¡Efectivamente!).
- 4) Una serie de *piezas individuales*, en que se convierten las figuras antedichas con su tridimensionalización.
- 5) Una *tapa posterior*, encima de la cual van ubicadas las piezas individuales, la lámina central y la placa frontal, y que funciona como basamento de la obra.

De solicitárselo, se puede conformar, además, una serie de pequeñas piezas alternativas de *fijación* mecánica (remaches roscados y pernos).

En consecuencia, el **endoConformador** es el módulo que, dentro del paquete **Los endoX**, gestiona la *conformación tridimensional* automática de los dibujos producidos en el **endoGraficador**, a partir de sus archivos de datos numéricos, y de los de las escenas generados por el **endoRetrazador**. En pocas palabras: ingresa un dibujo plano; egresa un conjunto de sólidos.



Este programa consta de *dos rutinas* o secciones fundamentales.

La *primera* dispone las operaciones básicas: asociadas a la interfaz del usuario y la definición de variables, vectores y disposiciones iniciales, y también la de funciones generales.

La *segunda* rutina concierne directamente a la conformación de la obra.

## a. disposiciones iniciales

### 1. especificaciones del dibujo a conformar

La interfaz del usuario incluye una sección inicial dedicada, primero y principal,

a la definición del *número de archivo* a conformar; y, después, a la introducción de dos variables booleanas asociadas a la posible fabricación física de la obra: una que habilita la realización de *perforaciones* en la *placa frontal* y la *tapa posterior* para sujeción mecánica, y otra que hace lo propio con las *perforaciones* en la *tapa posterior* para introducir el *gancho de anclaje* a la base colgante. Se comentará luego de qué se tratan estos elementos.

## 2. modificación eventual de la obra

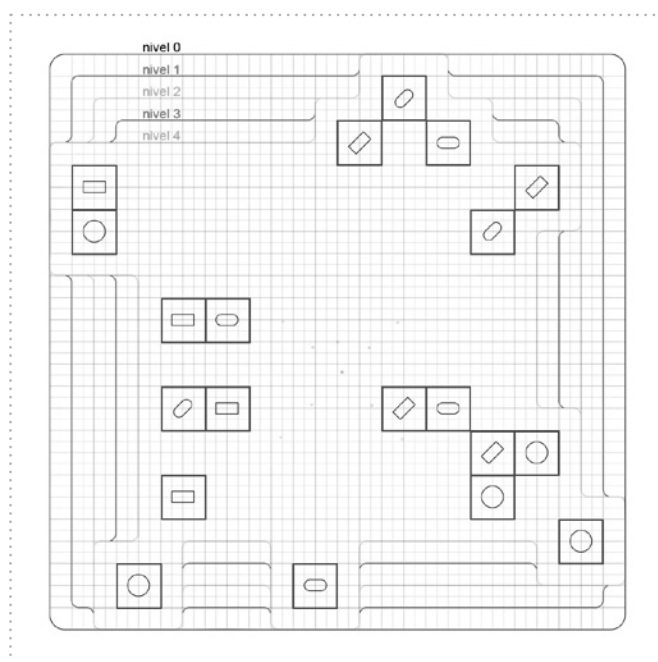
El **endoConformador** incluye una modificación eventual aplicable a la *endografía* que vaya conformándose: su posible *contorneado irregular* o *madificación* —tal como decidí bautizarla para homenajear al grupo Madí, que supo practicarla de modo sistemático—.

¿En qué consiste la madificación de cualquier *endorrelieve*? En el *recorte* de su placa frontal; obviamente, también el de su lámina central y su tapa posterior.

La madificación puede ser de *dos* tipos: *externa* o *interna*. La madificación externa procede con el recorte según las piezas individuales que se hallen ubicadas inmediatas a su contorno. La interna produce calados en el interior del *endorrelieve* según expresamente se le solicite.

La madificación involucra *niveles* de corte; como se puede apreciar en este gráfico:

primeros niveles de corte para madificación externa



El contorno cuadrado de un *endorrelieve* normal es el denominado *nivel 0*, vale decir, no supone modificación alguna.

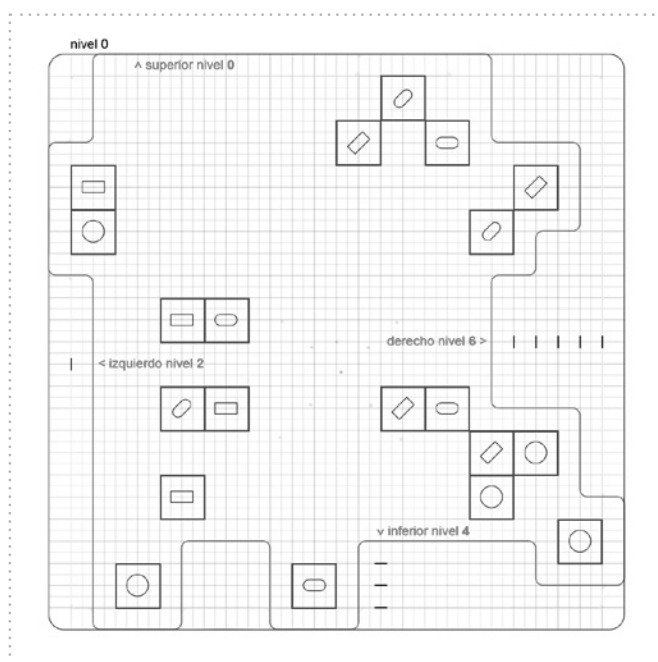
El *nivel 1* involucra al *primer* perímetro de celdillas o *anillo cuadrado* formado por las primeras y las últimas filas y columnas en que está dividida la base (recuérdese su grilla de 26 filas por 26 columnas).

El *nivel 2* involucra al *segundo* perímetro de celdillas formado por las segundas y las penúltimas filas y columnas; y así sucesivamente.

La modificación externa, *homogénea* por defecto, se habilita mediante una variable booleana. Se dice que la modificación externa es homogénea cuando los *cuatro* lados del *endorrelieve* llevan aplicados el *mismo* nivel de modificación.

Contrariamente, para que cada lado pueda llevar aplicado uno distinto, debe habilitarse de forma expresa la variable booleana correspondiente a la modificación *heterogénea*, y definir los valores aplicables a cada lado mediante un vector.

modificación externa heterogénea



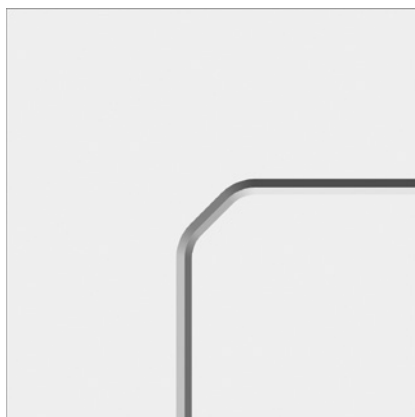
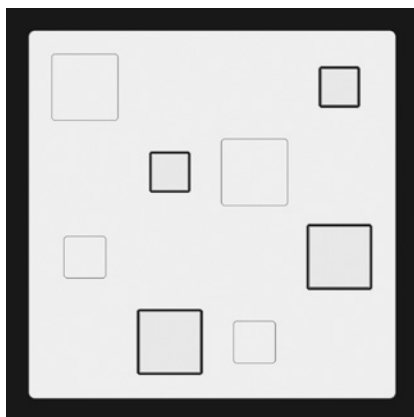
La modificación interna también se habilita mediante una variable booleana. Se requiere, además, la declaración de los *tres* vectores que alojarán las variables asociadas a las aberturas establecidas por el usuario como preexistentes, donde se determinan las coordenadas y el tamaño de cada calado que —al momento de la escritura del presente libro— puede ser únicamente *cuadrado*.

### 3. conformación eventual de tapadores

En último término, se hallan unas especificaciones adicionales:

La variable booleana que habilita el proceso de *optimización* de la geometría previa conformación, a efectos de *reducir* la cantidad de vértices de las figuras de la *endografía*, mediante la interpolación *optimizada* de *cero* pasos (en lugar de la opción *adaptativa*) y la *refinación* de segmentos.

Y la variable booleana que habilita la conformación adicional de los llamados *tapadores* de piezas individuales, o sea, de aquellas otras piezas, planas, a ser utilizadas en las obras interactivas accedidas mediante navegadores web, para obturar las aberturas por las que las piezas individuales asoman por la placa frontal. El juego de tapadores allanará la *reconfiguración* del *endorrelieve*.



La imagen de la izquierda muestra una obra con algunos tapadores habilitados, mientras que la de la derecha, el detalle del ajuste de un tapador con la placa frontal, y la formación de un estrecho canal de sección triangular.

Un *endorrelieve*, desde el punto de vista compositivo visual, está integrado, para expresarlo sencillamente, por diversas piezas individuales geométricas en un “plano”: su placa frontal. Dicha obra, como tal, es la propuesta original efectuada por quien escribe. Paralelamente a esta composición inicial o “canónica”, el espectador —cuando el sistema 3D interactivo se lo habilite— podrá participar en un proceso de recomposición o reconfiguración, a partir de la desactivación eventual de cualquiera de las piezas individuales y su reactivación posterior, a fin de lograr una composición alternativa más acotada, particular o diversa.

A efectos de conseguir el ocultamiento de una pieza individual, allí donde se lo requiera, esta será remplazada *sobre la marcha* por un tapador, oculto previamente, que cubrirá el espacio donde se halle la pieza.

Este procedimiento puede también ocurrir a la inversa: el ocultamiento del tapador y la restitución de su pieza individual.

•

Aquí también, finalmente, puede optarse por la impresión de comentarios en el MAXScript Listener durante la ejecución del programa.

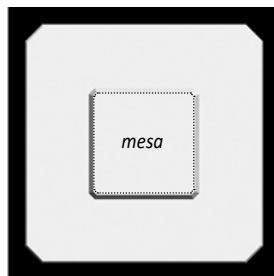
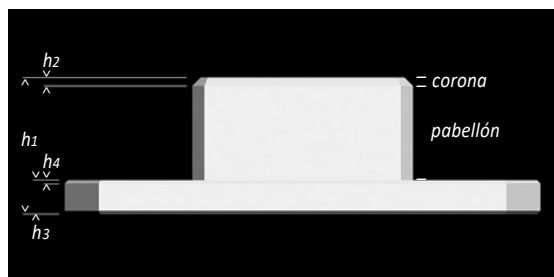
Entre la interfaz del usuario y los procesos de conformación, se hallan las variables *constructivas*. Estas definen las medidas —a la postre, ¿físicas?— de cada uno de los objetos que constituirán la obra tridimensional. Se dividen en estos ítems: características de las piezas individuales, de la placa frontal, de la lámina central, de la tapa posterior y de los tapadores; enumerémoslas...

#### 4. características de las piezas individuales

Variables constructivas básicas intervinientes en el proceso de su conformado:

- *Altura de la virtual “extrusión” de la figura*, cuando la correspondiente aplicación del modificador involucrado (véase  $h1$  en la siguiente ilustración).
- *Altura del chanfle superior visible* (valor que aplica también a la placa frontal). Las piezas menores, derivadas de las figuras tamaño 2 y 3, llevarán una menor altura del presente chanfle ( $h2$ ).
- *Altura de la extrusión de la base individual cuadrada*, que llevará cada pieza, para permitirle después asentarse sobre la tapa posterior ( $h3$ ).
- *Altura del chanfle para matado de cantos* ( $h4$ ).

pieza individual cuadrada



- *Altura del micro-chanfle (redondeado) final* aplicado a cada pieza individual.

Como la obra física se fabricaría en aleación de *aluminio*, se suman las medidas relativas a los *orificios* para permitir su posterior *anodizado*, vale decir, ese tratamiento superficial electroquímico al que se la somete a fin de suministrarle mayor dureza, resistencia a la corrosión y, por ende, durabilidad, amén de su posible coloración. En consecuencia, se define la variable booleana de habilitación

correspondiente para la realización de tales orificios, próximos al vértice superior izquierdo de cada base individual.

Existen otras variables internas, aunque no viene al caso reseñarlas.

Atento a los chanfleados que se aplicarán a los diversos cuerpos prismáticos —en que resultarán las piezas individuales— y su ligera semejanza con el tallado de gemas, adopté varios términos a él asociados. Por ejemplo, la *corona* será la parte superior del prisma, donde se verifican los chanfleados; el *pabellón*, su parte inferior; y la *mesa*, la cara plana superior (véase la ilustración anterior).

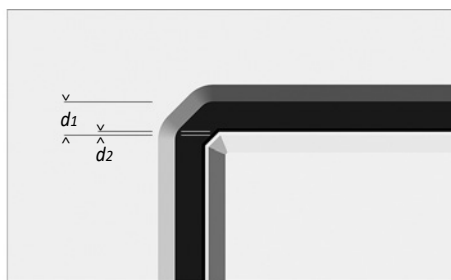
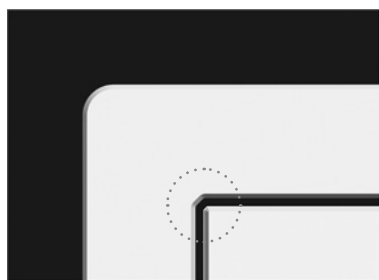
## 5. características de la placa frontal

- La variable principal es el *espesor*.

Si bien cada pieza individual posee un aspecto prismático, medio cortante, de chanfles a 45°, contrariamente, la estética de la placa frontal aporta cierto grado de *suavización* al conjunto, mediante calados de perfiles apreciablemente *curvos*.

- *Distancia libre* medida entre la corona de cada pieza y los bordes interiores del calado de la placa (véase  $d_1$  en la siguiente ilustración).

placa frontal (detalle)



- *Altura del chanfle superior visible* (mismo valor que —como lo he mencionado— para las piezas individuales).
- *Altura del chanfle para matado de cantos inferiores*.

Entre otras variables internas que no viene al caso reseñar.

Se definen ahora las variables asociadas a los elementos de *sujeción mecánica*.

## 6. características de la lámina central

- Nuevamente, la variable principal es el *espesor*.
- *Distancia libre* medida entre la corona de cada pieza y los bordes interiores del calado de la lámina (véase  $d_2$  en la ilustración anterior).

- *Altura del chanfle para matado de cantos.*
- De corresponder: *diámetro* del orificio para anodizado.

## 7. características de la tapa posterior

- También aquí la variable principal es el *espesor*.
- *Radio de redondeo* de los vértices de la base del dibujo, su primera figura.
- *Altura del chanfle para matado de cantos*; la misma medida que para las piezas.

Entre otras variables internas que no viene al caso reseñar.

## 8. características de los tapadores

- *Retiro* del tapador respecto de las paredes oblicuas del calado de la placa frontal; evita que el tapador quede “pegado” a la pared de dicho calado.
- *Altura del nivel superior* del tapador.

## 9. funciones

Se completa con un conjunto de definiciones de funciones generales.

# b. ejecución de los procesos de conformación

## 1. conformación de las piezas individuales

Dada la particular implementación, en el entorno de programación MAXScript, del modificador aplicable a una figura bidimensional a efectos de producir su chanfleado, y con el objeto de tener un control *absoluto* sobre los parámetros intervinientes, opté por armar, de forma manual, una *galería de remplazos*, a partir de la cual cada figura del dibujo se sustituye por su equivalente ya chanfleada (más todos los vértices redondeados). Quedan al margen la elipse, el círculo y el estadio, porque, al no poder llevar chanfles, dado que no poseen vértices o esquinas, no necesitan remplazo.

Para el caso de las piezas individuales, una vez remplazada la figura original por su equivalente chanfleada, y adecuada su orientación, se aplica el modificador correspondiente, obteniéndose una pieza tridimensional preliminar.

Inmediatamente, se conforma una base individual cuadrada; luego, si corresponde, mediante una operación booleana de *sustracción*, se le practica el orificio por donde se sujetaría la pieza real durante su anodizado.

Para finalizar, mediante una operación booleana de *unión*, a la base cuadrada se le suma dicha pieza preliminar.



Este procedimiento se repite para todas las figuras que integren el dibujo.

## 2. modificaciones eventuales para la placa frontal

Previo a la tridimensionalización de la base cuadrada original para su conversión en placa frontal y si la correspondiente variable booleana lo habilita, se procede con su modificación *externa*. Tras un análisis exhaustivo de la *endografía* en cuestión, valiéndose de una matriz de *puntos de referencia*, y finalizada su depuración hasta determinar los puntos esenciales que definirán el nuevo contorno, se realiza el dibujo de la nueva base poligonal irregular. *A posteriori*, se prosigue con la subrutina de redondeado de sus vértices.

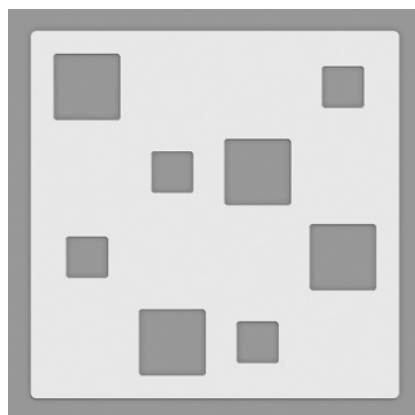
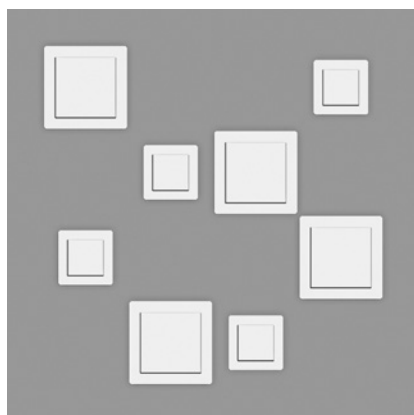
A diferencia de la modificación externa, que procede automáticamente, la interna no dispone —a la fecha— de ningún método automático de detección de los espacios internos que pudieran sugerirse para el emplazamiento de calados. El procedimiento implementado va sumando los futuros recortes internos definidos por el usuario como figuras preexistentes, mediante vectores apropiados, a la figura base, sea la cuadrada original o la recién externamente modificada.

## 3. conformación de la placa frontal preliminar

Similarmente, para la conformación de la placa frontal, se recurre al siguiente procedimiento:

Mediante la galería de remplazos, cada figura del dibujo se sustituye por su equivalente ampliada y, de corresponder, incluso chanfleada, más todos los vértices redondeados. Queda el círculo al margen, porque lo amplía el propio programa, y no puede llevar chanfles, dado que no posee vértices o esquinas.

Una vez remplazadas todas las figuras originales por las que correspondan,



adecuadas todas las orientaciones, y previo adosamiento de todas las figuras en un único elemento gráfico, si la respectiva variable booleana lo habilita, se procede con la optimización de la base a efectos de reducir su cantidad de vértices. Luego se aplica el modificador correspondiente obteniéndose una placa tridimensional preliminar calada con las figuras en cuestión y chanfleada.

Finalmente, se procede con la *clonación* de la placa frontal preliminar, como reserva para futuras operaciones (en el **endoGrabador**), previo a su adecuación última mediante sustracciones booleanas.

#### 4. modificaciones eventuales para la lámina central

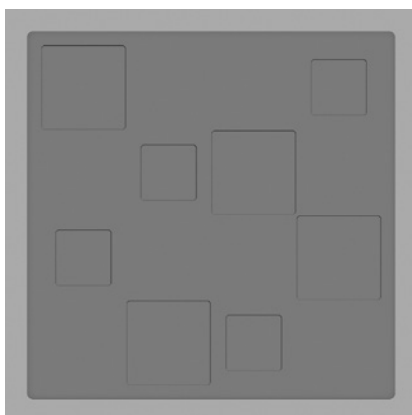
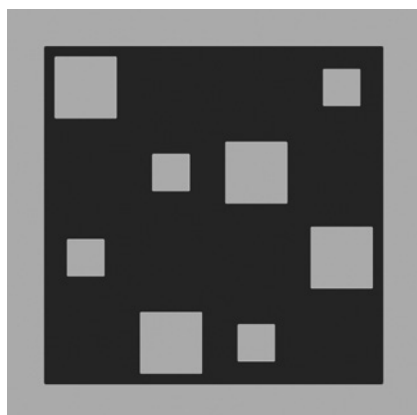
Previo a la tridimensionalización de la base cuadrada original para su conversión, ahora, en lámina central y si la correspondiente variable booleana lo habilita, se procede con su modificación *externa*. Igualmente, si la correspondiente variable booleana lo habilita, se procede también con la modificación *interna* de la misma base. Ambos procedimientos son idénticos a los aplicados para la modificación de la placa frontal, por lo que no se reiterarán.

#### 5. conformación de la lámina central

En primer término, y si no se llevó a cabo ninguna modificación, se dibuja un cuadrado como base de la lámina. Si se solicitó el orificio de anodizado, también un círculo auxiliar para su realización.

Luego, se procede con el adosamiento de ambas figuras y de todas las integrantes del dibujo en un único elemento gráfico, al que se le aplica después el modificador correspondiente, obteniéndose una lámina tridimensional calada, con las figuras en cuestión, y también levemente chanfleada.

lámina central | tapa posterior



## 6. conformación de la tapa posterior preliminar

Nuevamente, si no se llevó a cabo ninguna modificación, se dibuja un cuadrado como base de la tapa posterior. De otro modo, se procede con la reducción de la base ya modificada de la placa frontal, adaptándola a las medidas de la tapa posterior a modificar.

Se aplica después el modificador correspondiente, obteniéndose una tapa tridimensional preliminar.

Luego se recurre a las piezas individuales; mediante la sustracción booleana, se obtiene una tapa posterior con los espacios donde asentar sus bases.

## 7. adecuación final de la placa frontal

Consiste en *tres* operaciones booleanas de *sustracción*:

- 1) A la placa frontal preliminar se le resta la tapa posterior preliminar, para generar el espacio libre donde se alojará la parte superior de la tapa posterior final.
- 2) A esta placa frontal resultante se le resta la lámina central, para generar el espacio libre donde se alojará la parte superior, ahora, de la lámina central.
- 3) Se realizarían, eventualmente, las *perforaciones* para las *sujeciones mecánicas* de la obra.

Se procedería también, eventualmente, con la generación de los cuatro *remaches*, meramente virtuales, emplazados en la parte delantera de la placa frontal; a diferencia de todo el resto de los objetos tridimensionales aquí generados, estos cuatro elementos *no* son construibles!

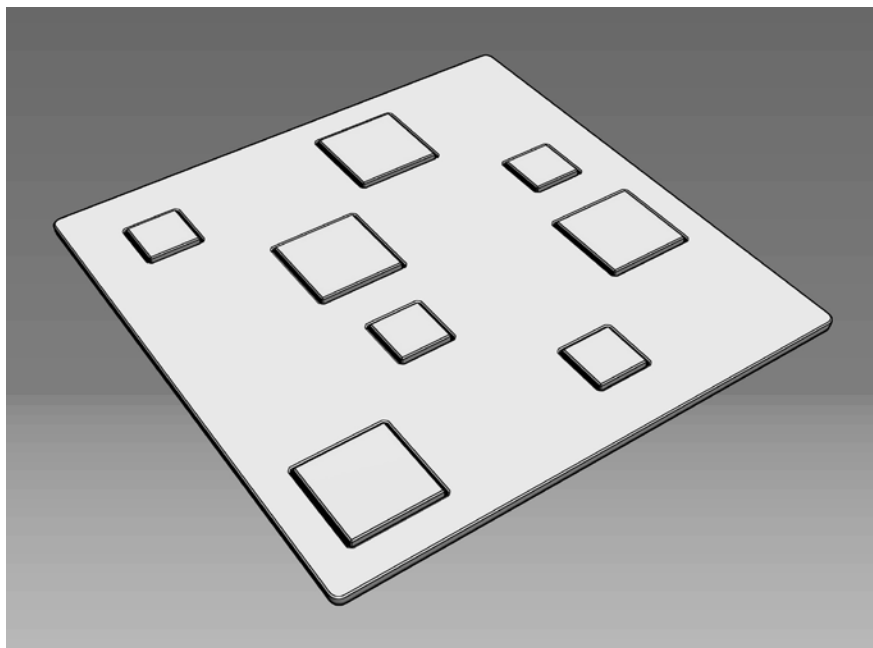
## 8. adecuación final de la tapa posterior

Se realizarían, eventualmente, primero las *perforaciones* para las *sujeciones mecánicas* (remaches con perno) de la obra. Luego, las *perforaciones* para el *anclaje* a la base colgante; para ello se generan las cavidades y orificios rectangulares para el anclaje mediante gancho móvil externo.

Se procedería también, eventualmente, con la generación de los cuatro *pernos*, meramente virtuales otra vez, emplazados en la parte trasera de la tapa posterior; nuevamente, estos cuatro elementos tampoco son construibles!

## 9. conformación eventual de los tapadores

Finalmente, si la correspondiente variable booleana lo habilita, se procede con la tridimensionalización de las figuras reservadas para los tapadores, mediante la aplicación del modificador correspondiente.



### **c. renderizado y disposiciones finales**

Si las respectivas variables booleanas lo habilitan...

- 1) Se crea una imagen de renderizado (de tipo JPG) de la obra conformada.
- 2) Se crea un archivo de la escena (de tipo MAX) de la obra conformada.

## endoGrabador

Una vez conformada la obra, puede optarse por el *grabado* tanto de su placa frontal como de su tapa posterior.

En esta última, puede imprimirse una leyenda informativa del *endorrelieve* de que se trate, más un conjunto de líneas para su encuadramiento.

También pueden grabarse varios conjuntos gráficos adicionales en la placa frontal:

1) una serie de *líneas de interconexión* entre piezas individuales, aunque más apropiadamente debieran llamarse *canales*, ya que poseen un apreciable grosor, aunque muy pequeño comparado con el tamaño de las piezas individuales; 2) otra serie de *cuadrados demarcadores* de todas las piezas; 3) una *constelación* de pequeñas figuras geométricas elementales (segmentos, triángulos, cuadrados y círculos) emplazadas *aleatoria* o bien *determinísticamente* sobre una malla de 12 por 12 celdas; 4) el *triple* grabado de líneas de interconexión, cuadrados demarcadores y concavidades, en una presentación *mixta* de las anteriores variantes; y 5) el *número* de obra expresado en *binario* en su lateral izquierdo.

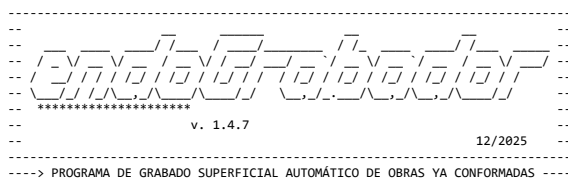
Líneas y cuadrados y concavidades... actuando como *suplemento* de la composición principal, a fin de posibilitar, aparte de un primer plano de apreciación a media distancia constituido por el entramado de sus piezas individuales, un segundo plano, a corta distancia, que le suma, a dicha composición, las incisiones obradas en su frente.

Este programa se ocupa precisamente de dicho grabado superficial automático.

Respecto de las líneas de interconexión, cada una quedará tendida entre los respectivos centros de dos piezas individuales medianamente próximas, o que no posean interpuesta ninguna otra pieza. De hecho, el algoritmo tenderá vínculo entre una pieza y aquella otra que se halle a menor distancia. Los centros involucrados ayudarán a definir los puntos por donde pasarán las proyecciones del segmento rectangular oblongo que será grabado en la placa. Este segmento, acanalado, se arrimará al borde de los calados practicados en la placa tanto como el usuario se lo solicite al programa, mediante una distancia llamada *de corte*.

Contrariamente a lo que sucede con las líneas, que proceden por motivos estrictamente determinados en la obra por la distribución física de sus piezas

individuales, la constelación —así como ya lo he referido— podrá disponer de sus diversas figuras geométricas a partir de un proceso de localización *aleatorio*.



Este programa también consta de *dos rutinas* o secciones fundamentales.

La *primera* dispone las operaciones básicas: asociadas a la interfaz del usuario, y la definición de un amplio conjunto de variables y funciones generales.

La *segunda* rutina concierne directamente al grabado de la obra ya conformada.

## a. disposiciones iniciales

La interfaz del usuario requiere la especificación de la *endografía* conformada que desee grabarse mediante su *nombre de archivo*. Si se procede con el grabado en su tapa posterior de la leyenda informativa, se deben suministrar estos dos elementos: el número del *endorrelieve* y el *año* de realización. El número de la *serie* a la que pertenece la obra en cuestión, y a efectos de salvar errores en su especificación, es internamente derivado del número de obra suministrado.

Debe definirse la variable booleana de habilitación de la opción FULL de grabado de múltiples placas frontales, de la que me ocuparé más adelante.

Finalmente, se cuenta con las variables booleanas de habilitación del *recálculo* de probabilidad e información, en remplazo de los valores originales del archivo de producción, que reflejan lo que fue la evolución de la incertidumbre del usuario del **endoGraficador** durante el procedimiento de generación del dibujo, y no de quien ahora reciba la obra ya concluida; las de habilitación de la parificación y de la imparificación; etc. Agrego, ya como mero dato secundario, que dicho recálculo lo produce un auxiliar *externo* al **endoGrabador**, llamado *recalculadora* de probabilidad e información, y que se vale de prácticamente el mismo código implementado para tal fin en el **endoGraficador**.

Como ya es característico en este paquete, puede optarse por la impresión de comentarios durante la ejecución del programa.

En segundo término, se hallan las numerosas variables *constructivas*, que definen las medidas de cada uno de los elementos gráficos que se irán a grabar tanto en la placa frontal como en la tapa posterior. Se dividen en estos ítems:

## 1. Variables del endograficador y del endoconformador

Proviene de los programas citados, por ejemplo, la cantidad total de filas y columnas del plano de dibujo, los espesores, etc.

## 2. Variables asociadas al grabado de líneas de interconexión

Este proceso inicial de grabado de la placa frontal requiere la definición de:

- Primero, su variable booleana de habilitación.
- *Cantidad máxima* de líneas de interconexión admitida.
- *Grosor* de dichas líneas.
- La habilitación de la *restricción del grosor* de las líneas de interconexión en función de su longitud queda determinada por una variable booleana. Cuando se la habilite, a medida que una línea se haga más extensa, su grosor —discreta, no continuamente— se verá disminuido.
- *Disminución unitaria del grosor* de las líneas de interconexión en función de su longitud; únicamente aplica estando habilitada la restricción anterior.
- *Profundidad* de las líneas de interconexión.
- *Radio de redondeo* de los vértices de los rectángulos oblongos que fungen de líneas provisorias.
- *Distancia de corte* de la placa frontal (clonada temporal); o distancia de los extremos de un grabado al inicio del chanfle de la placa frontal. Esta variable permite controlar el grado de proximidad a sus orificios.
- El usuario también puede definir, en una variable booleana, si se trazarán líneas de interconexión *únicas* entre piezas a distancia mínima o si se trazarán *todas* las mínimas existentes. Como de una misma pieza pueden partir varias líneas de interconexión a mínima distancia, puede optarse por trazar solo una de las existentes o todas las que haya.
- Se cuenta con otra variable booleana de habilitación de una verificación *estricta* de los *camino libres* entre figuras, que genera un menor número de líneas de interconexión.
- Incluso se puede habilitar una *restricción en el ángulo de inclinación* de las líneas de interconexión, a efectos de que *solamente* se dibujen aquellas a 0°, 45° y 90°.
- Si bien el proceso de trazado de las líneas es automático, es posible habilitar una *supervisión interactiva* por parte del usuario, para permitirle su posterior aceptación o rechazo de cada una.

### 3. variables asociadas al grabado de cuadrados demarcadores

Este segundo proceso de grabado requiere la definición de:

- Primero, su variable booleana de habilitación.
- *Retiro* respecto de la medida estándar de las figuras.
- Medida del *chanfle* del cuadrado demarcador externo.
- *Ancho y profundidad* del surco a grabar.
- Nuevamente, si bien el proceso de trazado de los cuadrados es automático, es posible habilitar una *supervisión interactiva* por parte del usuario.

### 4. variables asociadas al grabado de concavidades

Este tercer proceso de grabado requiere la definición de:

- Primero, nuevamente, su variable booleana de habilitación.

Aunque debe tenerse presente lo siguiente... Las pequeñas figuras geométricas, que formarán una constelación de concavidades a grabar en la placa frontal, —como ya se ha dicho— no se podrán ubicar en cualquier sitio, sino que sus centros deberán coincidir con los puntos de una malla virtual acomodada sobre la placa. Esta primera variable booleana habilita *por defecto* la opción *aleatoria*, vale decir, donde se decide la cantidad y la posición de las concavidades al azar.

- La opción *determinística*, que generará una constelación *determinada* por la existencia de piezas individuales —que más abajo se comentará de qué se trata— posee su propia variable booleana.
- Variable booleana de habilitación de la versión *menor* de la constelación determinística, que considera de cada pieza solo su vértice superior izquierdo.
- También puede optarse, mediante otra variable booleana, por la habilitación del *rectángulo* como figura predeterminada para todas las concavidades representativas de las piezas de tamaño 2.
- *Porcentaje de ocupación*, o densidad de poblamiento, de las pequeñas concavidades respecto del espacio disponible. Variable destinada solamente para la opción aleatoria. Se deshabilita la constelación anulándola.
- *Diámetro* de la concavidad *circular*; el *lado* de la concavidad *cuadrada* y el *radio* de la *triangular* (el triángulo como polígono inscripto) están también asociados a este valor.
- Respecto de las *rectangulares* y *cuadradas*, es posible la habilitación del emplazamiento *intermedio* de dichas concavidades, a efectos de producir una serie lineal, o sea, una repetición sucesiva de la misma figura como línea de trazos.



- Otro par de variables booleanas permite la habilitación de la *rotación aleatoria* de los *triángulos* y de los *rectángulos* en los cuatro puntos cardinales; por defecto, tienen ellos orientación *norte*. Alternativamente, puede optarse por una rotación específica en alguno de las consabidas ocho orientaciones.

La determinación del nivel de ocurrencia de cada figura geométrica distinta del repertorio disponible proviene de un vector compacto, que aloja los niveles relativos de ocurrencia de cada figura. Por ejemplo, con (1, 1, 1, 1) se logra su distribución equiprobable; (1, 0, 0, 2) le otorga el doble de probabilidad al cuadrado que al círculo, anulando la del rectángulo y la del triángulo; etc.

- También, es posible habilitar una *supervisión interactiva* por parte del usuario.

## 5. variables asociadas al grabado del código binario

Este cuarto proceso de grabado de la placa frontal involucra solo *dos* variables:

- La booleana de habilitación; y la *profundidad* de la leyenda numérica.

## 6. variables asociadas al grabado de la tapa posterior

Este único proceso de grabado de la tapa posterior involucra solo *tres* variables:

- La booleana de habilitación;
- La *profundidad* de la leyenda informativa y el conjunto de líneas; y finalmente...
- La booleana de habilitación de una *supervisión interactiva* por parte del usuario.

## 7. Funciones

Se completa con un conjunto de definiciones de funciones generales, de donde se destaca la función de verificación del *camino libre* entre dos figuras: en el área cuadrangular de verificación deberán estar contenidas únicamente las celdas pertenecientes a las dos figuras involucradas en el análisis, ya que toda otra celda que total o parcialmente quede incluida en aquella hará que la verificación dé negativa y, consecuentemente, *no* haya grabado de línea de interconexión.

## b. ejecución de los procesos de grabado

### 1. grabado de las líneas de interconexión

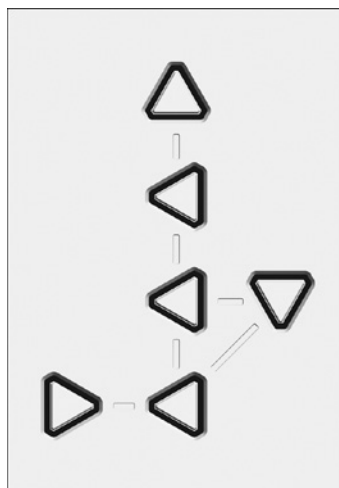
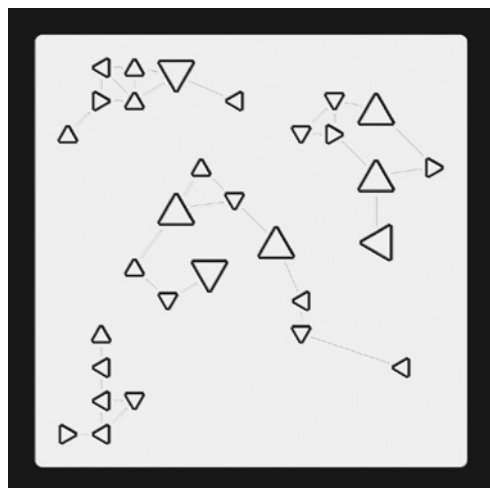
Como primera cuestión, debe puntualizarse lo siguiente... Si se detectara la presencia de cualquiera de los posibles cuatro *perfiles* incluidos en el repertorio de figuras, y a efectos de resolver el problema de corte que suscitan, se construirá una placa frontal alternativa mediante *figuras de remplazo* que sirvan para

demarcar el área cuadrada que ocupa cada perfil. Los perfiles, al ser figuras que poseen *concauidades*, pueden generar, dependiendo del ángulo con el que incida la línea de interconexión, *seccionamientos* incompatibles tanto con el espíritu del aditamento de tales líneas (interconexión *continua* entre piezas) como con el algoritmo desarrollado para tal fin, basado en figuras *convexas*. Por esta razón, la placa temporaria, donde se habrá remplazado cada perfil por un cuadrado, no presentará complicaciones a la hora de la sustracción booleana.

Ya con relación al procedimiento de grabado, y sin adentrarnos en detalles técnicos, puede comentarse lo siguiente:

Primeramente, se determinan las distancias entre centros de todas las piezas. Después, analizándose cada pieza en orden de numeración ascendente, se determina cuál es la pieza más próxima. Una vez identificada, si ese par ya hubiera sido registrado previamente, se selecciona la siguiente pieza más próxima, y así sucesivamente hasta identificar un par no duplicado. Si el segmento que representa la distancia mínima identificada interseca una tercera pieza, esa distancia se descarta, dado que no puede existir un grabado que se superponga a ningún otro objeto que no sea la placa frontal. Una vez hallado el segmento adecuado, se dibuja un rectángulo de interconexión provisorio, que será cortado booleanamente mediante la placa frontal. Acto seguido, se remplazan dichas figuras provisionarias por las definitivas. Si se halla habilitada la supervisión interactiva por parte del usuario, se abrirá una ventana de diálogo con botones de aceptación y de rechazo, que se cerrará una vez evaluado el último de los rectángulos existentes. Luego, se realiza la extrusión de todos los rectángulos remanentes y, finalmente, la operación booleana de sustracción a la placa frontal, obteniéndose así su grabado.

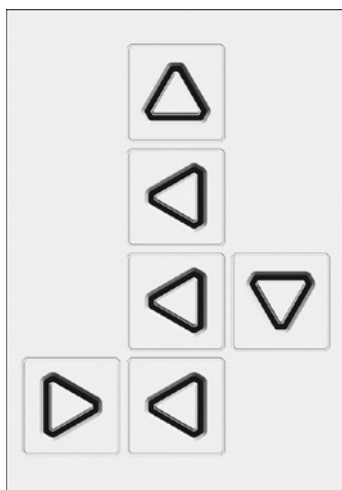
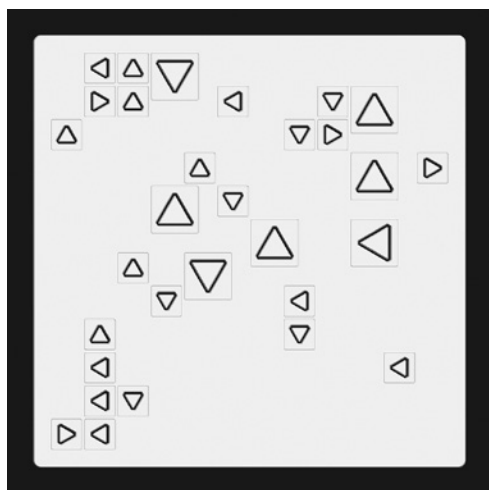
líneas de interconexión grabadas | (detalle)



## 2. grabado de los cuadrados demarcadores

Sencillamente, por cada pieza individual existente, deben dibujarse dos cuadrados cuyos tamaños se correspondan con el de la celda que ocupa la pieza: uno externo y otro interno, que tendrá en cuenta el ancho del surco a grabar, útil para delimitar un *anillo cuadrado*. De corresponder, aquí también aplica la supervisión interactiva mencionada más arriba. Luego, se realiza la extrusión de todos estos anillos y, finalmente, la operación booleana de sustracción a la placa frontal, obteniéndose así su grabado.

cuadrados demarcadores grabados | (detalle)



## 3. grabado de la constelación de concavidades

En función de lo que se haya habilitado, se procede con el método *aleatorio* de grabado o con el *determinístico*.

### método aleatorio

En función del espacio libre, vale decir, de la cantidad total de posiciones disponibles para el emplazamiento de concavidades, y del vector explícito de figuras geométricas (derivado del vector compacto suministrado por el usuario), se dispone aleatoriamente del número y la forma de concavidades hasta cumplir, aproximadamente, con el porcentaje de ocupación solicitado.

### método determinístico según distribución de piezas individuales

Este método admite *dos* versiones:

Versión *mayor* de la constelación determinística. Para explicarlo de una manera simple, podría decirse que, primero, se construye un “mapa” (computacional-

mente, una matriz de 12 por 12) que represente las áreas (celdas) que ocupan todas las piezas individuales. Luego, se deriva un segundo “mapa” que sea la rotación en 180° del primero. Seguidamente, se superponen. Las áreas *ocupadas* del segundo que *coincidan* con áreas *vacías* del primero pasarán a formar parte de un tercer “mapa” final... el del emplazamiento de las concavidades.

matrices 1, 2 y 3

0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0
0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0
0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0
0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0
1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0

0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0

Arriba a la izquierda, se presenta la matriz (1) de *ocupación reducida* de la obra mostrada en las dos páginas anteriores; las celdas de valor unitario corresponden a las ocupadas, o sea, las que llevan asignadas alguna pieza individual. Al centro, la matriz (2) anterior aunque rotada 180°. A la derecha, la matriz (3) de *concavidades* final: el resultado de la superposición de ambas, donde cada celda ocupada de la primera matriz anula la correspondiente celda de la segunda.

Versión *menor*. Es la que, para la confección del segundo “mapa”, considera el primero pero limitando el área de cada pieza solo a la celda que ocupe su vértice superior izquierdo. La superposición se realiza con este segundo “mapa” y el primer “mapa” original. El resto del procedimiento es idéntico. El resultado es una constelación ocupada por una cantidad acotada de concavidades.

matrices 4, 5 y 6

0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1
0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0

0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0

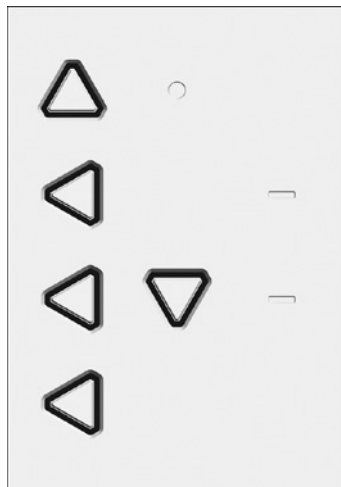
Similarmen te, arriba a la izquierda, se presenta la matriz (4) de ocupación reducida de la misma obra, aunque ahora cada pieza se halla “concentrada” en su correspondiente celda superior izquierda, recibiendo el resto un valor nulo (celdas resaltadas en un celeste más claro). Al centro, la matriz (5) anterior aunque rotada 180°. A la derecha, la matriz (6) de *concavidades* final: el resultado

de la superposición entre la matriz (1) original y la última matriz (5) rotada.

Nuevamente, aplica la supervisión interactiva mencionada más arriba.

Del mismo modo, se realiza la extrusión de todas las figuras remanentes y, finalmente, la operación booleana de sustracción a la placa frontal, obteniéndose así su grabado.

constelación de concavidades grabada | (detalle)

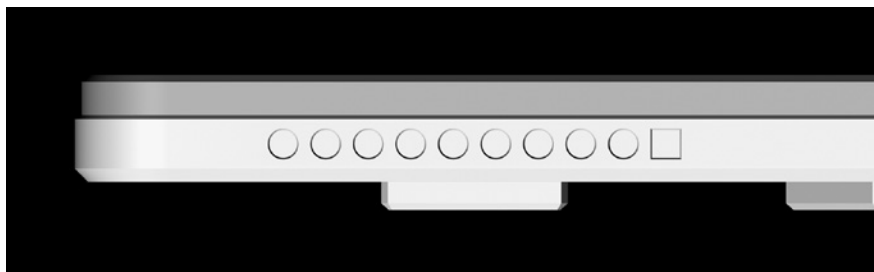


#### 4. grabado del número de *endorrelieve* en código binario

La placa frontal original, o lisa, la que no lleva ninguna clase de grabado en su frente, recibirá en su lateral izquierdo un pequeño grabado con el número de *endorrelieve*, pero traducido a código binario.

Primeramente, se realiza la conversión del número decimal suministrado por el usuario al sistema binario. Como, por convención, el texto a ser grabado debe tener aquí siempre 10 dígitos, de requerírsele, se completará la secuencia con los “ceros” a la izquierda que correspondan. Luego, se determina la leyenda a ser grabada: el “cero” se reemplaza por un *círculo* y el “1” por un *cuadrado*.

código binario grabado

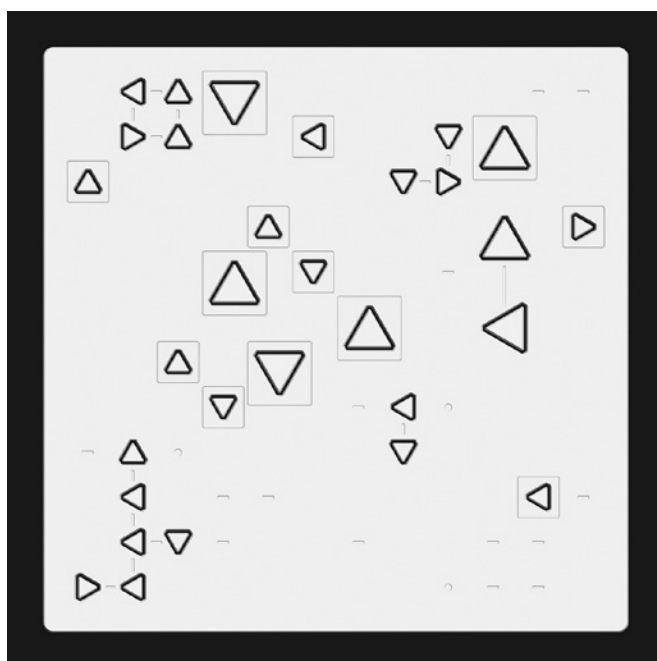


Se procede con la creación de la cadena temporaria de caracteres binarios y su respectiva extrusión. Para finalizar, se sustrae booleanamente a la placa frontal el objeto temporario, obteniéndose así su grabado.

## 5. triple grabado de la placa frontal

En esta nueva sección no se realiza propiamente ningún grabado, sino que se reenvía el flujo de cómputo, mediante un método particular, al inicio del programa, donde nuevamente se procesarán adecuadamente las secciones indicadas aquí como 1, 2 y 3, a efectos de lograr una placa frontal que posea tanto líneas de interconexión, como cuadrados demarcadores y una constelación de concavidades, o sea, una versión *mixta* con los *tres* tipos de grabado, mediante los diversos recursos anteriormente descriptos.

triple grabado del endorrelieve#001



## 6. grabado en la tapa posterior de su leyenda informativa

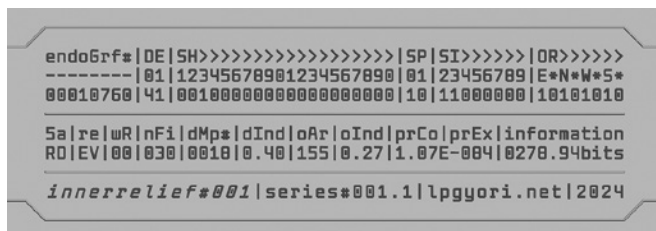
Para la cara visible de la tapa posterior, se puede solicitar el grabado de una “placa” de datos y resultados asociados a la *endografía* de la que deriva el actual *endorrelieve*. La composición que muestran las diversas piezas individuales expone su correlato numérico mediante dicho cuadro, que podrá ser de interés para quien desee profundizar en los ajustes preliminares y los desenlaces *cuantitativos* del proceso que generó la obra geométrica que tiene delante.

¿Qué se consigna en dicho cuadro?

En la primera línea: 1) el número de la *endografía* involucrada; y 2) los cinco vectores primarios utilizados (*DE**n**s**i**t**y* [densidad], *SH**a**p**e* *c**l**a**s**s* [clase de figura], *SP**a**c**i**n**g* [distanciamiento], *S**z**e* [tamaño] y *OR**i**e**n**t**a**t**i**o**n* [orientación] {*E**a**s**t*, *N**o**r**t**h*, *W**e**s**t*, *S**o**u**t**h*}). Aquí, como en el resto de la leyenda, la información se consigna por cuestiones de difusión en *inglés*.

En la segunda: 1) el modo de carga de dichos vectores primarios (5 arrays: DeTermined by the user [determinado por el usuario] / RAndom [aleatorio] / Mixed [mixto: alterna DT y RA] / RAndom Density [vector *densidad* aleatorio]); 2) si en el proceso de dibujo se aplicó alguno de los dos tipos de restricción en el emplazamiento de la celdilla superior izquierda (UNrestricted [irrestricto] / EVen-restricted [parificación] / ODd-restricted [imparificación]); 3) si se aplicó el recálculo de ponderación (weighting Recalculation), y en tal caso, cuál fue su tipo; 4) la cantidad de figuras resultante (number of Figures); 5) el mapa de delineamiento utilizado (delineation Map#); 6) el índice de dispersión (dispersion Index); 7) la superficie ocupada (occupied Area) medida en celdillas; 8) el índice de ocupación (occupancy Index); 9) la probabilidad asociada del dibujo (probability Coefficient y probability Exponent [mantisa y orden de magnitud siempre *negativo*]); y 10) la información (information) aportada por este, expresada en *bits*.

## eyenda informativa TP



La última línea muestra el título de la obra (“internacionalizado” como *innerrelief*), su número de serie, la firma del autor y el año de producción.

Habiéndose recurrido al archivo de producción que corresponda y al eventual recálculo de probabilidad e información, y establecido a partir de él la leyenda a ser grabada, se le adosa un conjunto de líneas para su encuadramiento, y se procede con la creación del elemento gráfico temporario y su respectiva extrusión. Aquí también aplica la supervisión eventual interactiva para su posicionamiento. Luego se sustrae booleanamente el objeto temporario a la tapa posterior, obteniéndose así su grabado.

Como trámite final, y pensando ya en el sistema 3D interactivo, se carga un accesorio para mejorar el contraste de la leyenda informativa y, consecuentemente, su lectura.

## 7. adecuaciones finales

Resta la final adecuación de las diversas placas frontales y de la tapa posterior ya grabadas, consistente en la aplicación de: 1) el modificador de *suavizado*, para rectificar el sombreado, dándole a la malla un aspecto liso, al eliminar sus facetados; y 2) la conversión a *malla* poligonal, que, por otra parte, colapsando la pila de modificadores —como quien diría— “blinda” cada objeto tridimensional intervenido.

## c. renderizado y disposiciones finales

Si las respectivas variables booleanas lo habilitan...

- 1) Se crea una imagen de renderizado (de tipo JPG) de la obra grabada.
- 2) Se crea un archivo de la escena (de tipo MAX) de la obra grabada.



## endomaterializador

Si bien la finalidad última de las obras conformadas, y eventualmente grabadas, o sea, de los *endorrelieves*, radique —como ya lo he declarado más arriba— en su fabricación física, la más o menos ¿transitoria? retención en el espacio virtual electrónico, sea bajo la forma que sea, requiere, para coronar el ciclo productivo, la asignación, a cada uno de los objetos tridimensionales intervinientes, de un *material* de naturaleza virtual, que tanto saque partido de las ventajas fotorrealistas del *plug-in* de renderizado Chaos V-Ray, como disponga la materialización especial destinada a WebGL, para renderizado 3D en tiempo real en navegadores web. El **endoMaterializador** automatiza todo este proceso.

Este programa consta de *dos rutinas* o secciones fundamentales.

La *primera* dispone las operaciones básicas: asociadas a la interfaz del usuario, y la definición de variables y funciones generales.

La *segunda* rutina concierne a la materialización de la obra. Dentro de los exclusivos alcances del presente trabajo, entiéndase por *materialización* al proceso de aplicación, a todos los objetos tridimensionales que constituyan un *endorrelieve*, de los materiales virtuales que corresponda.

### a. disposiciones iniciales

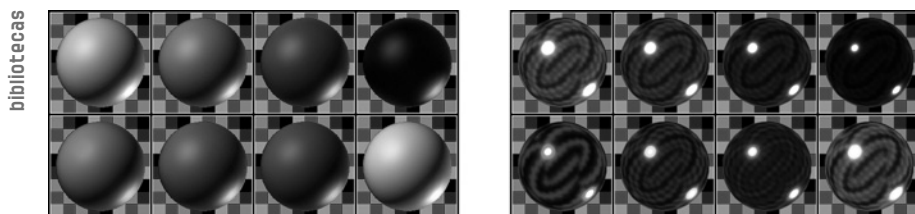
El usuario debe suministralo al programa los datos que se detallan a continuación:

- *Código alfanumérico* identificatorio de la *coloración* elegida, tomado del archivo de datos de coloración emanado del **endoColoreador** (por ejemplo: “endoGrf100\_cr3A-1\_pa2”). De donde se obtendrá luego la especificación del *endorrelieve* que desee materializarse mediante su número de archivo.
- Nombre del archivo de la *endografía* conformada a materializar. Esta variable informa si la obra a materializar está o no grabada (sufijo “grb”); si procede del grabado de múltiples placas frontales (sufijo “FULL”); etc.
- Variable booleana de habilitación de la materialización especial (con materiales “físicos”) destinada a WebGL. Si está en falso, se realiza la materialización destinada al motor de renderizado V-Ray.

- Variable booleana de habilitación de la *rotación* en 180° del mapa de texturas aplicado a la placa frontal, para romper con la *continuidad* textural entre esta y las piezas individuales.
- Variable booleana de habilitación de la materialización *de prueba*, mediante la cual se aplica un único material aluminio con *mapa de gradiente rayado*, para verificar visualmente la correcta orientación de todos los objetos.
- Variable booleana de habilitación de la opción DUAL de materialización.  
En una primera ejecución del programa, se habilita la materialización para V-Ray, mientras que, en una segunda —recursividad mediante— se habilita la materialización para la posterior exportación a glTF (GL Transmission Format) del modelo 3D destinado a la web.

Luego, para la decodificación adecuada del antedicho código alfanumérico, se requiere la definición de los diversos vectores *paleta* conteniendo los nombres de los colores (estos deben coincidir *estrictamente* con los vectores respectivos utilizados en el **endoColoreador**).

La definición de los diversos materiales que llevarán aplicados los objetos proviene de una *biblioteca* previamente constituida para tales efectos.



Los materiales destinados a la placa frontal, la lámina central, la tapa posterior y su accesorio de contraste deben quedar especificados en la interfaz del usuario.

Aparte de la carga de la escena del *endorrelieve* que desee materializarse, se suma la de la escena de carácter auxiliar, con iluminación y cámara, que corresponda según sea la materialización específica que esté llevándose a cabo, si la destinada a V-Ray o bien a WebGL.

Por intermedio del antedicho código alfanumérico, se localiza la coloración elegida dentro del archivo de datos de coloración, producido por el **endoColoreador**. De allí se determina la sucesión original de números elegida del vector *coloración*.

Una vez determinado el número de paleta en cuestión, leyéndolo también del mismo código alfanumérico, se procede con la carga de la biblioteca de materiales del **endoMaterializador** que corresponda según sea, de nuevo, la materialización

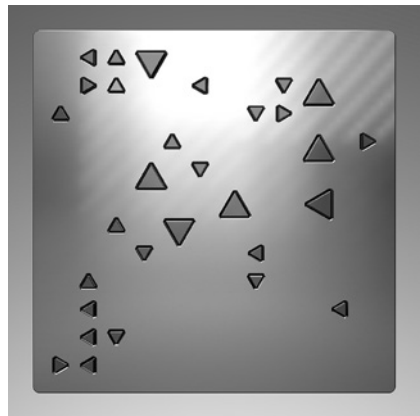
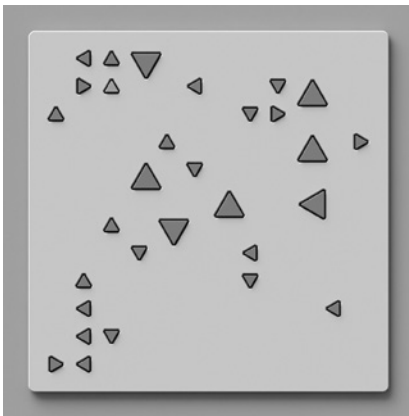
específica que esté llevándose a cabo, si la destinada a V-Ray (véase la ilustración anterior, izquierda, donde se presentan algunos de los materiales específicos o *V-Ray Materials*) o bien a WebGL (ídem, derecha, donde se hace lo propio con los *Physical Materials*).



## b. ejecución de los procesos de materialización

Recordando que cada entrada del archivo de datos de coloración acaba con la serie numérica de colores asignados a las piezas individuales (del anterior ejemplo: “endoGrf100\_cr3A-1\_pa2 > CO:93311422114414243”), irán aplicándose, sin más trámite, cada uno de los materiales a los objetos que corresponda según su número, e, inmediatamente, también un mapeo de texturas. Primero, a las diversas piezas individuales; después, a las placas frontales que pudieran estar presentes en la escena, la lámina central, la tapa posterior y todos los accesorios; eventualmente, también a los tapadores.

obra en V-Ray | Physical materials



Cada subrutina dispone las adecuaciones finales de rigor, consistentes en la aplicación de: 1) el modificador de *suavizado*; y 2) la conversión a *malla* poligonal.

Si la correspondiente variable booleana lo habilita, se procede con la materialización del fondo de renderizado para V-Ray.

## c. renderizado y disposiciones finales

Inicialmente, si la variable booleana lo habilita, se procede con la adecuación de la escena con destino al navegador web.

Si existe al menos un tapador en la escena, se procede con su agrupación.

Luego, con la agrupación final de todos los objetos integrantes del *endorrelieve*.

De estar presentes en la escena, se ocultan las cuatro placas frontales alternativas.

Finalmente, se carga la animación previamente programada, destinada al sistema 3D interactivo para navegador web.

Si las respectivas variables booleanas lo habilitan...

- 1) Se crea una imagen de renderizado (de tipo JPG) de la obra materializada.
- 2) Se crea un archivo de la escena (de tipo MAX) de la obra materializada.

## últimas id(e)as y venid(e)as (o ¡venideras ideas!)

Los **endoX** es una *work in progress*, obra que seguirá progresando, como cualquier otro paquete de programas informáticos. ¿Una prosecución incansable de la perfección? ¡Incansable no tanto!, porque con el *upgrade* del *upgrade* del *upgrade*... carrera bastante cansadora, llevo sucesivamente desarrolladas más de 240 versiones, entre los siete programas, desde que comencé la cruzada, hace más de tres años ya. Sin embargo, la cuenta —no me cabe duda— seguirá creciendo. (*La perfección es enemiga de lo bueno*... se proclama por ahí; ¡tendré que hacerle caso!, tendré que detenerme; mínimamente, ralentizarme). Servicios adicionales a desarrollar habrá siempre; de hecho, podría crecer el ahora restringido repertorio de figuras (agregándole arco, corona, óvalo, rombo, trapecio...) del **endoGraficador**, o la cantidad de alternativas de grabado para placas frontales en el **endoGrabador**, o perfeccionarse puntualmente tal o cual algoritmo, código, función... O directamente sumar algún integrante nuevo como, por ejemplo, talvez un **endoSelector**, un programa que revise masivamente los archivos de salida para localizar, entre la multitud impasible de dibujos arrojados a toda máquina, cierta característica requerida: cuál obtuvo mayor índice de dispersión, aporta mayor información, o queda contenido su descentrado en el —apostémosle— discreto sector 1.

Sea como sea, con innumerables actualizaciones o sin ellas, y siéndome muy necesaria, tuve que lanzar, a principios de 2024, una nueva fase de la mano del **endoGraficador**, ya de carácter *exploratorio*, del inmenso continuo de posibilidades endográficas en espera de ser identificadas. Aquellas, es obvio, que contengan alguna carga de carácter estético son las que procuro descubrirme. Decir *inmenso* podría parecer exagerado, pero detengámonos en esta sencilla cuantificación...

Asumiendo 9 figuras únicamente —las que, como máximo, limitada la variable tamaño a *solamente* su valor 8, se pueden emplazar en una cuadrícula de 24 por 24—, y considerando probabilidades atribuibles a la clase —si me quisiera restringir a las 10 iniciales, excluyendo las otras— igual a  $1/10$ , y a la orientación igual a  $1/8$ , *sin apreciaciones espaciales* —o sea, *no* contabilizando las diferencias ¡esenciales! entre diseños atribuibles a la diferente localización en el espacio disponible de las figuras— y consignando distanciamiento nulo y densidad unitaria de siempre dibujo... la probabilidad asociada por *endografía* resultaría

ser igual a  $(1/80)^9$ , aproximadamente  $7,45 \times 10^{-18}$ . Invirtiendo, la configuración indicada produciría  $1,34 \times 10^{17}$  diseños diferentes, ¡algo más de ciento treinta y cuatro mil billones! Astronómica cifra. Si una supercomputadora destinara solamente una millonésima de segundo para cada diseño, hipotéticamente necesitaría más de ¡4.256 años! para consumir ese número.

Demás está que se me reclame: ¡pero nos encontramos ante cifras absurdas! Efectivamente, son absurdas, atendiendo a nuestro módico panorama temporal. Entonces, ¿el objetivo cuál es? Advertir acerca de la *grandiosidad* implicada por este proyecto. Grandiosidad, al menos, en lo referente al *enorme* campo de prueba que se dilata hasta confines inverosímiles —¿inhumanos?— y que me suscita varias ideas inquietantes.

Aunque dispusiera de cualquiera de las inalcanzables TOP500, apenas una sección infinitesimal, exigua sería la que pudiese llegar a ser explorada durante lo que me reste de vida, siendo que me pudieran incluso restar, optimistamente, dos o tres décadas. ¿Y si hubiese comenzado décadas atrás? ¡Aquella circunstancia funesta no habría podido mejorar en absolutamente nada! Tampoco proyectándome conjeturalmente hacia cualquier especie de sobrevida centenaria, ¡ni mismo milenaria!... dicha sección exigua seguirá persistiendo.

La práctica de **Los endoX** encauza todo su gran universo gráfico de manera similar a como transcurriría la borgeana biblioteca babélica: tras un extenso mar inconexo de combinaciones ordinarias, una composición ejemplar, apreciable, ¡despuntal!; perpetuándose luego la fórmula.

Descarte, descarte, descarte, descarte, descarte... ¡la gema! Claro que lo que fuera descarte podría serme bastante relativo, lo que fuera gema también, o no tan identificables con alguna facilidad. ¿Acaso lo descartable nítidamente lo sea tanto? La misma pregunta para lo gemático. Y llegaría la cosa conflictiva de resolverme, de rechazar/aceptar el esbozo propuesto; que si fueran uno, dos o tres, o diez, o cien, o mil... acaso me les animaría, pero la perspectiva, nutridísima —como la veo—, requeriría talvez algún auxilio también informático, cierta red neuronal artificial entrenada que procesara millones y se pronunciara desfavorable (la mayoría de las veces) o favorablemente (muy a cada tanto). Dicha red, andando sola, me remplazaría, habiendo retenido mis criterios/patrones y, siguiera yo vivo, permaneciera ya muerto, la producción endográfica, bien, ¡incólume!; perdurabilidad asegurada (mientras no caiga felón y, ¡ñácate!, desenchufando la máquina, suspenda la provisión eléctrica).

## apéndice sobre cálculo de probabilidad e información

Dentro de los exclusivos alcances del presente trabajo, mi cálculo probabilístico se realiza *respecto de quien esto suscribe*, respecto de quien usa el programa, respecto de *mi* grado de incertidumbre a medida que va desarrollándose todo el proceso generativo de dibujo.

Entonces... ejecuto el **endoGraficador**. Arranca mi sesión productiva...

¿Qué cosas *espero* sucedan en ella? *Mi desconocimiento* de lo que me mostrará la pantalla... ¿qué preguntas me hará formularme?

Primero, ¿con qué cuento?; ¿qué *certidumbres* tengo? Claramente, la configuración establecida por esta persona que habla, respecto de los cinco vectores donde se guardan los repertorios de densidad, clase, distanciamiento, tamaño y orientación de las posibles figuras, y las variables primarias y disposiciones iniciales, donde se definen la repetición del proceso de dibujo, el mapeo de delineamiento y la habilitación de modos y servicios. O sea, sé hacia dónde transitará la cosa, cuales atributos *aproximadamente* la caracterizarán.

Y segundo, ¿cuáles *incertidumbres* ante la producción a punto de suceder? Las que se reflejan, ante cada figura que la máquina resuelva dibujar, lo que resuelva *no* dibujar!, con estas 5 preguntas que voy formulándome de manera recursiva mientras avanza la sesión y hasta que finalice:

- 1) ¿Dónde colocará la figura?
- 2) ¿La colocará efectivamente o se la saltará?
- 3) De colocarla, ¿qué clase de figura seleccionará del repertorio disponible?
- 4) ¿Qué tamaño tendrá?
- 5) Y, finalmente, ¿cuál orientación?

Una cuestión adicional —en este caso, la sexta— se relaciona con el *espaciamento*, con esa posible celdilla libre alrededor de la figura. Sin embargo, como solo afecta indirectamente a la composición —ya que, de producirse, se traduce recién en una merma del espacio disponible, pero para el siguiente ciclo de generación de figura, disminuyendo la cantidad de celdillas elegibles—, su impacto se verá reflejado en el primer cálculo de la probabilidad: el asociado al posicionamiento.

## nota sobre el color

A mi cálculo de la probabilidad de ocurrencia del conjunto de figuras que integran una composición podría calificárselo de incompleto, porque el cómputo del *color* está ausente. Lo está porque no hay “consenso” —¡resolución mía!— respecto de la extensión de la paleta general... y no lo hay porque ¿cuántos colores integrar a dicha paleta?, ¿tres o seis o diez o...?, ¿cuáles colores integrar?, ¿únicamente los primarios... y secundarios?, ¿incluir blanco y negro?, ¿y qué de la escala de grises?, ¿y cuál sería su definitiva gradación?, ¿o, mejor, únicamente tendría que decantarme por la tríada del modelo aditivo RGB?; el etcétera podría continuarse largamente. De todos modos, el **endoGraficador**, donde se realiza el cálculo probabilístico, no trata con colores, así que —me resigno— tiene cierta lógica que no participen en él.

Además, el foco del análisis probabilístico deliberadamente se puso en la composición *formal*, proporcionando una evaluación basada de manera exclusiva en las figuras geométricas involucradas.

## a. cálculo de los atributos individuales de cada figura

Antes de proseguir, quiero hacer constar la existencia de *dos* métodos para calcular la *información de Shannon* total aportada por un dibujo formado por varias figuras:

- 1) Por *probabilidades*. Se calcula la probabilidad asociada a cada característica de cada figura, y se la va *multiplicando* acumulativamente, para luego calcular la información total.
- 2) Por *informaciones*. Se calcula la información aportada por cada característica de cada figura, y se la va *sumando* acumulativamente hasta obtener esa misma información total.

Me inclino por el segundo método, matemáticamente más elemental.

Dicho esto, se procederá, como primera etapa, con el cálculo de las *probabilidades* y la *información* aportada *individualmente* por los *atributos* de la figura recién dibujada, y los valores concomitantes que resolvieron su posición en el plano.

### 1. respecto de su posicionamiento

Una primera cuestión emana del cálculo de la probabilidad asociada a la disponibilidad espacial donde resolver el *posicionamiento* de cada figura. Para ello se determina la cantidad de celdillas *elegibles* al inicio de cada ciclo de asignación. Una celdilla elegible es cualquier celdilla *disponible* donde poder colocar una celda superior izquierda de una figura. Siendo que tras el arranque



del bucle de asignación de figuras estará disponible todo el espacio que pueda estarlo (no solo todo el que pueda ser expresamente habilitado por el mapa de delineamiento o por los procesos alternativos de parificación e imparificación, sino también el que venga determinado por el tamaño mínimo definido por el usuario en el vector compacto de *tamaños*) y como la incertidumbre, por tal motivo, será mayor, la primera figura que vaya a asignarse detentará el menor valor de probabilidad, o sea, será la que aporte la mayor información asociada a su posicionamiento. A medida que se vaya poblando el dibujo, que comience a mermar el espacio y, por ende, las posiciones disponibles de asignación, esta probabilidad empezará a aumentar y, contrariamente, la información, a disminuir. Es evidente: si hay muchas opciones para el posicionamiento, la incertidumbre será mayor; si hay pocas, menor.

Por lo tanto, la *probabilidad* de ocurrencia del *posicionamiento* es inversamente proporcional a la cantidad de celdillas elegibles:

$$p_p = 1/\text{celdillas\_elegibles}$$

La *información* aportada por el *posicionamiento* resulta:

$$I_p = \log_2(1/p_p) = -\log_2 p_p \text{ [bits]}$$

## 2. respecto de su asignación efectiva

Cuando la posición esté determinada y disponible, ¿se asignará o no figura en ella? La segunda cuestión emana del cálculo de la probabilidad asociada al grado de incertidumbre frente a la asignación o no de figura. Lógicamente, si se trata de la imposición por parte del mapa de delineamiento bien de la asignación efectiva (zona de dibujo seguro), bien de la *no* asignación (zona de dibujo prohibido), y al ser este mapa conocido por mí, no habiendo por esta razón incertidumbre, la probabilidad asociada será unitaria y la información aportada, nula.

Contrariamente, tratándose ya de cualquier zona de dibujo probable de dicho mapa, siendo el azar quien decida si se asigna o no figura, se deberá calcular, en base al vector *densidad* —y sus dos valores correspondientes a los dos únicos estados posibles: asignación o no asignación—, la probabilidad asociada y, luego, la información aportada por esta incidencia.

Por lo tanto, la *probabilidad* de asignación efectiva de una figura puede expresarse como la razón entre el valor relativo a la asignación efectiva y la suma de los dos valores (de asignación y de no asignación), ambos provenientes del vector *densidad*:

$$p_a = \text{asignación}/(\text{no\_asignación} + \text{asignación})$$

La *información* aportada por la *asignación* efectiva resulta:

$$I_a = \log_2(1/p_a) = -\log_2 p_a \text{ [bits]}$$

En este punto, habrá que revisar algunos conceptos adicionales... Más allá de las limitaciones impuestas por los respectivos vectores, y como pretendo saber qué incidencia pueda tener el espacio disponible en los atributos *clase*, *tamaño* y *orientación* de la figura, me formularé tres preguntas más:

### 3. respecto de su clase

¿Hay alguna limitación, en cuanto al espacio disponible, para la *clase* de figura? ¡No la hay! El espacio disponible no tiene incidencia en la clase de figura.

Por lo tanto, el cálculo de la probabilidad asociada a la clase de figura se restringirá al cómputo de los valores involucrados en el vector correspondiente.

Se calcula, consecuentemente, la *probabilidad* de ocurrencia de la *clase* de figura resultante como la razón entre su valor relativo y la suma de todos los valores relativos alojados en el vector *clase* de figura:

$$p_c = \text{clase\_resultante} / \text{suma\_de\_todas\_las\_clases}$$

Si se trata de una figura preexistente, a su probabilidad se le impondrá un valor *unitario*, dado que resulta ser un elemento impuesto de antemano, *sin incertidumbre*, ya que fui yo mismo quien solicitó su incorporación al dibujo.

La *información* aportada por la *clase* de figura resulta:

$$I_c = \log_2(1/p_c) = -\log_2 p_c \text{ [bits]}$$

### 4. respecto de su tamaño

¿Hay alguna limitación, en cuanto al espacio disponible, para el *tamaño* de la figura? ¡Sí, la hay! El espacio disponible tiene incidencia en el tamaño de la figura. Por lo tanto, para el cálculo de la presente probabilidad se recurrirá a los valores de los espacios mínimo y máximo disponibles —determinados cuando la evaluación del espacio disponible—, para resolver el rango válido de entre todos los tamaños incluidos en el vector *tamaño*.

Se calcula, consecuentemente, la *probabilidad* de ocurrencia del *tamaño* resultante como la razón entre su valor relativo y la suma de todos los valores relativos alojados en el vector *tamaño* pertenecientes al rango válido:

$$p_t = \text{tamaño\_resultante} / \text{suma\_de\_todos\_los\_tamaños\_válidos}$$

Igualmente, si se trata de una figura preexistente, a su probabilidad se le impondrá un valor *unitario*, dado que resulta ser un elemento conocido de antemano.

La *información* aportada por el *tamaño* resulta:

$$I_t = \log_2(1/p_t) = -\log_2 p_t \text{ [bits]}$$

## 5. respecto de su orientación

Por último, ¿hay alguna limitación, en cuanto al espacio disponible, para la *orientación* de la figura? ¡No la hay! El espacio disponible no tiene incidencia en su orientación.

Sin embargo... ¡el tipo de “comportamiento” de cada clase de figura ante la orientación —o la rotación— sí tiene incidencia en el cálculo de su probabilidad!

Para el cálculo de la *probabilidad* asociada a la *orientación* debe considerarse la siguiente premisa: las distintas clases de figuras geométricas presentan un comportamiento *distinto* respecto de la rotación. Algunos ejemplos:

El círculo *no* se ve afectado por ella. El cuadrado tampoco... si es que solo sufre rotaciones de múltiplos de ángulo recto. El triángulo, en cambio, presenta una marcada diferencia toda vez que se lo rota, ya que posee rasgo de flecha.

Las clases de figuras implementadas, según resulten sus comportamientos ante la orientación (y sus ocho alternativas), se pueden clasificar en *cuatro* tipos:

**Tipo 1.** Muestra *ocho* disposiciones distintas; *no* muestra disposiciones coincidentes ante la rotación. Casos: triángulo, pentágono, heptágono, estrella pentagonal, semicírculo, sector circular, perfil C, perfil L y perfil T.

**Tipo 2.** Muestra *cuatro* disposiciones distintas; la orientación este coincide con la orientación oeste; la noreste, con la sudoeste; la norte, con la sur; y la noroeste, con la sudeste. Casos: segmento, rectángulo, hexágono, elipse, asterisco, perfil I y estadio.

**Tipo 3.** Muestra *dos* disposiciones distintas; las orientaciones este, norte, oeste y sur coinciden; igualmente las noreste, noroeste, sudoeste y sudeste. Casos: cuadrado y cruz.

**Tipo 4.** Muestra *una* disposición distinta; las ocho orientaciones posibles coinciden. Casos: octógono y círculo.

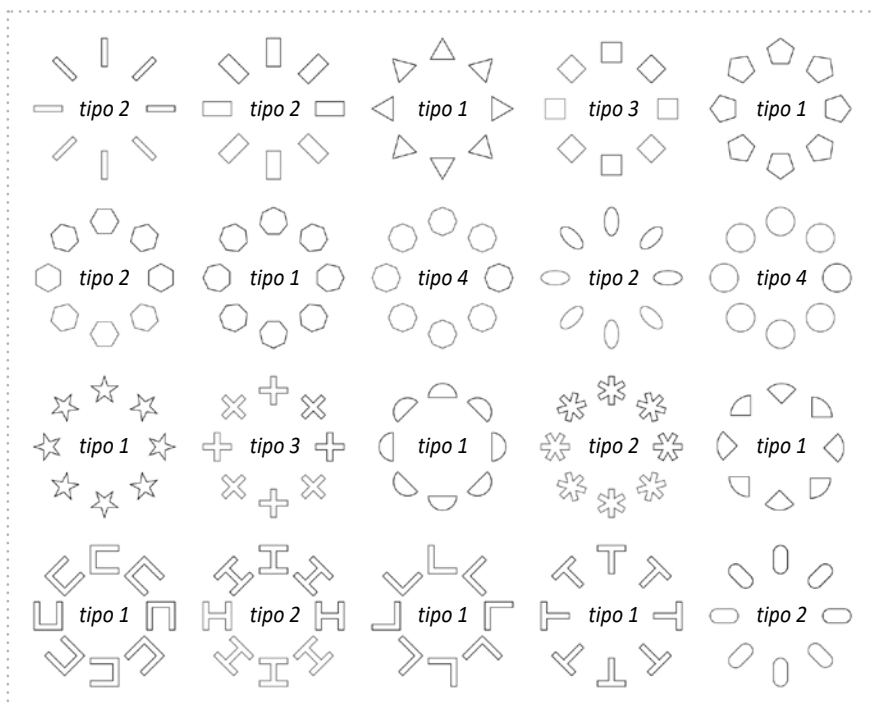
Cada clase de figura muestra una cantidad total efectiva *distinta* de posibles orientaciones, afectando esta cantidad el cálculo de la probabilidad asociada.

Hecha esta distinción, se calcula la *probabilidad* de ocurrencia de la *orientación* resultante como la razón entre la suma de los valores relativos de las orientaciones que producen una disposición de la figura similar a la de la orientación resultante y la suma de todos los valores relativos alojados en el vector *orientación*:

$$p_o = \text{suma\_de\_las\_orientaciones\_similares} / \text{suma\_de\_todas\_las\_orientaciones}$$

La *información* aportada por la *orientación* resulta:

$$I_o = \log_2(1/p_o) = -\log_2 p_o \text{ [bits]}$$



Si tuviésemos, por ejemplo, como vector *orientación* a: (2, 1, 2, 1, 2, 1, 2, 1), que privilegia doblemente a las cuatro orientaciones ortogonales por sobre las oblicuas, y la clase de figura resultante fuera el cuadrado, una figura de tipo 3, como sus orientaciones este, norte, oeste y sur coinciden, el valor relativo para la ortogonalidad será la suma de los valores relativos correspondientes, o sea, 8. Igualmente, las orientaciones noreste, noroeste, sudoeste y sudeste también coinciden; por lo tanto, el valor relativo para la oblicuidad será la suma de los otros valores relativos correspondientes, o sea, 4. En definitiva, nuestro vector se vería reducido al par ordenado (8, 4), aportando una probabilidad de 2/3 para el caso de cualquier orientación ortogonal del cuadrado, y otra probabilidad de 1/3 para el caso de cualquier orientación oblicua.

## b. cálculos subsiguientes

### 1. cálculo de la probabilidad y la información de la figura

Siendo la *probabilidad* de ocurrencia de una figura igual al *producto* de las *cinco* probabilidades de ocurrencia previamente calculadas:

$$p_{\text{fig}} = p_p \times p_a \times p_c \times p_t \times p_o$$

Similarmente, la *información* en bits aportada por una figura es igual a la *suma* de las *cinco* informaciones previamente calculadas:

$$I_{\text{fig}} = I_p + I_a + I_c + I_t + I_o$$

## 2. cálculo de la probabilidad y la información del dibujo

Siendo, también, la *probabilidad* de ocurrencia de un dibujo igual al *producto* de las probabilidades individuales de las  $n$  figuras que lo integren:

$$p_{\text{dib}} = p_{\text{fig1}} \times p_{\text{fig2}} \times \dots \times p_{\text{fign}}$$

Finalmente, se calcula la *información* en bits aportada por el dibujo como la *suma* de las informaciones individuales aportadas por las  $n$  figuras:

$$I_{\text{dib}} = I_{\text{fig1}} + I_{\text{fig2}} + \dots + I_{\text{fign}}$$

## 3. sobre la información total

Una última observación teórica. El cálculo de la información anteriormente descrito ha considerado solo el proceso *generativo* de la obra, la serie de sucesivas elecciones (posicionamiento, clase, tamaño y orientación) efectuadas por el programa pertinente que desembocó en su composición originaria. Sin embargo, una vez generada, la obra quedó en condiciones de acceder a un segundo nivel —especifiquémoslo como— de *variabilidad*, aportado por el sistema 3D interactivo, lo que nos permite sumar, a la etapa ya cumplida de su génesis, otra de naturaleza *performativa* —por así llamarla—, de la que también es posible deducir atributos aportadores de información adicional.

Como se hace mención en el último punto de la guía del usuario, todos los *endorrelieves* admiten la *cocreación* de una cantidad importantísima de *variantes* visuales por medio de estos *cuatro* recursos manuales: ajuste de la orientación de la obra (lo que ofrece ocho alternativas), selección de su placa frontal (con cinco), reconfiguración de sus  $n$  componentes internos, y modificación de su coloración ( $m$  alternativas). La probabilidad asociada es entonces igual a:

$$p_{\text{per}} = 1/(8 \times 5 \times 2^n \times m)$$

Cada uno de los recursos anteriormente citados introduce nuevas alternativas discretas que, desde la perspectiva de la teoría de la información de Shannon, equivalen a nuevas elecciones independientes y, por lo tanto, aportan esta información adicional:

$$I_{\text{per}} = \log_2(1/p_{\text{per}}) = -\log_2 p_{\text{per}} \text{ [bits]}$$

A la información *generativa*, se le añade ahora esta última de naturaleza *performativa*, para cuantificar el potencial informacional *total* que cada obra transporta a lo largo de su existencia digital interactiva. En conclusión, la obra no solo transporta la información asociada con su existencia digital elemental, sino también la que se deriva del proceso interactivo de su mostración:

$$I_{\text{total}} = I_{\text{dib}} + I_{\text{per}}$$

### c. ejemplo de cálculo

El método implementado en el **endoGraficador** es —como ya lo he señalado antes— uno *secuencial y condicional*. Secuencial porque el proceso se realiza paso a paso, colocando una figura tras otra en un orden específico. Por ello, la probabilidad de todo el conjunto no se obtiene de golpe, sino que va calculándose de manera *progresiva*. Condicional porque cada paso *depende* del estado actual del dibujo (las figuras ya emplazadas, el espacio disponible restante, las posiciones aún admisibles, etc.). La probabilidad de la siguiente figura se calcula *condicionalmente* respecto de lo que ya se halle dibujado.

A continuación, se presentará este procedimiento de cálculo de probabilidad e información para un par de figuras de un dibujo de prueba. Para ello, se partirá de su configuración inicial, y luego se explicará toda la secuencia de obtención de cada una de las magnitudes involucradas.

La configuración inicial elegida de los cinco vectores es la siguiente:

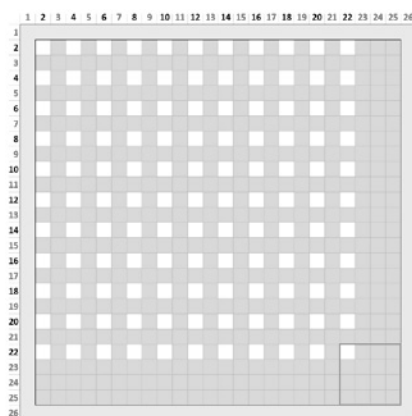
- Vector *densidad* = (1, 1). La probabilidad tanto de no asignación como de asignación efectiva es igual a 50 %.
- Vector *clase* de figura geométrica = (0, 1, 1, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0). Las probabilidades de obtención de rectángulo, triángulo, cuadrado y círculo son todas iguales a 25 %.
- Vector *distanciamiento* = (1, 1). La probabilidad de distanciamiento tanto nulo como unitario es igual a 50 %.
- Vector *tamaño* = (0, 0, 0, 2, 0, 3, 0, 5, 0). La probabilidad de obtención de tamaño 4 es de solo 2/(2 + 3 + 5), vale decir, es igual a 20 %; la de tamaño 6, a 30 %; y la de tamaño 8, a 50 %.
- Vector *orientación* = (1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0). La probabilidad de obtención de cualquiera de las cuatro orientaciones correspondientes a los puntos cardinales es igual a 25 %.

Para la producción del dibujo se recurrió al mapa de delineamiento que consiste en un área única de dibujo solo *probable*, vale decir, aquel que deja librado al

azar el posicionamiento de la figura; en otras palabras, aquel que asegura que no haya ningún delineamiento inicial sabido de antemano!

Se solicitó la *parificación* del dibujo, la disposición de la celdilla superior izquierda de cada figura en celdillas cuyos valores de fila y columna sean únicamente números *pares*.

Como primera cuestión importante debe tenerse presente que la configuración anterior establece *restricciones* de posición en el plano de dibujo. El siguiente gráfico muestra las celdillas elegibles (en blanco) para la asignación de una celdilla superior izquierda de figura, quedando el resto prohibidas.



Dada la limitación de tamaños, establecida por el vector correspondiente (donde el menor es el 4), la última fila y la última columna *admisibles* son, en ambos casos, la 22. Obsérvese que la, por ende, última figura admisible (recuadro verde), de tamaño 4, cuya celdilla superior izquierda quedaría ubicada en esa posición, discurriría entre las filas 22 y 25, y entre las columnas también 22 y 25.

Dada la parificación, entre las filas 2 y 22 solo se conservan 9 filas adicionales disponibles, lo que da un total de 11 filas disponibles para la asignación de una celdilla superior izquierda de figura; mismo número para las columnas disponibles. Al inicio del proceso de dibujo, la cantidad total de celdillas disponibles para la asignación de una celdilla superior izquierda de figura asciende a:  $11 \times 11 = 121$ .

## ciclo 1

Supóngase un primer ciclo de obtención aleatoria de atributos, ejecutado en el **endoGraficador**, que haya producido estos resultados:

- Vértice (celdilla superior izquierda): fil = 4; col = 10.
- Densidad = 1, es decir, se asigna figura.

- Clase de figura = 4, es decir, un *cuadrado*.
- Distanciamiento = 1 celdilla.
- Espacio disponible: mínimo = 2 celdillas; máximo = 9 celdillas.
- Tamaño = 4.
- Orientación = 3, es decir, *norte*.

En consecuencia...

Siendo que se trata de la primera figura a disponer en un plano vacío, y que, con las restricciones que implica la parificación, las 121 celdillas calculadas arriba eran todas elegibles, la *probabilidad* de ocurrencia del *posicionamiento* es:

$$p_{p1} = 1/\text{celdillas\_elegibles} = 1/121 = 0,00826$$

*Información* aportada por el *posicionamiento*:

$$I_{p1} = -\log_2 p_{p1} = -\log_2 0,00826 = 6,919 \text{ bits}$$

Ahora, como con el presente apéndice pretendo ilustrar acerca de un proceso generativo *ya sucedido*, sobre un proceso de generación automático de dibujo por medio del cual se presenta una serie de figuras geométricas *ya determinadas*, usando un método secuencial como el que voy desglosando aquí, esta reproducción *carece de no asignaciones*, o sea, cada ciclo es de asignación efectiva de figura *siempre*. Por este motivo, al ya no haber incertidumbre para quien esto lea respecto de la asignación de figura, como sí la hubo para mí durante el proceso de generación aleatoria real con el programa ejecutándose, toda *probabilidad* de asignación efectiva de figura es y será unitaria:

$$p_{a1} = 1$$

Y, consecuentemente, la *información* aportada por la *asignación* efectiva, nula:

$$I_{a1} = -\log_2 p_{a1} = -\log_2 1 = 0 \text{ bit}$$

*Probabilidad* de ocurrencia de la *clase* de figura:

$$p_{c1} = \text{clase\_resultante}/\text{suma\_de\_todas\_las\_clases} = 1/(1 + 1 + 1 + 1) = 1/4 = 0,25$$

*Información* aportada por la *clase*:

$$I_{c1} = -\log_2 p_{c1} = -\log_2 0,25 = 2 \text{ bits}$$

*Probabilidad* de ocurrencia del *tamaño*:

$$p_{t1} = \text{tam\_resultante}/\text{suma\_de\_todos\_los\_tam\_válidos} = 2/(2 + 3 + 5) = 2/10 = 0,2$$



*Información aportada por el tamaño:*

$$I_{t1} = -\log_2 p_{t1} = -\log_2 0,2 = 2,322 \text{ bits}$$

*Probabilidad de ocurrencia de la orientación.* Como las cuatro orientaciones disponibles no afectan la disposición del cuadrado, siempre visible en su disposición ortogonal, estas pueden considerarse, para él, similares:

$$p_{o1} = \text{suma\_de\_similares}/\text{suma\_de\_todas} = (1 + 1 + 1 + 1)/(1 + 1 + 1 + 1) = 4/4 = 1$$

La *información* aportada por la *orientación* resulta nula:

$$I_{o1} = -\log_2 p_{o1} = -\log_2 1 = 0 \text{ bit}$$

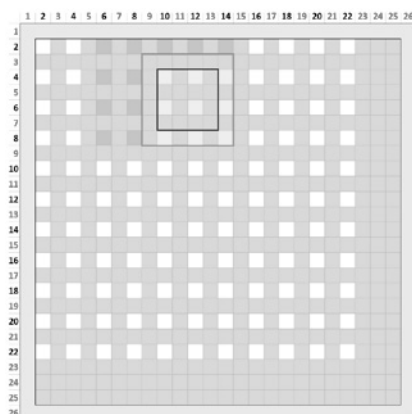
Consecuentemente, la *probabilidad* de ocurrencia de esta primera figura es igual al *producto* de sus cinco probabilidades previamente calculadas:

$$p_{fig1} = p_{p1} \times p_{a1} \times p_{c1} \times p_{t1} \times p_{o1} = 0,00826 \times 1 \times 0,25 \times 0,2 \times 1 = 0,000413$$

Similarmente, la *información* aportada por ella es igual a la *suma* de sus cinco informaciones previamente calculadas:

$$I_{fig1} = I_{p1} + I_{a1} + I_{c1} + I_{t1} + I_{o1} = 6,919 \text{ bits} + 0 \text{ bit} + 2 \text{ bits} + 2,322 \text{ bits} + 0 \text{ bit} = 11,241 \text{ bits}$$

Debe tenerse presente que, para el siguiente ciclo de asignación, la cantidad de celdillas disponibles se redujo. Como lo muestra el gráfico de abajo, donde se indica la posición de la nueva figura (recuadro azul) y su retención de 4 celdillas (celestes), pero, además, porque el distanciamiento resultó en 1 celdilla, aparecen destinadas a él 5 (verdes claro), y, siendo que el tamaño menor es 4, aparecen 11 celdillas adicionales excluidas (rojizas), con lo cual ahora la cantidad disponible resulta igual a:  $121 - 4 - 5 - 11 = 101$  celdillas.



## ciclo 2

Supóngase un segundo ciclo que haya producido estos resultados:

- Vértice (celda superior izquierda): fil = 18; col = 18.
- Densidad = 1, es decir, se asigna figura.
- Clase de figura = 3, es decir, un *triángulo*.
- Distanciamiento = 0 celdillas.
- Espacio disponible: mínimo = 2 celdillas; máximo = 9 celdillas.
- Tamaño = 8.
- Orientación = 7, es decir, *sur*.

En consecuencia...

*Probabilidad de ocurrencia del posicionamiento:*

$$p_{p2} = 1/\text{celdillas\_elegibles} = 1/101 = 0,0099$$

*Información aportada por el posicionamiento:*

$$I_{p2} = -\log_2 p_{p2} = -\log_2 0,0099 = 6,658 \text{ bits}$$

*Probabilidad de asignación efectiva de la figura:*

$$p_{a2} = 1$$

*Información aportada por la asignación efectiva:*

$$I_{a2} = -\log_2 p_{a2} = -\log_2 1 = 0 \text{ bit}$$

*Probabilidad de ocurrencia de la clase de figura:*

$$p_{c2} = \text{clase\_resultante}/\text{suma\_de\_todas\_las\_clases} = 1/(1 + 1 + 1 + 1) = 1/4 = 0,25$$

*Información aportada por la clase:*

$$I_{c2} = -\log_2 p_{c2} = -\log_2 0,25 = 2 \text{ bits}$$

*Probabilidad de ocurrencia del tamaño:*

$$p_{t2} = \text{tam\_resultante}/\text{suma\_de\_todos\_los\_tam\_válidos} = 5/(2 + 3 + 5) = 5/10 = 0,5$$

*Información aportada por el tamaño:*

$$I_{t2} = -\log_2 p_{t2} = -\log_2 0,5 = 1 \text{ bit}$$

*Probabilidad* de ocurrencia de la *orientación*. La disposición del triángulo sí se ve afectada por cualquiera sea su orientación, por lo que, para él, no son similares:

$$p_{o2} = \text{suma\_de\_similares} / \text{suma\_de\_todas} = 1 / (1 + 1 + 1 + 1) = 1/4 = 0,25$$

La *información* aportada por la *orientación* resulta:

$$I_{o2} = -\log_2 p_{o2} = -\log_2 0,25 = 2 \text{ bits}$$

Consecuentemente, la *probabilidad* de ocurrencia de esta segunda figura es igual al *producto* de sus cinco probabilidades previamente calculadas:

$$p_{\text{fig2}} = p_{p2} \times p_{a2} \times p_{c2} \times p_{t2} \times p_{o2} = 0,0099 \times 1 \times 0,25 \times 0,5 \times 0,25 = 0,000309$$

Similarmente, la *información* aportada por ella es igual a la *suma* de sus cinco informaciones previamente calculadas:

$$I_{\text{fig2}} = I_{p2} + I_{a2} + I_{c2} + I_{t2} + I_{o2} = 6,658 \text{ bits} + 0 \text{ bit} + 2 \text{ bits} + 1 \text{ bit} + 2 \text{ bits} = 11,658 \text{ bits}$$

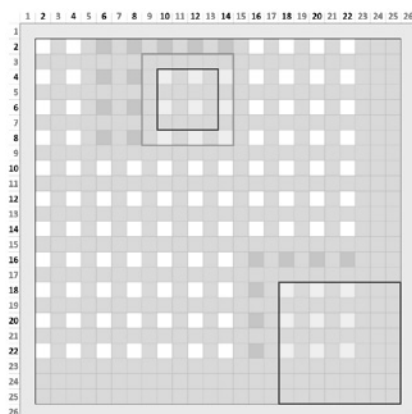
Seguidamente, se pueden comenzar a calcular ya la probabilidad y la información *acumuladas* del *dibujo*. La *probabilidad* de ocurrencia de nuestro dibujo integrado por las dos figuras anteriores es:

$$p_{\text{dib}} = p_{\text{fig1}} \times p_{\text{fig2}} = 0,000413 \times 0,000309 = 1,27617 \times 10^{-7}$$

Finalmente, la *información* aportada por el dibujo es la *suma* de las informaciones individuales aportadas por sus dos figuras:

$$I_{\text{dib}} = I_{\text{fig1}} + I_{\text{fig2}} = 11,241 \text{ bits} + 11,658 \text{ bits} = 22,899 \text{ bits}$$

De continuarse con este procedimiento, un tercer ciclo dispondría de una cantidad aún más reducida de celdillas libres donde alojar su figura.



Como lo muestra el gráfico anterior, se indica la posición de la segunda figura y su retención de 9 celdillas; como el distanciamiento resultó nulo, no hay celdillas destinadas a él; y, siendo que el tamaño menor es siempre 4, aparecen 7 celdillas adicionales excluidas. La cantidad ahora disponible es de:  $101 - 9 - 7 = 85$  celdillas.

La probabilidad de ocurrencia del posicionamiento, a medida que avance la generación del dibujo, irá en aumento, porque con cada ciclo será menor el espacio disponible, con lo cual irá reduciéndose la incertidumbre respecto de la posición que pueda ocupar una siguiente figura.

### un último punto...

Siendo que el número total de variantes *performativas* de una obra es igual a:

$$8 \times 5 \times 2^n \times m$$

Consideremos como ejemplo el *endorrelieve#000*, que posee 8 piezas individuales y 5 colores diferentes aplicados a sus objetos constituyentes. En este caso:

$$40 \times 2^8 \times 5 = 51.200 \text{ variantes}$$

Este cálculo revela cómo las diferentes orientaciones de la obra, opciones de placa frontal, configuraciones de piezas individuales y tapadores, y alternativas de colores se combinan para crear una enorme cantidad de posibilidades visuales distintas para cada obra.

¿Y qué sucedería con otra que poseyera 20 piezas individuales y, por ejemplo, solo dos colores? Siguiendo la misma lógica:

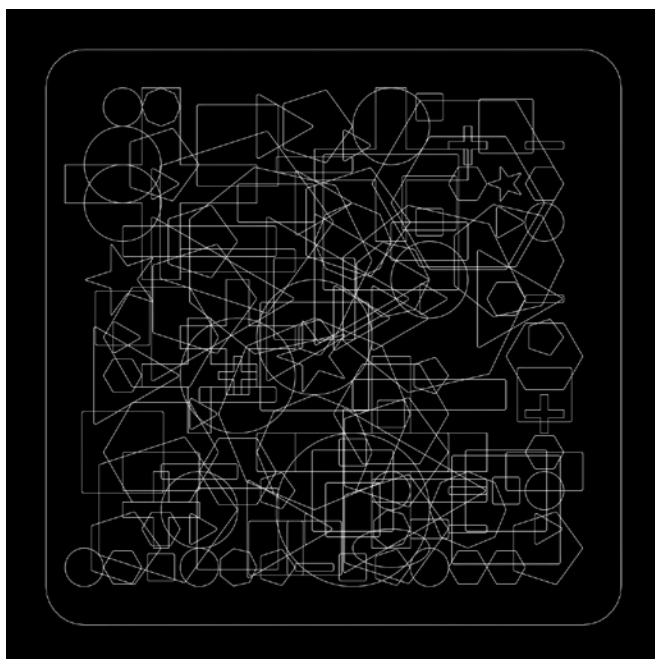
$$40 \times 2^{20} \times 2 = 83.886.080 \text{ variantes}$$

¡Más de 83 millones de variantes! Esto demuestra que, con una cantidad mayor de piezas, incluso con solo unas pocas opciones de color, el número total de variantes crece de forma exponencial.

## la salida geométrica de la primera ejecución

No habiéndole provisto ni siquiera de su nombre final (el actual **endoGraficador**), ya que por entonces había recibido (¿de manera temporal?) un “exograficador” efímero como se revelaría poco después, aún en alguna medida plagado de lamentables anomalías y debilidades informáticas, a nada de haber emprendido su programación, estrictamente tres semanas a partir de haber escrito mis inaugurales líneas en MAXScript, antes incluso de corregir esa superposición ¡inaceptable! de figuras, el extravío de la grilla basamental, el indebido corrimiento de la grafía, su lateralización izquierda (véase reproducción abajo), la falta de distancias, etcétera; fue —lo recuerdo con exactitud— ese viernes 26 de agosto de 2022, apenas pasadas las cinco de la tarde, cuando se redondeó —¡para satisfacción *extrema* de quien escribe!— la... salida geométrica de la primera ejecución de la versión inicial operativa, naciente fase de prueba, de mi programa

salida geométrica de la primera ejecución...



de generación automática de diseños endográficos... y, la parte diferencial aquí, ¡sin detenciones por errores de código!, que, hasta la fecha referida, no me parecía factible poder evitarlas.

¡Y qué parición! Unas 134 figuras entreveradas; el ejemplo de lo que *no* debía ser, ¡aunque fue! (sobre todo por el abigarramiento, la superabundancia, que debía sorteárselos a toda costa, como finalmente se logró). Hacia noviembre del año referido, como memoria de la consecución, y ploteo de tinta negra sobre cartulina blanca, le di su chance de prosperar en obra.

## acerca del autor

**Ladislao Pablo Győri** (Buenos Aires, 1963) inicia en los años ochenta su actividad literaria y sus experiencias en computación gráfica.

De profesión ingeniero en electrónica, introduciéndose primero en el diseño asistido, luego en las técnicas de animación digital, impulsa desde dichas plataformas un arte geométrico 3D, estrechamente relacionado con la estética madí. También interesado por la poesía experimental, utiliza la teoría de la información en la composición de su libro *Estiajes* (1994).

Como asistente técnico del maestro Gyula Kosice, durante los años noventa, participa de numerosos proyectos escultóricos y obras digitales. Cofundan ambos en 1994 el grupo interdisciplinario TEVAT, junto con el semiólogo José E. García Mayoraz. Al año siguiente, Győri propone su *poesía virtual*, inédito emprendimiento que logra vertebrar la función poética de los lenguajes en sistemas de realidad virtual.

Es autor de diversos textos relacionados con las artes visuales, la escritura y la tecnología informática: *First 25 Visual Years* (2010), antología ilustrada; *Kosice y el arte tecnológico* (2011), con el que inaugura su iniciativa de publicación Aero; *Maquinado aditivo en artes visuales* (2013), donde plantea su geometría *desbordantista*; *Notación para lenguaje inexistente* (2014) y *Exography* (2017), hacen lo propio con el *exografismo*. Le siguen: *Lógica de sustracciones a un cuadrado* (2019) e *Impresiones oculares en una visita* (2021), de temáticas tipográfica y fotográfica, respectivamente.

Participante, además, en Argentina y el exterior, de múltiples eventos acerca de los temas referidos, obtuvieron sus trabajos abundante difusión a través de variadas publicaciones internacionales.

Actualmente, se halla dedicado a pleno al desarrollo de los denominados *endorrelieves*, donde convergen procesos automatizados de generación *endográfica*, tridimensionalización y posterior interactividad.

*Con estructura de suite progresiva, "Los Endos",  
una recapitulación instrumental a modo de cierre  
del álbum A Trick of the Tail de Genesis,  
actuó, como si fuese pauta nominadora,  
para refrendarme una jugada.*