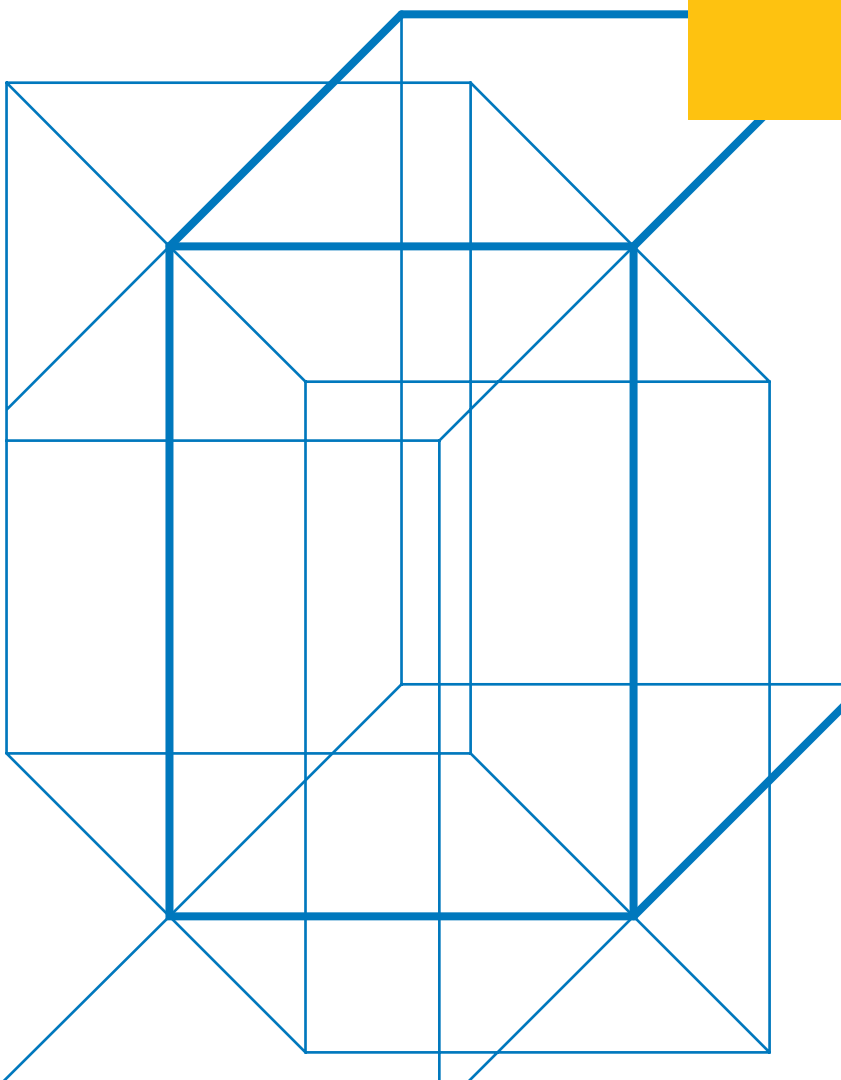
UNIVERSIDAD DEL AZUAY

REPRESENTACIÓN GRÁFICA

Arq. Alvaro Larriva

1



Facultad de Diseño,
Arquitectura y Arte
2017

Casa Editora
UNIVERSIDAD DEL AZUAY
50 AÑOS

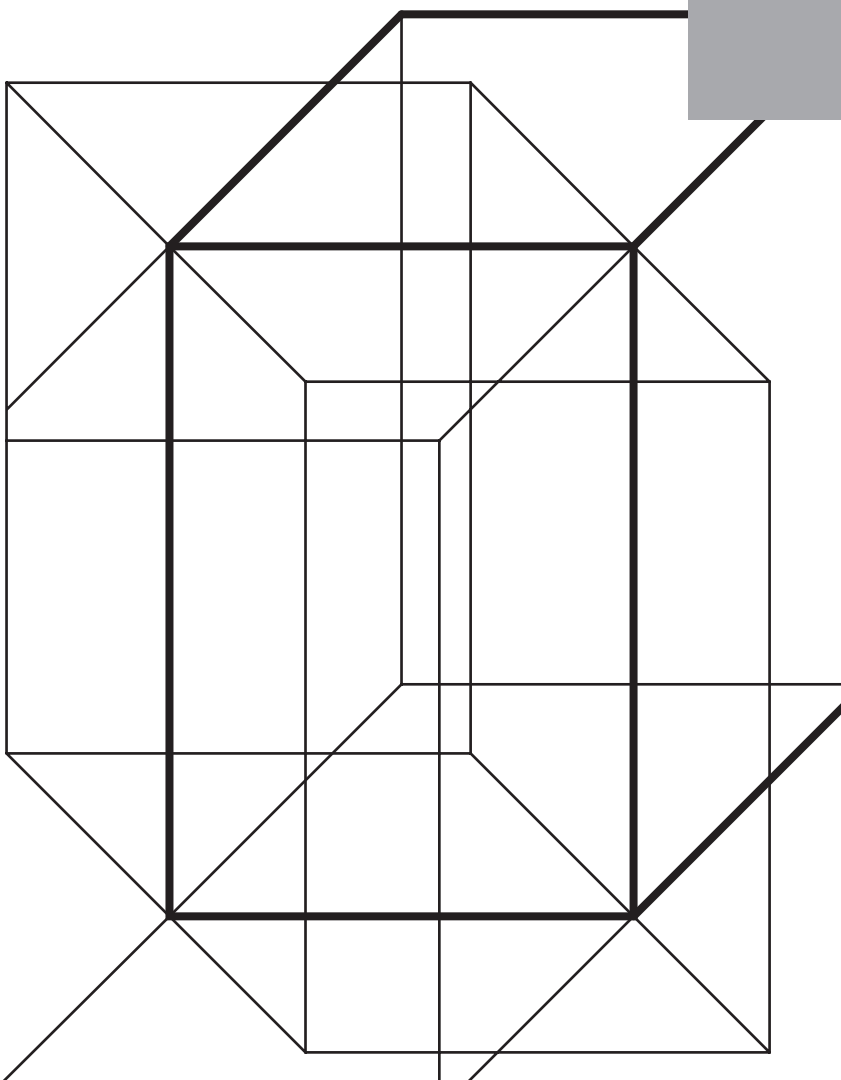
UNIVERSIDAD DEL AZUAY
50 AÑOS
Casa Editora

UNIVERSIDAD DEL AZUAY

REPRESENTACIÓN GRÁFICA

Arq. Alvaro Larriva

1



Facultad de Diseño,
Arquitectura y Arte
2017

Universidad del Azuay

Dr. Francisco Salgado
Rector

Dr. Martha Cobos
Vicerrectora Académica

Ing. Jacinto Guillén
Vicerrector de Investigaciones

Revisión General:
Arq. Leonardo Bustos
Arq. Patricio Hidalgo

Revisión de Estilo:
Dr. Oswaldo Encalada

Equipo Editorial de la Universidad del Azuay
Ing. Jacinto Guillén
Dr. Oswaldo Encalada
Mgst. Narcisa Ullauri

Diseño y diagramación:
Mgt. Jhonn Alarcón Morales

ISBN: 9789978325827

E-ISBN: 9789978325797

Cuenca-Ecuador

2017

UNIVERSIDAD DEL AZUAY
50 AÑOS
Casa Editora

CONTENIDO

REPRESENTACIÓN GRÁFICA 1

INTRODUCCIÓN **7**

CAPÍTULO I - EL ESPACIO REPRESENTADO **11**
11 El modelo geométrico en la enseñanza del dibujo
14 Los sistemas de representación
18 El sistema descriptivo

CAPÍTULO II - LAS PROYECCIONES **23**
23 Las proyecciones axonométricas
25 La axonometría caballera
30 La axonometría militar
33 La rotulación
35 Las escalas
36 Las acotaciones
36 La axonometría isométrica

CAPÍTULO III - LAS PROYECCIONES ORTOGONALES **38**
40 Las proyecciones estándar
41 Las proyecciones de los sólidos
43 Las proyecciones de productos simples

CAPÍTULO IV - LOS CORTES **44**
44 Los cortes o secciones
47 Los cortes en proyección axonométrica

CAPÍTULO V - POSICIONES RELATIVAS DE RECTAS Y PLANOS **48**
48 Posiciones relativas de rectas y planos
50 Rectas notables

BIBLIOGRAFÍA **52**

INTRODUCCIÓN

En la enseñanza de los sistemas de la representación gráfica, referida en especial a la descripción técnica que se utiliza en áreas profesionales, en este caso la del diseño, el presente texto tiene el interés de abordar, sobre todo, dos preocupaciones del aprendizaje.

El primero tendiente a considerar, a manera de consulta del alumno, los criterios y conceptos de la representación geométrica que se aplican en los procedimientos del análisis de problemas respecto de la construcción y representación de modelos en general desde su estructura geométrica. Para este enfoque se relacionan a la vez los contenidos generales del dibujo técnico o normalizado con los de las asignaturas de Geometría y de Geometría Descriptiva.

El segundo, en cambio, plantea una propuesta de ejercicios, cuya secuencia en el análisis de datos y resultados, permite al alumno considerar los conceptos que los aplica en la interpretación, como en la formulación de representar y comunicar, mediante el documento normado, un proyecto en general del diseño, que lo tendrá que abordar oportunamente en el ejercicio de su actividad profesional.

Bajo esta consideración y el del aprendizaje de la asignatura, programado en tres ciclos lectivos, se presenta el texto dividido en tres partes, denominadas como Representación Gráfica I, 2 y 3.

Las prácticas que se exponen en el texto provienen de las experiencias conseguidas en los cursos académicos de las carreras de diseño, en las cuales se propone una secuencia del manejo de los principios de la Geometría y de la Descriptiva con tareas en las que, a la vez, se revisan las normas del trazado aplicado, sobre todo, en forma manual y con el apoyo de herramientas convencionales: como el tablero de dibujo, el microminas, el compás de precisión, los lápices de color, los marcadores de punta numerada, el escalímetro, las plantillas de figuras geométricas.

En la revisión de la teoría de la Geometría Descriptiva se recoge la argumentación de Fernando Izquierdo[1], propuesta para desarrollar los aspectos que explican, sobre todo, los fundamentos de la Proyectiva.

1. Izquierdo, Fernando, Geometría descriptiva superior y aplicada, Ed. Dossat, Madrid, 1985

Conviene, en esta intención, advertir que se ensaya el análisis de los modelos al describirlos en un proceso de **ir de lo concreto a lo abstracto**, de **partir del todo**, del volumen comprensible visual y estructuralmente en una exigencia menos abstracta, para **llegar a las situaciones de las partes**, a los elementos del volumen, conocidos por el estudiante en un nivel menos frecuente del proyecto**. Propuesta que invierte el esquema seguido en muchos de los textos de consulta y en los cursos de formación del estudiante**; en los cuales, se prioriza y se parte de las tareas de conocer y demostrar los conceptos de los elementos geométricos para estructurar y llegar a describir el volumen.

La propuesta que se expone, ya se plantea en las aplicaciones del denominado método directo[2], cuyos recursos se apoyan en un modelo de síntesis centrado en la visualización de la configuración geométrica del todo, del volumen.

LA ENSEÑANZA DE LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA

Los sistemas de representación que se abordan a lo largo del programa propuesto para las carreras de diseño se organizan en tres niveles. Cada uno de los cuales apoyan, por una parte, a las secuencias de formulación gráfica del proyecto de diseño y, por otra, responden a los logros o **resultados del aprendizaje**, considerados en la planificación de la asignatura en cada nivel.

Se define así un nivel inicial, denominado **Representación Gráfica I**, de manejo de los criterios de la representación volumétrica o información general del modelo, al procesar los criterios de las proyecciones axonométricas, las proyecciones ortogonales, los cortes del modelo; así como las aplicaciones de las simbologías normadas del dibujo.

Un segundo curso o **Representación Gráfica 2**, de análisis y representación de elementos del proyecto, bajo las aplicaciones de las proyecciones sucesivas, la axonometría explotada, la codificación de los componentes y la simbología de los materiales, por una parte y por otra, las opciones de presentación del modelo mediante las proyecciones cónicas, ambientadas bajo los criterios de la luz orientada y de los recursos de las sombras proyectadas.

Un tercer nivel, **Representación Gráfica 3**, referido a los documentos de programación y producción del proyecto, con informaciones sobre todo de los aspectos específicos y constructivos del diseño, tanto en su propuesta formal, tecnológica y en sus indicaciones de funcionamiento.

Se asume, en los tres niveles, un enfoque práctico de la asignatura, de aplicación de los criterios de la representación mediante tareas que proponen **evidencias del aprendizaje** en tres campos:

En lo conceptual, mediante el **conocimiento** de las teorías de la representación y los sistemas de la descripción geométrica.

En lo instrumental, dedicado al manejo y **aplicación** de herramientas y procesos de la descripción técnica: normas, formatos, escalas, acotaciones, textos, simbologías.

En lo creativo, en el que el alumno explora y **evalúa** las ventajas de elaborar un documento identificado con una manera de comunicar el proyecto, tanto en la propuesta y la elección de los elementos gráficos, como en la organización de ellos en la lectura de la planificación del diseño.

El curso inicial, por otro lado, prepara una revisión y nivelación de las experiencias de los bachilleres que ingresan, debido a los diferentes niveles de formación que traen en la asignatura.

EL CURSO PREUNIVERSITARIO

Es ofrecido por la Facultad de Diseño con la finalidad de revisar las experiencias que el alumno ha trabajado en su formación del bachillerato. Su programa de 20 a 30 horas aglutina las asignaturas de Expresión, Representación y Modelado, en una propuesta opcional para el estudiante que aspira a ingresar a una de las carreras, previo al examen de admisión obligatorio que debe rendir.

2. www.arquitecturarevista.unisidos.br/

Las experiencias de este curso invitan a que sean comentadas brevemente, a continuación algunos aspectos relacionados con el aprendizaje en el Bachillerato.

EL APRENDIZAJE DEL DIBUJO TÉCNICO EN EL BACHILLERATO UNIFICADO

Los estudiantes que ingresan a las carreras de Diseño, vienen actualmente de las diferentes formaciones en el **Bachillerato Unificado** (modalidad adoptada a nivel de estructura curricular en el país), tanto en las áreas de **las ciencias**, **las artes** como en la del **bachillerato técnico**[3].

La formación del estudiante en las asignaturas del dibujo viene ya relacionada en el área de **educación estética**[4] (dibujo y música) planteada en los cursos 8, 9 y 10 de Básica (o tronco común) y en la que, la asignatura del Dibujo se programa independientemente de su relación con la Geometría, incorporada ésta, más bien en los contenidos de las Matemáticas (fundamentos geométricos, segmentos proporcionales, semejanzas e igualdades de triángulos, superficies y volúmenes de figuras geométricas).

Como **dibujo técnico aplicado** aparece en los tres años del Bachillerato en Ciencias con miras a la continuidad del alumno en su formación universitaria y en el área técnica con la opción de preparar al estudiante al ingreso de actividades laborales inmediatas (formación basada en la competencia laboral o el desempeño desde un perfil profesional); mientras que en el Bachillerato en Artes se presenta como **cultura estética** hacia el desarrollo de las diferentes expresiones artísticas. La carga horaria dispone de 2 a 3 horas por semana.

Los enfoques del programa tienen un nivel de aprendizaje **básico como lenguaje gráfico**[5] a través de los criterios del **dibujo normalizado**(codificado o simbolizado), bajo los cuales el estudiante realiza las prácticas de la rotulación, las aplicaciones de los formatos, la escala y de las acotaciones, las construcciones geométricas, las proyecciones ortogonales, axonométricas y cónicas, así como, las aplicaciones de técnicas como los lápices de color y la acuarela para la expresión del color y el sombreado.

Si se compara esta programación, no difiere prácticamente de la planteada en los contenidos de la asignatura en el anterior **Bachillerato Diversificado**[6]: Las normas del dibujo (simbología de las líneas, escalas, rotulación, formatos de las láminas). Construcciones geométricas. Las proyecciones ortogonales y axonométricas. La proyección cónica.

Los alcances de esta estructura del dibujo técnico, desde una asignatura de poca carga horaria, traen un resultado de trabajo que requiere revisarse y reforzarse en los cursos universitarios. Son situaciones que parten de los ejercicios gráficos que se resuelven a manera de patrones con modelos geométricos simples (cubos, prismas, cilindros y conos) para los diferentes temas de la representación, una especie de aplicaciones que no involucran situaciones de análisis diferentes y en las que, el dibujo de las figuras geométricas se analiza en posiciones obligadas; las mismas que suelen plantear al alumno la identificación de ellas, sólo cuando se presentan bajo esos aspectos determinados.

El proceso de abstracción del espacio representado, en el caso de las proyecciones de la Geometría Descriptiva, requiere de experiencias del alumno para interpretar lo real a través de las convenciones y **simbologías geométricas**[7]. Al ser criterios aplicados para simular y al traducir la representación plana en imagen espacial, se necesita reflexionar sobre las realidades que sostienen a los símbolos; esto es, ayudar a eliminar una enseñanza que se fortalezca en lo abstracto al insistir en el tradicional proceso del **valor de la demostración** de casos generales.

Experiencias que no tienen el aporte de otras asignaturas como Modelado o Maquetería para trabajar el espacio con las manos, construyendo volúmenes completos, concibiendo modelos desde dentro hacia afuera, sin priorizar todavía, solo en las representaciones ortogonales y las secciones; es decir, un estilo,

3. educación.gob.ec
4. www.uasb.edu.ec/reforma/lineamientos
5. www.colegiojacintojijon.edu.ec/Proyectos
6. Estrella, Luis, Dibujo técnico, ciclo básico y diversificado, Edit. El Buho, Quito, 1991
7. Leif, J, y otros, Didáctica de las asignaturas especiales, Kapelus, Buenos Aires, 1975

una manera de pensar, que recuerda al de **Le Corbusier**, que la enseñanza debe partir de un contacto directo con el volumen y el espacio tridimensional antes que con los dibujos.[8]

El alumno al entrar en relación con una reproducción tridimensional de la forma espacial que estudia, se entrena a su vez, en aquellos campos concretos y específicos en los que se desenvuelven con **mayor aptitud** a medida que se forma y se educa en sus habilidades de interpretar el espacio real. Si el modelo tiene elementos de información de su estructura interna permitirá apreciar, también, las consideraciones constructivas de este espacio. El modelo físico, a través de su geometría sensible, le acerca al alumno a lo espacial

8. ruc.udc.es/dispace/bitstream/2183

CAPÍTULO 1

EL ESPACIO REPRESENTADO

EL MODELO GEOMÉTRICO en la enseñanza del dibujo

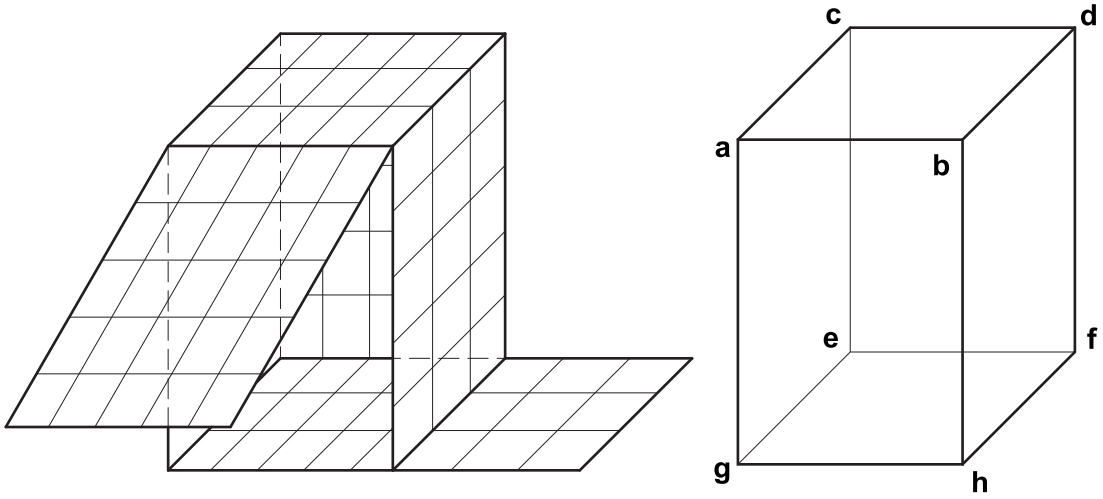
Los modelos son definidos por una multiplicidad de criterios, por lo que su utilidad puede compartirse en situaciones generales de ámbitos diferentes. Las varias distinciones entre los modelos aplicados[9] es posible que los caracterice; sin embargo las prioridades de ciertas informaciones se obtienen **al simplificar la realidad** para explicarla en un patrón determinado y, en consecuencia, pueden en esa interpretación, compartirse y cumplirse en muchos de ellos.

En el caso de la representación del espacio, su descripción se resuelve con el **modelo métrico** bajo una estructura geométrica, cuyos criterios se han precisado a lo largo de la investigación de los procesos que rigen el espacio real.

La estructura **puntiforme,** con su unidad estructural abstracta el punto, y la **reticular[10] o de mallas,** con su referencia ortogonal de coordenadas, son las que básicamente se trabajan para definir estos modelos de medida, que a la vez se complementan con la sistematización de las matemáticas al plantearse a través de los números y las variables de las ecuaciones; esto es, se describen las formas de un espacio infinito, analítico y diferenciable. Sin embargo, con la Geometría Fractal, las formas se analizan bajo procesos no lineales, a través de nuevos modelos de espacios complejos con infinidad de elementos autosemejantes, como el de cuerdas, el de árbol, el de nervaduras.[11]

9. Boudon, Raymond y otros, Corrientes de la investigación en las ciencias sociales, Tecnos/unesco, Madrid, 1981.
10. Guerrero, Marcos, Los dos máximos sistemas del mundo, Abya-yala, Quito, 2004
11. Guerrero, Marcos, Los dos máximos sistemas del mundo, Abya-yala, Quito, 2004

Gráfico 1. Estructuras geométricas: reticular y puntiforme



Este modelo de dimensiones se convierte en **una entidad**, la cual se pretende estudiar o visualizar y cuyas características básicas pueden describirse a través de su distribución espacial y de la forma de los componentes geometrizados en función de **datos**: elementos y figuras, contactados y relacionados a través de una estructura de la entidad.

Las características geométricas de estos datos, al analizarse, permiten plantear unos alcances, unas previsiones: visualizar y comprender el comportamiento de la realidad que se representa y a la vez, proporcionar un medio adecuado para realizar experimentos y predecir los efectos de esas nuevas modificaciones. Por otro lado, al problematizar la complejidad que se modela, se recurre a simplificaciones de la estructura o del comportamiento de dicha entidad; cuanto más se asemeje el modelo a la realidad, mejores serán los resultados que se obtengan.

El modelo geométrico en esta descripción general **de las formas** (elementos y figuras geométricas), que tienen o pueden tener los proyectos, estudia su modo de generación[12] (posiciones sucesivas de un elemento geométrico) y sus propiedades geométricas resultantes (métricas, proyectivas, simbólicas) en un contexto descriptivo que relaciona a la vez a **la Geometría** con el **sistema** ordenador del espacio y la forma en el diseño, esto es, con el sistema de regulación y análisis del comportamiento entre los elementos del espacio geometrizado (tramas espaciales, trazados reguladores, sistemas proporcionales).

La Geometría, por otro lado, en la comunicación de la forma y de los aspectos que lo configuran dentro de **un proyecto,** se corresponde a una visión determinada, precisa; pero a la vez, abstracta del espacio, al plantear desde **la Geometría Descriptiva** los convencionalismos que permiten representar la forma mediante las denominadas **operaciones proyectivas** (paralelas y cónicas). Se establece así una relación entre el espacio tridimensional y uno o varios planos de proyección e inversamente, a partir de un espacio bidimensional, se obtiene y se deducen las formas espaciales, conformando un **sistema de representación** aplicado a la descripción y comunicación técnica del diseño en general. En este caso la Geometría Descriptiva no llega a una investigación geométrica (como lo plantea la Geometría Analítica) sino describe gráficamente las propiedades geométricas de las formas.

12. Izquierdo, Fernando, Geometría descriptiva superior y aplicada, Ed. Dossat, Madrid, 1985

LOS SISTEMAS Y LA REPRESENTACIÓN

Se asume el **enfoque sistémico** al considerar un orden en las relaciones de las propiedades generales que se analizan en un **todo** organizado[13]. Refiriéndose a la explicación de una teoría de la totalidad y de la complejidad de la naturaleza de los elementos y de las interrelaciones entre estos con el todo y, a su vez, en dependencia de un entorno en el que se sitúa frente a condicionantes de otros comportamientos.

Los sistemas, para explicarse, se apoyan en **los modelos** para formular leyes y teorías aplicables a ámbitos variados, al relacionar en ellos la realidad con una estructura simbólica que la represente. Tanto las consideraciones deterministas y reduccionistas de los modelos de menor complejidad (lineales, secuenciales, estáticos), hasta las de las situaciones emergentes, dinámicas, en las cuales los elementos se organizan a diferencia de sus características que las poseen como componentes individuales.

Se trata, por lo tanto, de predecir el comportamiento de un sistema dado[14] al plantear las probabilidades de un resultado en base de las secuencias de hechos precedentes y al mismo tiempo, al utilizar la semejanza o **analogía** de situaciones reales, es decir, representar la realidad con la mayor fidelidad posible para ser manejable al simularla con **simbologías** o equivalencias.

En el caso de la representación del espacio, el modelo geométrico posibilita considerar el comportamiento sistemático de las características de las **formas construidas**, interrelacionadas en una estructura y entorno definidos, con diferentes niveles de organización, en los que se establecen propiedades variables.

La explicación y representación de este **espacio real** se entiende en términos del diseño de las formas hacia una **referencia de eficacia**, esto es, asociado a una funcionalidad intencional. El espacio o las formas se organizan por las conexiones interdependientes entre sus elementos, que a su vez son subsistemas o todos menos complejos y relativamente aislados, bajo las reglas de la descripción geométrica y matemática. Esto es, con un orden determinado o **determinista** en cuanto a las condiciones iniciales y al resultado al que se llega finalmente (entradas- salidas o estímulo-respuesta): un **orden** producido por **diferentes vistas**[15] o proyecciones del espacio tridimensional descritas en dos dimensiones, en distintas posiciones y organizadas bajo el criterio sistemático de control y determinación.

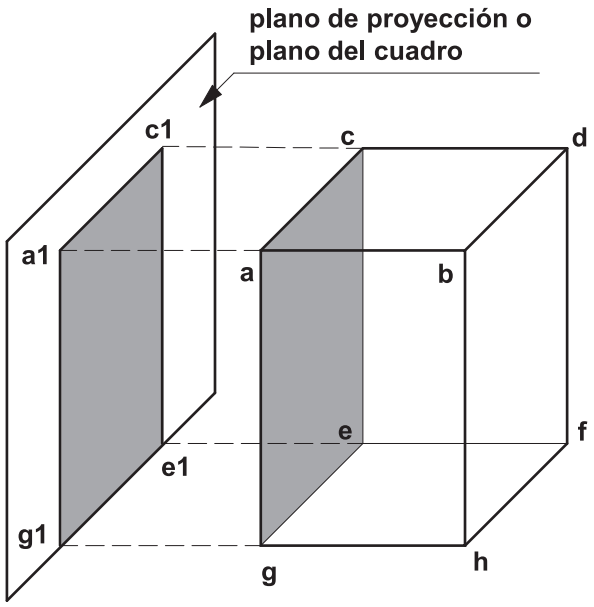
Las secuencias son establecidas por las reglas de descripción del espacio mediante **dibujos bi y tridimensionales y expresiones matemáticas.**

13. Ibáñez, Alejandro, Las teorías del caos, la complejidad y los sistemas. Homo Sapiens, Rosario, 2008.
14. Broasdbent, Geoffrey, Diseño arquitectónico, Arquitectura y ciencias humanas, Gustavo Gili, México, 1982.
15. French, Thomas, Dibujo técnico, Edit. Gustavo Gili, México, 1982

LOS SISTEMAS DE REPRESENTACIÓN

Los sistemas de representación del espacio, definen un campo de trabajo[16] y en particular, el que se apoya en su sistematización a través de relaciones establecidas por **las proyecciones sobre un plano[17].**

Gráfico 2. Proyecciones sobre un plano.



Estos sistemas se vuelven usuales para la descripción del espacio en documentos normalizados o estandarizados[18] y se comparten en varias profesiones del diseño (la ingeniería, la arquitectura, los diseños industriales)[19] mediante un conjunto de **convencionalismos[20] lógicos** que posibilitan representar con exactitud[21] los objetos tridimensionales y las distribuciones de sus componentes. Esto es, unos **fundamentos** del dibujo: unas propiedades geométricas **métricas y gráficas**, para los que hay que definir el tipo de proyección que usan y los planos de proyección que presentan.

Concretamente, al describir el espacio tridimensional sobre una superficie bidimensional, se resuelven en dos dimensiones los problemas espaciales ideados (pensados), garantizando a la vez **la reversibilidad del proceso**, es decir, dada la representación bidimensional, el sistema debe permitir obtener la posición en el espacio de cada uno de los elementos de dicho objeto.

16. http://lombardi-fadu-srg.blogspot.com/
17. Izquierdo, Fernando, Geometría descriptiva superior y aplicada, Ed. Dossat, Madrid, 1985.
18. Giesecke, Frederick, Dibujo y comunicación Gráfica.
19. http://cultivandolamirada.blogspot.com/2011/01/geometria-descriptiva-sistemas-de.html
20. Malmberg, Bertil, Teoría de los signos, Siglo XXI, México, 1977.
21. Di Pietro, Donato, Geometría Descriptiva, Edit. Alsina, Buenos Aires, 1970

Los sistemas de representación[22] se basan en la proyección de los objetos simulados sobre el plano denominado **plano del cuadro o de proyección**, mediante los llamados rayos proyectantes, que son líneas imaginarias trazadas desde el observador y que al pasar por los vértices o puntos del objeto, proporcionan en su intersección con el plano del cuadro, la proyección de dicho vértice o punto.

El número de planos de proyección utilizados, la situación relativa de estos respecto del objeto, así como la dirección de los rayos proyectantes, son las características que diferencian a los distintos sistemas de representación.

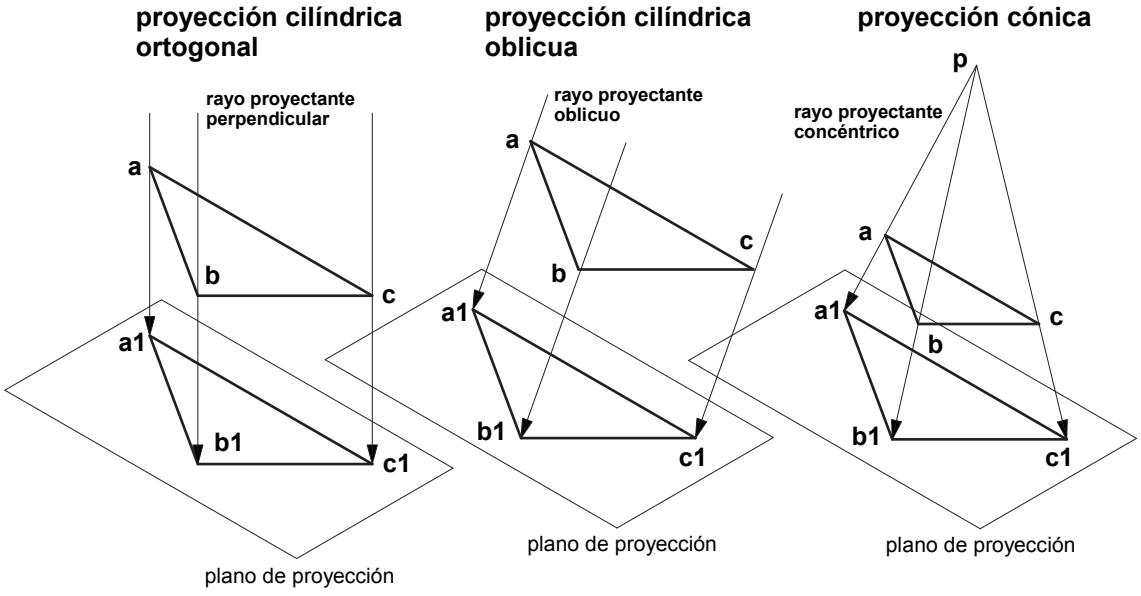
En las proyecciones se consideran dos operaciones que se distinguen: las aplicaciones de proyectar propiamente y las de cortar. Al proyectar un punto o una recta se trazan una **recta proyectante** o un **plano proyectante** respectivamente, mientras que al cortar una recta o un plano se determina la intersección o **traza** de estos con el plano proyectante.

Si el origen de los rayos proyectantes es un punto del infinito, lo que se denomina **punto impropio** (relaciona su ubicación en el infinito), todos los rayos serán paralelos entre sí, dando lugar a la que se denomina, proyección cilíndrica; y si dichos rayos resultan perpendiculares al plano de proyección estaremos ante **la proyección cilíndrica ortogonal** u ortográfica[23], mientras que al resultar oblicuos respecto a dicho plano, estaremos ante la **proyección cilíndrica oblicua**. El observador, en este último, al enfocar cada punto debe desplazarse sobre toda el área de proyección.

Si el origen de los rayos es un **punto propio**, estaremos ante la **proyección central o cónica.**

22. http://es.scribd.com/doc/15485443/Sistemas-de-Representacion
23. French, Thomas, Dibujo técnico, Edit. Gustavo Gili, México, 1982

Gráfico 3. Puntos propios e impropios como orígenes de los rayos proyectantes.



Los sistemas, por los procedimientos de las proyecciones, se asocian a su vez en dos grandes grupos: los sistemas de medida y los sistemas representativos o gráficos[24].

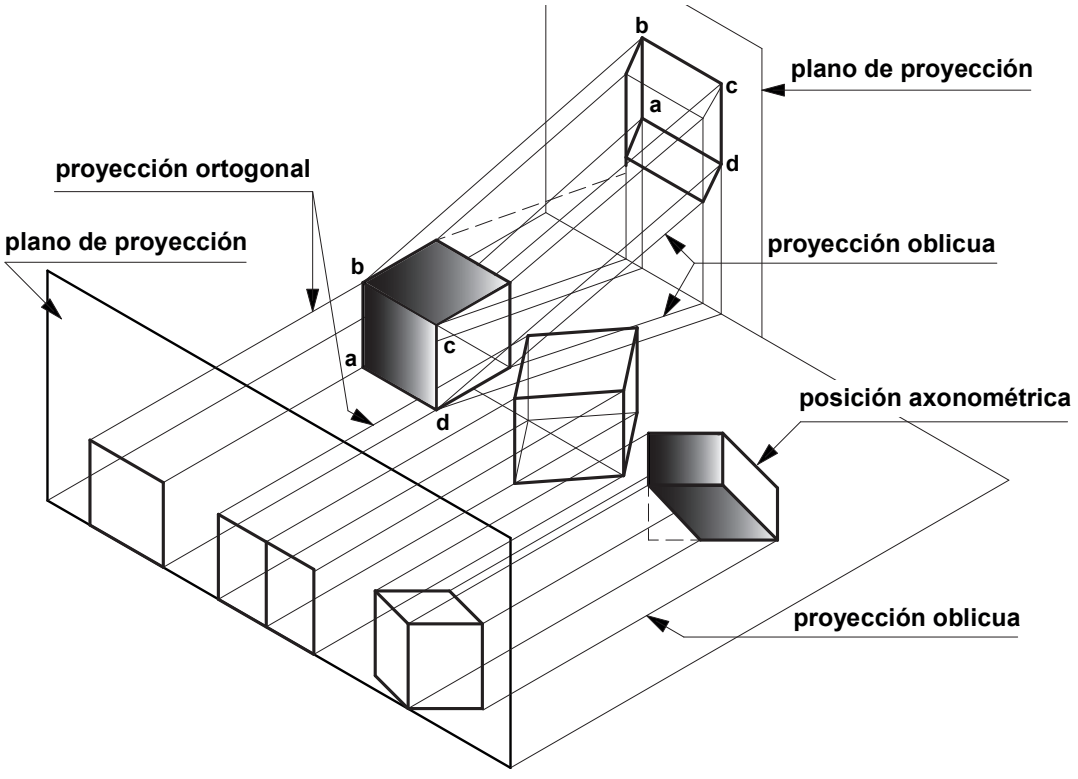
Los **sistemas de medida o métricos** son el sistema **diédrico o de Monge** y el sistema de **planos acotados**. Se caracterizan por la posibilidad de poder realizar mediciones directamente sobre el dibujo, para obtener de forma sencilla y rápida, las dimensiones y posición de los objetos del dibujo. Para ello el sistema diédrico utiliza dos proyecciones principales y para determinados casos se auxilia de otras proyecciones (perfil, cambio de plano) o de algunas transformaciones (abatimiento, giro); mientras que el sistema acotado se resuelve en una única proyección y la altura o cota de los puntos vienen indicada por un número escrito. Se utiliza principalmente para la representación de terrenos o topografía.

Se centran en las proyecciones cilíndricas ortogonales. El inconveniente de estos sistemas es que no se puede apreciar de un solo golpe de vista la forma y proporciones de los objetos representados.

Los **sistemas representativos** se refieren a la posición relativa de los elementos del espacio. Son el sistema de **perspectiva axonométrica** con sus variantes (**caballera**, **militar**, **isométrica**) y el sistema de la **perspectiva cónica** o central. Se caracterizan por representar los objetos mediante una única proyección, pudiéndose apreciar en ella, de un solo golpe de vista, la forma y proporciones de los mismos. Tienen el inconveniente de ser más difíciles de realizar que los sistemas de medida, sobre todo si se considera el trazado de gran cantidad de curvas, y que, en ocasiones es imposible tomar medidas directas sobre el dibujo. Aunque el objetivo de estos sistemas es representar los objetos como los vería un observador situado en una posición particular respecto del objeto, esto no se consigue totalmente, dado que la visión humana

24. Izquierdo, Fernando, Geometría descriptiva superior y aplicada, Ed. Dossat, Madrid, 1985

Gráfico 4. Proyecciones ortogonales y oblicuas.



es binocular, por lo que a lo máximo que se ha llegado, concretamente, mediante la perspectiva cónica, es a representar los objetos como los vería un observador con un solo ojo. En el siguiente gráfico se explican las características de la proyección cilíndrica ortogonal y oblicua.

Los sistemas representativos también se explican con la denominación de **perspectivos**[25], por ser **formas que se corresponden**[26] al proyectarse. Dan una información visual clara de la forma del objeto sin necesidad de tener ningún conocimiento previo para apreciar dicha forma.

El sistema axonométrico, aunque no es realista del todo, presenta la forma del objeto de una manera clara y puede resolverse en los ejes del espacio del volumen, con la aplicación de una misma escala: **isométrico**, con dos escalas: **dimétrico** y con escalas diferentes en cada eje: **trimétrico**.

El sistema cónico es la representación más real de un objeto, pero a su vez la más laboriosa. Reproduce los objetos con las mismas deformaciones que se observan (disminución del tamaño con la distancia, etc.).

Gráfico 5. Sistemas de proyecciones.

SISTEMA	PROYECCIÓN	PLANOS DE PROYECCIÓN	SITUACIÓN	UTILIZACIÓN
DIÉDRICO	Cilíndrica ortogonal	Dos o tres	Detrás y debajo del objeto	Medida
ACOTADO	Cilíndrica ortogona	Uno	Debajo del objeto	Medida
AXONOMÉTRICO	Cilíndrica oblicua	Uno	Oblicuo al objeto	Representativo
CABALLERA	Cilíndrica oblicua	Uno	Coincidente con una cara	Representativo
CÓNICO	Cónica	Uno	Entre observador y objeto	Representativo

También se aplica con este criterio al modelo tridimensional del sistema de diseño asistido por Computadora CAD (por sus siglas en inglés) que trabaja con objetos representados con exactitud y en ocasiones se les atribuye la denominación de prototipos virtuales.[27] Al subsistema que permite crear, visualizar y modificar las representaciones de los objetos se le llama **Sistema de Modelado Geométrico** (GMS por sus siglas en inglés). Aspectos que no se analizarán por no contemplarse en la propuesta de este texto.

25. http://trazoide.com/introduccion-1.html
26. Izquierdo, Fernando, Geometría descriptiva superior y aplicada, Ed. Dossat, Madrid, 1985.
27. Giesecke, Frederick, Dibujo y comunicación gráfica, Pearson Educación, México, 2006

EL SISTEMA DESCRIPTIVO

Los elementos, las formas y las operaciones geométricas

Los elementos están en las formas y, por lo tanto en el ámbito del diseño sistemático[28] de las formas (a partir de una secuencia de etapas se obtienen varias opciones y no una solución única), **las unidades** que se relacionan bajo reglas para plantear productos o resultados intencionales. Una primera manera de organización de la forma parte de la complejidad de los elementos (las partes no son necesariamente más simples que el objeto), al diferenciarse estos en **especies** o categorías; mientras que al corresponderse en ámbitos del espacio, los elementos pueden girar, rotar, es decir, asumen secuencias o **transformaciones** por un lado, y por otro, se proyectan desde elementos propios e impropios bajo los criterios de las **operaciones geométricas o proyectivas.**

Los elementos geométricos, según F. Izquierdo[29], son los conceptos primarios que permiten obtener las denominadas **figuras** o conjuntos continuos y en una segunda instancia de mayor complejidad, **las formas** o conjuntos de infinitos elementos, entre los que participan a su vez las figuras.

En estos conjuntos los elementos geométricos aparecen como **especies** para **relacionarse** entre ellos. Así se constituyen las complejidades o **categorías** de las formas, al plantearse desde esas características las vinculaciones sólo en una especie, entre dos (la forma plana) o en una situación abierta de todas ellas (los poliedros y formas con superficies curvas y regladas).Las **series** y los **haces** son las relaciones más sencillas para organizar estas formas.

En las **transformaciones geométricas**, los elementos y las formas se corresponden en órdenes estrictos mediante las reglas de **las simetrías** al **trasladarse, superponerse**, **rotar**, o **reflejarse** las unidades de una forma en los de otra y viceversa. Funcionan, a manera de una ecuación matemática y pueden convertirse en los resultados de transformaciones sucesivas. Los **centros** y los **ejes** en estas transformaciones diferencian las simetrías

coincidentes de las congruentes. Estas regulaciones Wucios Wong[30] las presenta como **elementos de relación** en un diseño: dirección, posición, espacio, en los cuales las formas se interrelacionan al superponerse, unirse, interceptarse o coincidir.

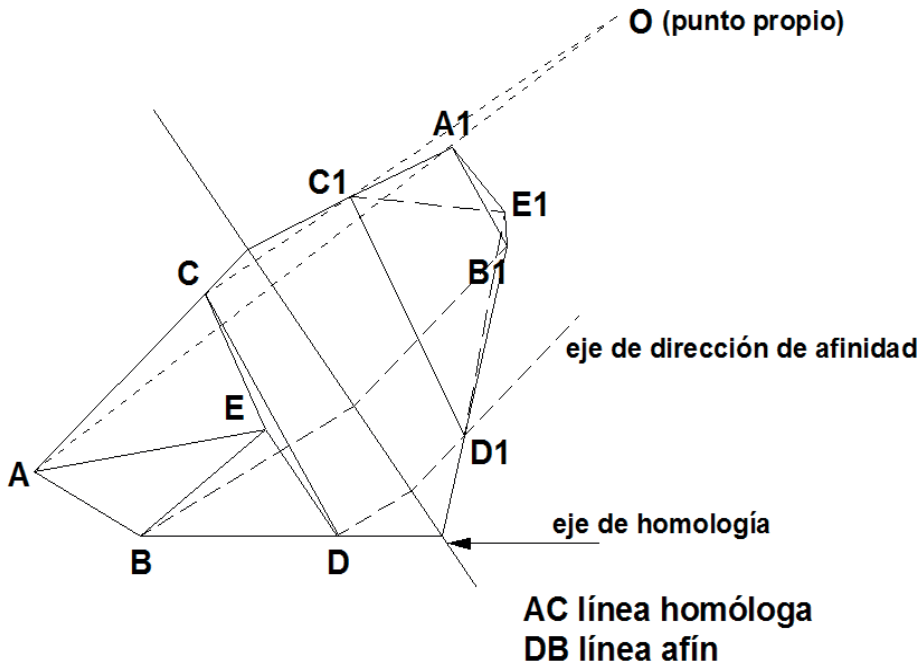
La descripción de estas propiedades de las formas presentan dos ámbitos: la métrica y la gráfica. En el primer caso se trata del análisis de las medidas (variantes) y en el otro, de las posiciones relativas de los elementos geométricos, al considerar sus propiedades proyectivas como **invariantes** de la forma. Algunos autores diferencian estas aplicaciones de la Geometría, al tratar por separado la **Geometría Métrica y la Geometría Proyectiva.** Por lo cual, las líneas, los puntos y los planos, mientras en la Geometría Métrica se consideran **propios**, en la Proyectiva adquieren un carácter más general, de **impropios** al poder ubicarse en el infinito y explicar los casos de las infinitas direcciones y orientaciones paralelas que pueden trazarse a partir de ellos.

Se explican a continuación algunos de los casos de las posiciones relativas o invariantes de la forma.

Homología es la proyección de dos figuras planas que se encuentran en planos distintos, desde un punto de proyección exterior a los dos planos. Los elementos que se corresponden en las dos figuras se definen como homólogos respecto de un eje definido.

28. Broasdbent, Geoffrey, Diseño arquitectónico, Arquitectura y ciencias humanas, Gustavo Gili, México, 1982.
29. Izquierdo, Fernando, Geometría descriptiva superior y aplicada, Ed. Dossat, Madrid, 1985.
30. Wong, Wucios, Fundamentos del diseño, Gustavo Gili, Barcelona, 2004

Gráfico 6. Elementos homólogos respecto a un eje establecido.



Afinidad : Es el caso particular de la homología. Las proyecciones de las figuras planas se encuentran en planos distintos, relacionadas desde un punto de proyección que está en el infinito (impropio) el cual define la **dirección de afinidad**.

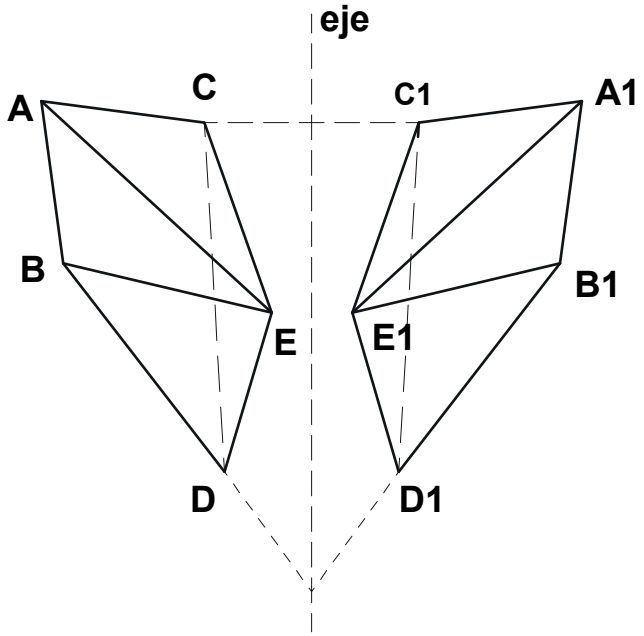
Homotecia : la proyección de dos figuras planas que se encuentran en planos distintos y paralelos, desde un punto de proyección exterior a los dos planos. Esta característica se analiza como la relación de autosimilitud en los objetos fractales, al conservarse la estructura en cualquier escala[31].

Semejanza: es una homotecia a la que también se le ha podido aplicar un giro o una simetría.

31. Guerrero, Marcos, Los dos máximos sistemas del mundo, Abya-yala, Quito, 2004

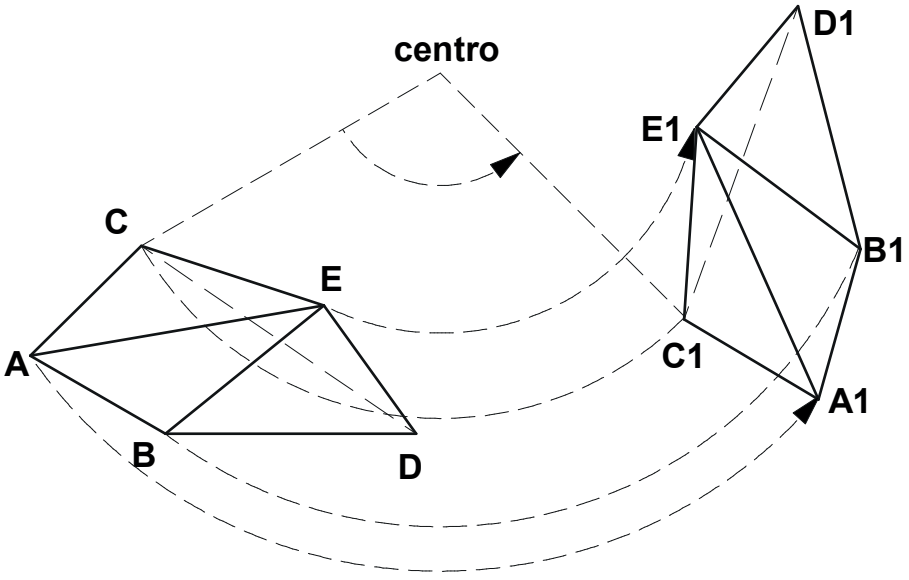
Simetría : es el giro de una figura plana alrededor de un eje (simetría axial) o de un punto (simetría central). Una forma de simplificar los trazados al necesitar una parte y sólo reflejarla.

Gráfico 7. Simetría de la figura ABCDE respecto a un eje dado.



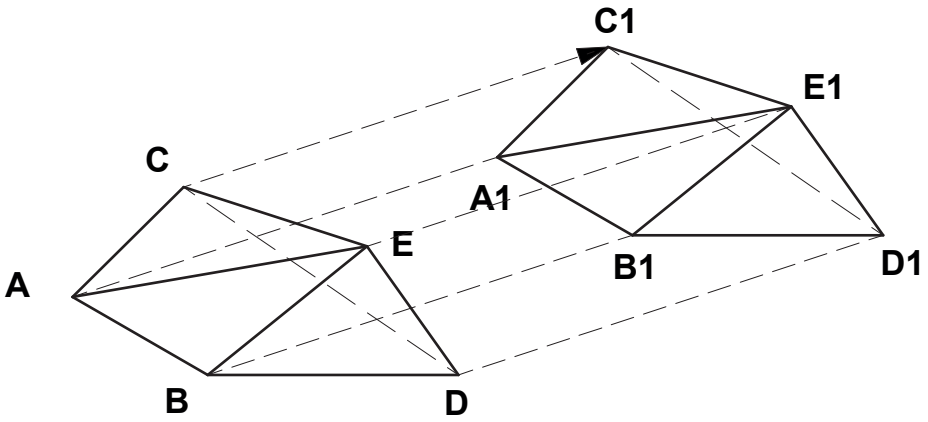
Giro : es mover una figura alrededor de un punto, en un determinado ángulo.

Gráfico 8. Giro de la figura ABCDE.



Traslación : es mover una figura de tal forma que los nuevos lados sean paralelos a los iniciales.

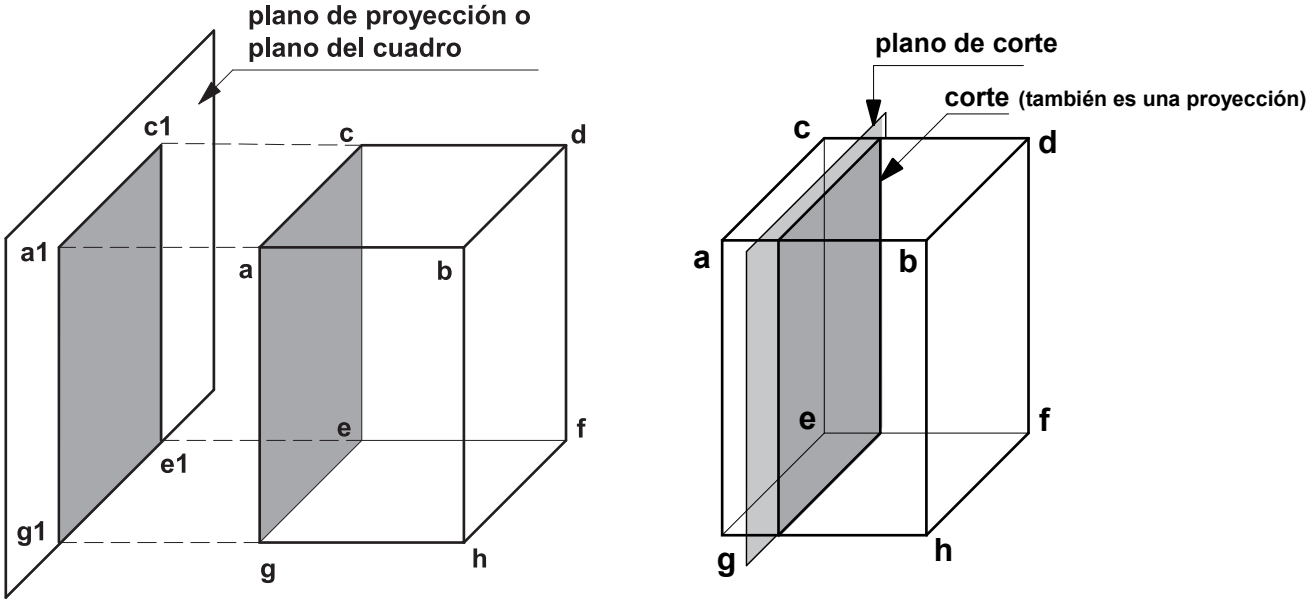
Gráfico 9. Traslación de la figura ABCDE hacia A1 B1 C1 D1 E1 de manera que A-B paralela a A1-B1.



OPERACIONES PROYECTIVAS

Las características de estas propiedades se definen por las **operaciones** de **proyectar y cortar**, las que al aplicarse no plantean situaciones iguales. Al proyectar un punto o una recta se trazan una **recta proyectante** o un **plano proyectante** respectivamente, mientras que al cortar una recta o un plano se determina la intersección o **traza** de estos con el plano proyectante. En definitiva, proyectar una figura es lo mismo que cortar dicha proyección sobre el plano de proyección.

Gráfico 10. Operaciones de proyectar y cortar.



Las implicaciones de resolver la representación del todo, esto es, del modelo en su conjunto, antes que a través del análisis de sus elementos, propicia esta propuesta de iniciar las aplicaciones de la construcción de las formas, mediante las operaciones proyectivas desde un punto impropio o también denominadas **proyecciones paralelas**. Las formas directas de los modelos o a través de sus estructuras geométricas auxiliares, pueden ser entendidas en su construcción y aún más, ubicadas en un espacio representado bidimensionalmente.

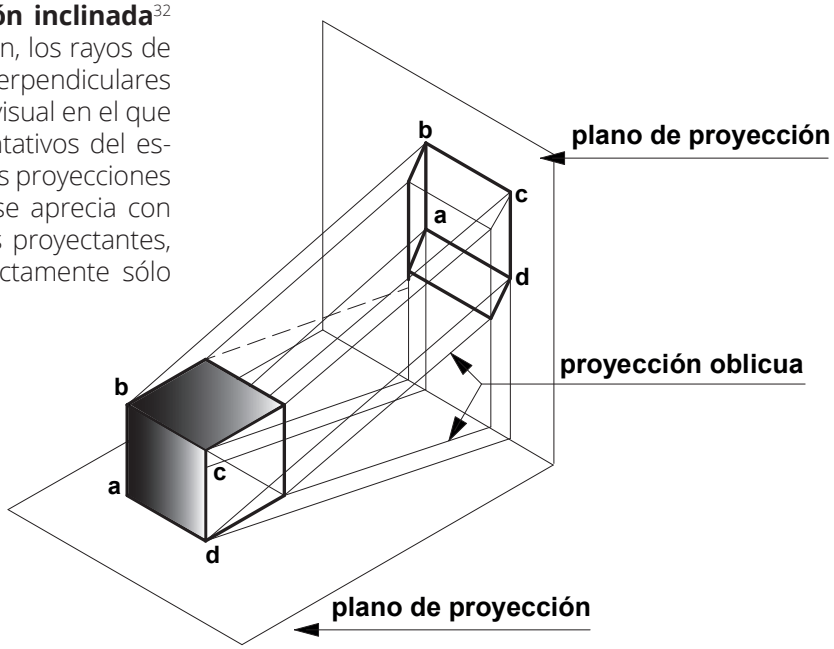
CAPÍTULO 2

LAS PROYECCIONES

LAS PROYECCIONES AXONOMÉTRICAS

Al proyectar un modelo desde un punto impropio (infinito), se produce la correspondencia entre sus figuras y elementos. Si el modelo es orientado en una **disposición inclinada**[32] respecto del plano de proyección, los rayos de proyección paralelos, ya sean perpendiculares u oblicuos, resuelven un efecto visual en el que aparecen los tres ejes representativos del espacio, a diferencia del caso de las proyecciones ortogonales, cuando el objeto se aprecia con sus caras paralelas a los planos proyectantes, en los cuales se informan directamente sólo dos de estos ejes.

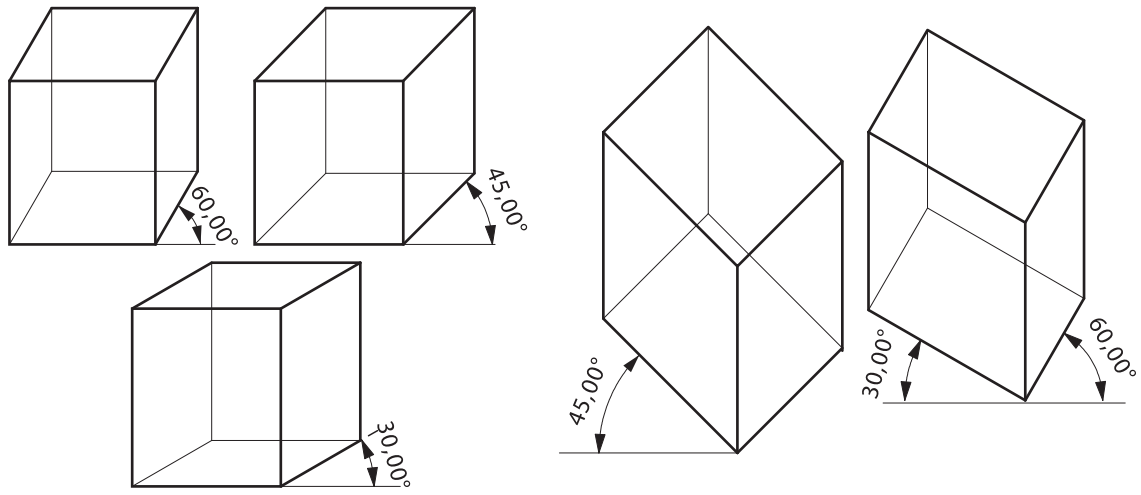
Gráfico 11. Proyecciones paralelas con orientación oblicua respecto al plano de proyección



32. French, Thomas, *Dibujo Técnico,* Edit. Gustavo Gili, México, 1982

Al girar el modelo, sus proyecciones definen la representación axonométrica de tres de sus vistas o caras (otros autores, la definen como **dibujo pictórico**[33] o **bosquejos ilustrativos**[34]), pero las dimensiones en sus aristas no aparecen en verdaderas magnitudes. Se conviene, por las consideraciones de facilitar el dibujo, que en los casos correspondientes se conserven las medidas reales, por lo menos en dos de los ejes de la axonometría y, por lo tanto, en todas las medidas paralelas a dichos ejes. No así en las líneas del modelo que difieren de estas orientaciones, en las que no se pueden medir directamente.

Gráfico 12. Ángulos establecidos en las proyecciones axonométricas.



Los ejes se denominan axonométricos y en uno o dos ellos se aplica el uso de escalas de proporción para representar las medidas directas del objeto. Según el caso, la axonometría será una **isometría**, si usa una escala; **bimetría**, si utiliza dos escalas (los ángulos de dos de estos ejes del volumen con respecto a la horizontal, **se eligen**[35] y en relación a ellos se proporcionan las escalas; en el eje vertical generalmente se mantienen las medidas reales) y **trimetría**, si se aplican tres escalas diferentes (es un procedimiento menos frecuente en su aplicación).

Según la orientación oblicua o perpendicular de las líneas de proyección, la axonometría se denomina: **caballera** (cavalier, nombre del lugar central en las fortificaciones medievales), **militar** e **isométrica**. En todas ellas las líneas paralelas del objeto se describen paralelas en el dibujo y los tamaños de los mismos no dependen de la distancia hacia el observador para representarse.

33. Jensen, C.H, *Dibujo y diseño de ingeniería*, Edit. McGraw-Hill, México, 1984.
34. Giesecke, Frederick, *Dibujo y comunicación gráfica*, Pearson Educación, México, 2006.
35. Dernie, David, *El dibujo en arquitectura, técnicas, tipos y lugares,* Blume, Barcelona, 2010

EL TRAZADO DE LA LÍNEA Y SU SIMBOLOGÍA

El trazado de la línea, tanto en el dibujo a lápiz como en los terminados a tinta, se diferencia en relación a aspectos como la continuidad del trazo, el grosor, la intensidad y sus combinaciones posibles, para normar la lectura de usos establecidos.

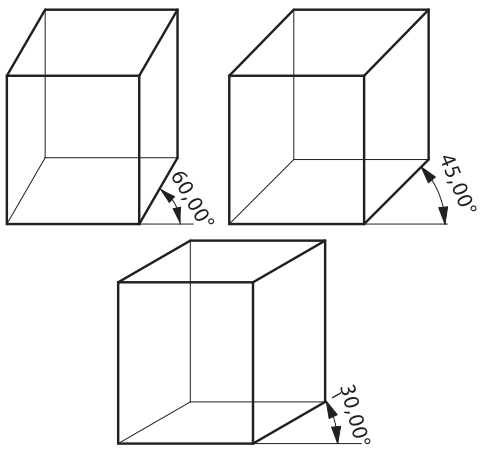
Gráfico 13. Simbologías en el trazado de la línea.

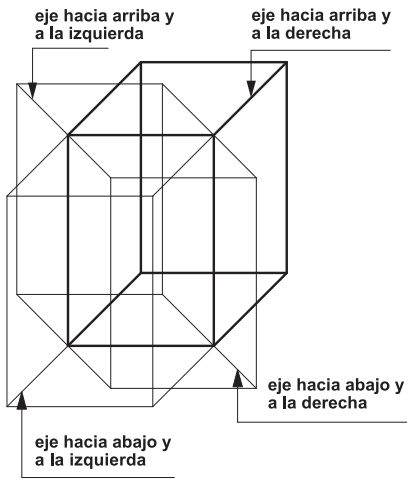
TIPO	REPRESENTACIÓN	USOS
Línea continua gruesa	———————	trazos principales vistos
Línea continua fina	———————	trazos auxiliares de construcción
Línea entrecortada	- - - - - - - - - - - - - -	trazos ocultos
Línea entrecortada	– — – — – — – — – -	línea de plano de corte
Línea entrecortada	-----.-----.-----.-----.-----.	línea de eje
Línea negra	———————	trazados a lápiz: mina HB
Línea gris (ploma)	———————	trazados a lápiz: mina 2H
(según décimas de milímetro[36])	2.0, 1.4	1.0, 0.7 0.5, 0.35 0.2, 0.18 mm

LA AXONOMETRÍA CABALLERA

El modelo se sitúa con una de sus caras paralela al plano de proyección, pero las líneas de proyección son las que se orientan con un ángulo diferente al recto. De esta manera, dos de los ejes de la axonometría forman el ángulo recto y sobre ellos se proyectan sin deformarse y en medidas reales (en verdaderas magnitudes), las caras paralelas al de proyección; mientras que el otro eje, el de la profundidad, se orienta según un ángulo convenido.

Gráfico 14. Ángulos en el eje de la profundidad en la axonometría caballera.





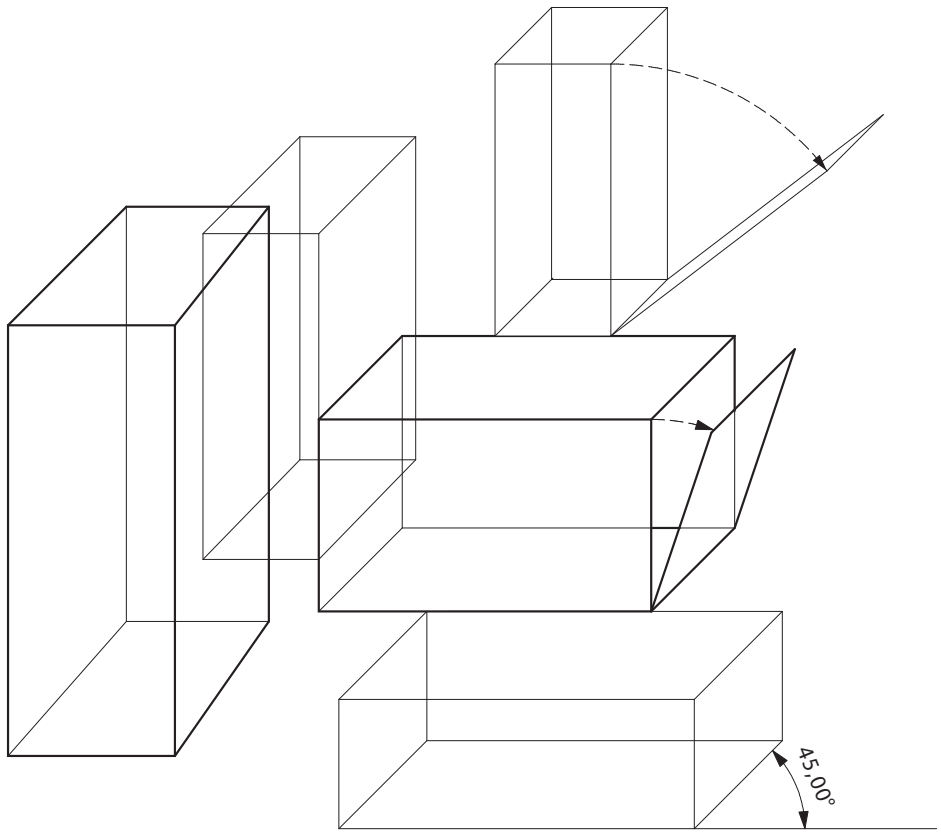
36. www.inen.gob.ec/ código de prácticas para dibujo de arquitectura y construcción

La proyección de las caras sin deformarse plantea la ventaja de representar en medidas reales las formas con trazados complejos e irregulares. Por ello se aprovecha para describir en esas caras la información que requiera más precisiones y que sean las **más significativas**[37], mientras en las otras dos, los datos se grafican a elección para ser visualizadas hacia arriba, abajo, a la derecha o hacia la izquierda

En los ejemplos resueltos, la medida real en el eje de la profundidad resalta una proporción visual mayor que la que tiene el modelo, y para compensar esta **distorsión**[38] de la axonometría se practica el uso de su **acortamiento**. Si el ángulo para el eje de la profundidad es el de 30°, la proporción para las medidas reales será con el uso del coeficiente de 2/3. Con 45°la proporción es con 1/2 y con 60° la proporción a 1/3; estas orientaciones se utilizan por la facilidad del manejo de los ángulos que vienen en las escuadras.

EJERCICIO EN CLASE No.1

Prismas auxiliares en axonometría caballera (contactados en las aristas)



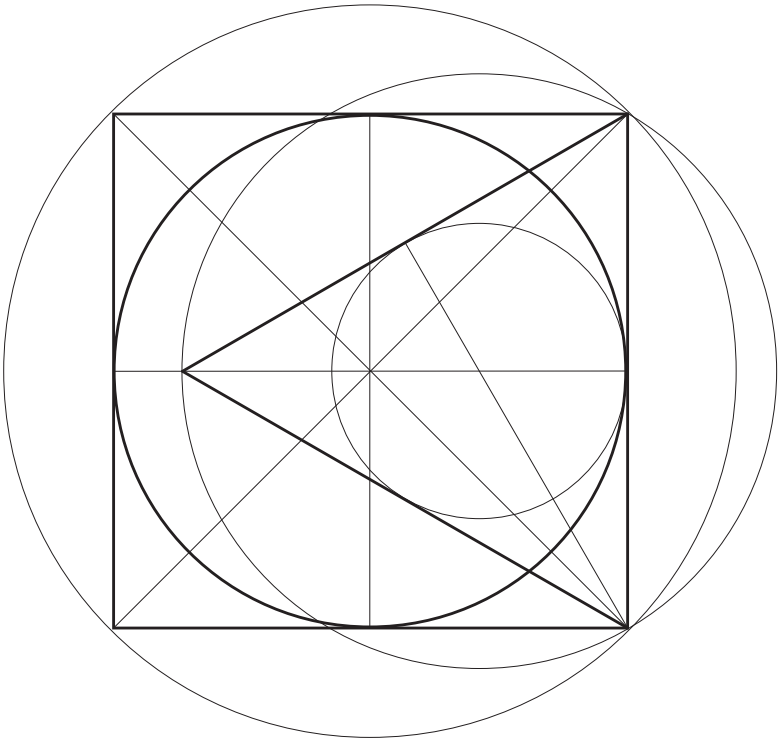
37. Ching, Francis, *Manual de dibujo arquitectónico,* Gustavo Gili, Barcelona, 2005
38. Jensen, C.H, Dibujo y diseño de ingeniería, Edit. McGraw-Hill, México, 1984

LAS FORMAS PLANAS

El carácter **demostrativo**[39] de las propiedades de las figuras se replantea en los ejercicios propuestos en el curso. Sus alcances van, más bien, hacia la construcción de las relaciones geométricas desde el análisis de sus elementos[40] y en correspondencia con los de otras figuras planas, proceso que es tratado por algunos autores como **construcciones**[41] o **dibujo geométrico**[42].

Así, las figuras planas constituidas por rectas y puntos se ordenan desde las posiciones sucesivas que adoptan estos elementos al regularse con una determinada condición. La generación y la dirección son dos reglas que explican las figuras como los **lugares geométricos** que pueden obtenerse, es decir, por el resultado del desplazamiento de sus elementos: un elemento **generatriz** controlado por otro elemento **directriz**.

Gráfico 15. Relaciones geométricas entre las figuras.



Si la generatriz es una recta, la superficie se define como **reglada** y si es una curva, se consigue una superficie **no reglada**, que a su vez, en cada caso pueden describirse como superficies desarrollables (descritas sobre un mismo plano) o no desarrollables (alabeadas).

39. Wentworth, Jorge y Smith, David, *Geometría plana y del espacio*, Edit. Porrúa, México, 1980
40. Zura, José, *Trazos geométricos,* Universidad Centroamericana ediciones, El Salvador, 1995
41. Giesecke, Frederick, *Dibujo y comunicación gráfica,* Pearson Educación, México, 2006
42. Schmitt, Alexander y otros, *Dibujo técnico básico,* Edit. Trillas, México, 1980

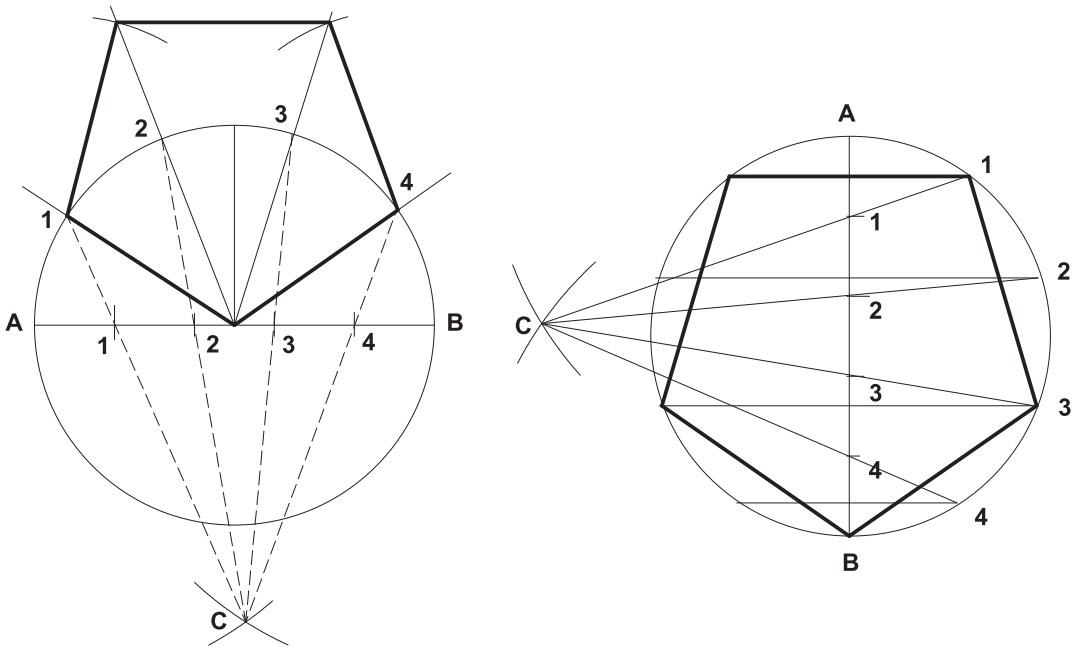
LOS POLÍGONOS y LOS CÍRCULOS

Los puntos al tener una secuencia generan un movimiento curvo y a la par, un poligonal (segmentos mínimos de recta) inscrito o circunscrito a esa curva; proceso que se realiza también en los casos de las figuras **cerradas** curvas como las del círculo y de los polígonos.

En la construcción geométrica de los polígonos regulares o de lados y ángulos iguales, se buscan las relaciones entre los elementos de estas figuras, tanto al inscribirse en el círculo, como en su operación inversa de circunscribirlo y, a la vez, en las situaciones de contenerse entre los diferentes polígonos.

Las líneas que se registran en esta superposición de las figuras dan lugar a nuevas **formas compuestas**, las que están constituidas por un mayor número de elementos.

Gráfico 16. Procedimientos para construir polígonos regulares, según se establezca la medida para sus lados o sea inscrito en un círculo.

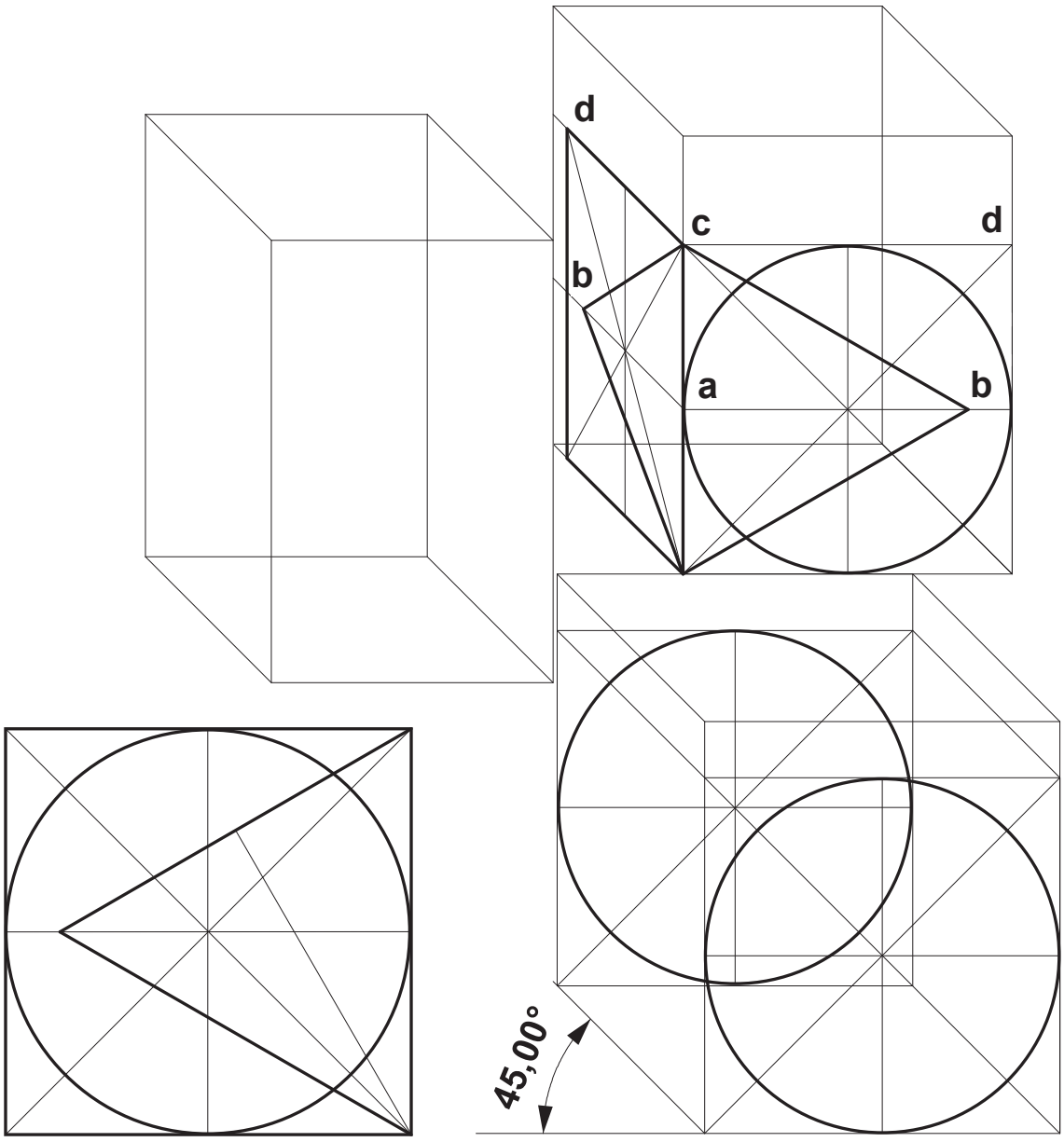


Los resultados de las formas, con la ayuda de este proceso de análisis geométrico, facilitan al alumno su resolución y aplicaciones, al **trasladarlos** a los planos externos e internos del modelo axonométrico y construirlas en las caras que no se deforman, como también en aquellas donde se requiere proporcionar las dimensiones reales. Los modelos axonométricos se constituyen en una **estructura de orden y de relaciones internas** de las formas.[43]

43. Wong, Wucius, *Fundamentos del diseño*, Gustavo Gili, Barcelona, 2004

EJERCICIO EN CLASE No.2

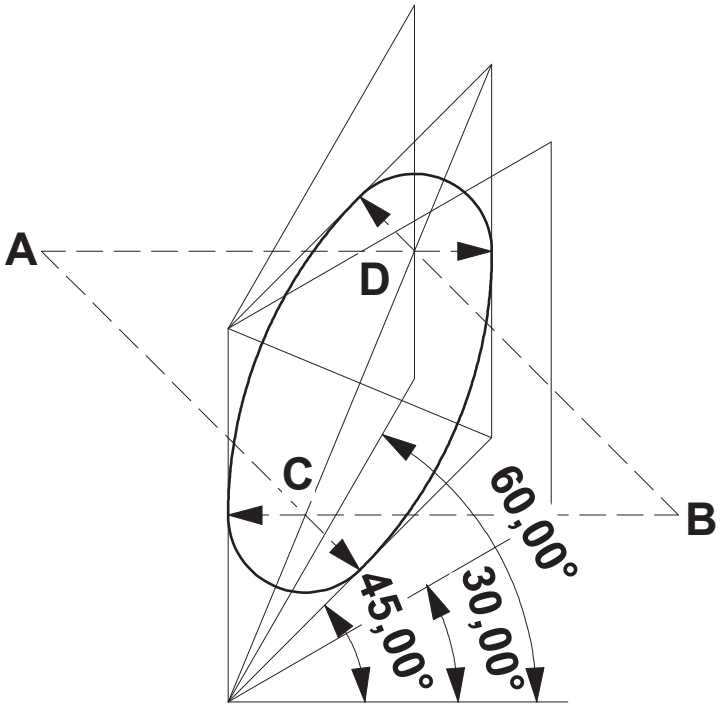
Construcción de las figuras en las caras de los prismas auxiliares en axonometría caballera



LA AXONOMETRÍA MILITAR

Esta axonometría es una variante de la proyección oblicua, muy similar a la caballera. Con la diferencia de la disposición de las caras paralelas al plano de proyección vertical, que giran hacia el plano de proyección horizontal y posibilitan trabajar las figuras y medidas reales del modelo directamente en esas caras (se la conoce también como **proyección inclinada** sobre la proyección horizontal o planta[44] aplicada para describir espacios arquitectónicos). Los ejes del frente y de la profundidad se mantienen perpendiculares entre sí, mientras que las alturas del modelo, en el eje vertical, se deben proporcionar según coeficientes establecidos por las orientaciones elegidas para la cara que no se deforma.

Gráfico 17. Construcción del círculo en las caras laterales del prisma auxiliar en axonometría militar, según los ángulos elegidos

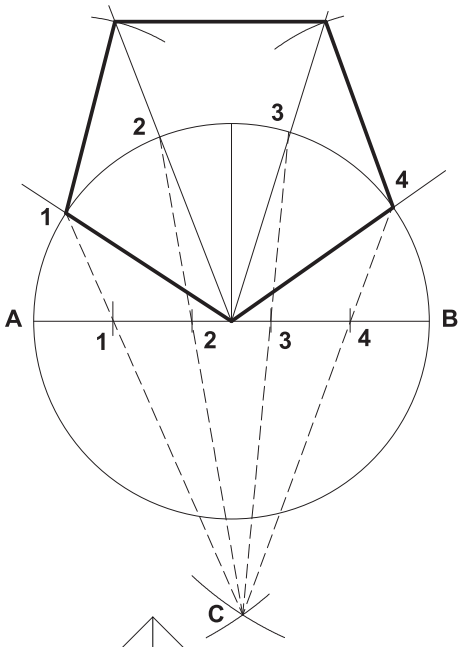


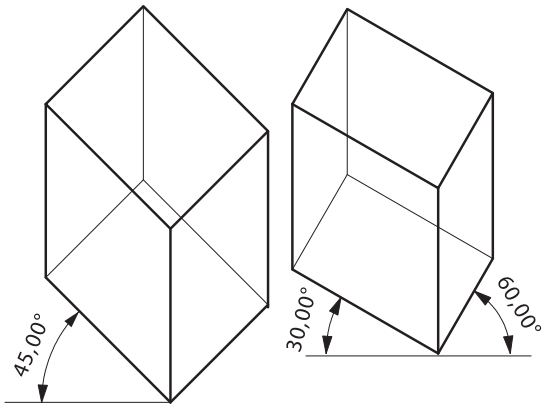
Si los ángulos son de 45° y 45° para los ejes de la cara superior, las alturas se proporcionan a ½; y si los ángulos se eligen a 30° y 60°, las alturas se controlan con los 2/3 de la medida real. El punto de observación del modelo es alto[45] y la información se prioriza en los planos horizontales.

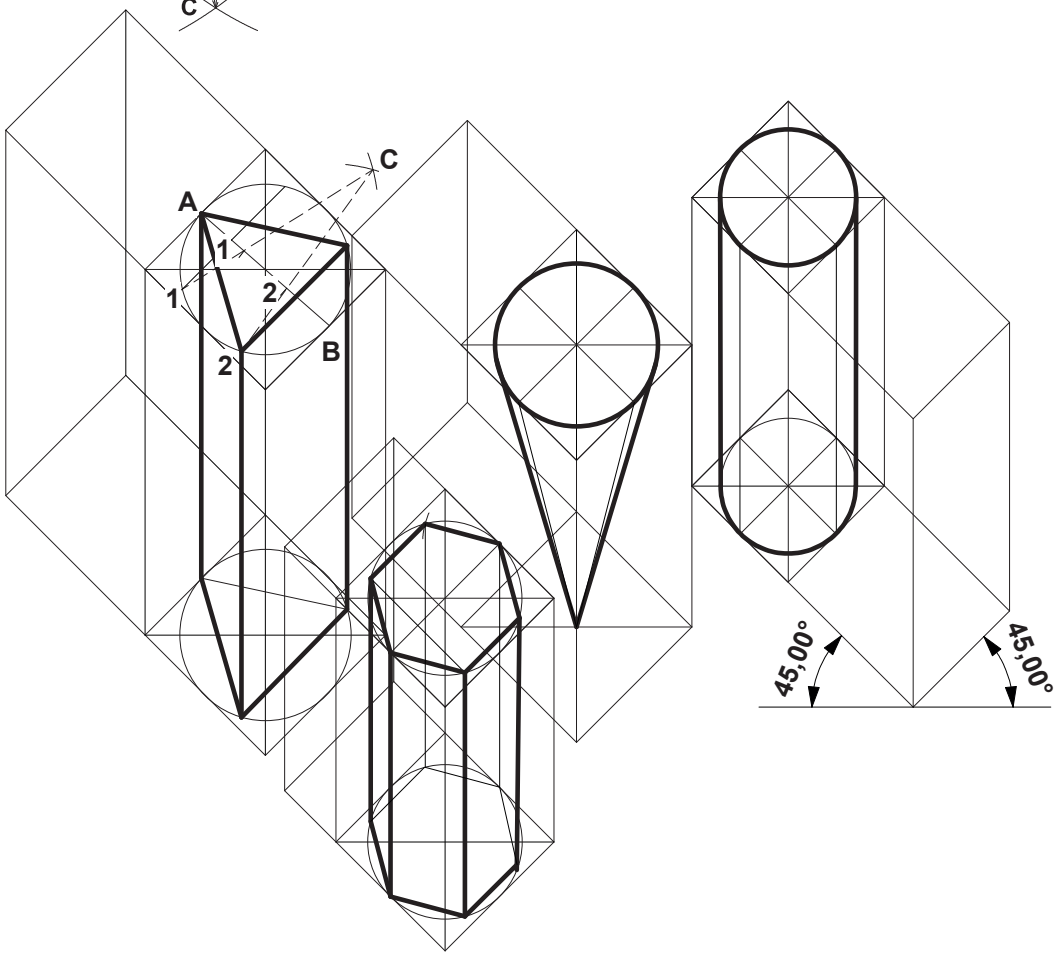
44. Schmitt, Alexander, *Dibujo técnico básico*, Edit. Trillas, México, 1980.
45. Ching, Francis, *Manual de dibujo arquitectónico*, Gustavo Gili, Barcelona, 2005.

EJERCICIO EN CLASE No.3

Construcciones de volúmenes con sus bases en las caras con medidas reales de los prismas auxiliares.







Se pueden apreciar las formas reales en la cara superior, es decir, si se ve el modelo desde arriba o desde abajo si, por el contrario, se priorizan los datos de la cara inferior. En la elección de los ángulos para los ejes ortogonales, por otro lado, se condiciona la apreciación de las áreas visuales de las caras verticales. Se comparten esas áreas cuando se usan los ángulos de 45º y 45º; pero con los ángulos de 30º y 60º, la cara orientada con menor abertura define un área mayor de información.

LAS FORMAS VOLUMÉTRICAS O SÓLIDOS

LOS PRISMAS, PIRÁMIDES, CILINDROS Y CONOS

Estas formas volumétricas se obtienen por la traslación plana (poligonal) o curva de una recta (generatriz) en el espacio. Si el movimiento se controla desde un punto impropio, se obtienen los prismas y los cilindros; y en el caso de las pirámides y conos, el control es desde un punto convergente o vértice (punto propio). Según la directriz la superficie generada se puede cerrar o disponerse abierta.

Al interceptarse estas figuras con planos perpendiculares a su eje se determinan las bases que cierran las formas de estos sólidos. Si las bases son oblicuas al eje, los volúmenes se caracterizan por esta disposición como oblicuos.

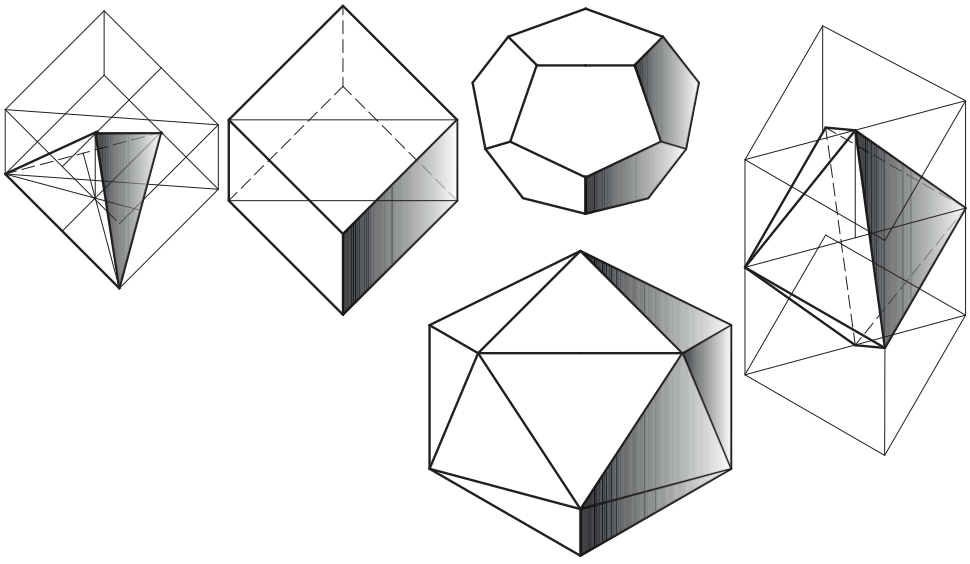
Los prismas y las pirámides, al igual que los polígonos en los círculos, se inscriben y se circunscriben en los cilindros y en los conos respectivamente.

A los conos, cilindros y esferas se los conoce también como formas de revolución.

LOS POLIEDROS REGULARES

Se les denomina formas compuestas por ser elaboradas al relacionar figuras o caras poligonales iguales en determinadas orientaciones, que al unirse definen las aristas y los vértices, sirviendo éstos de **elementos constructivos** en el diseño tridimensional[46]. Se denominan en correspondencia al número de caras iguales: tetraedro, hexaedro, octaedro, dodecaedro e icosaedro. Todos ellos son formas desarrollables.

Gráfico 18. Construcción de los poliedros.



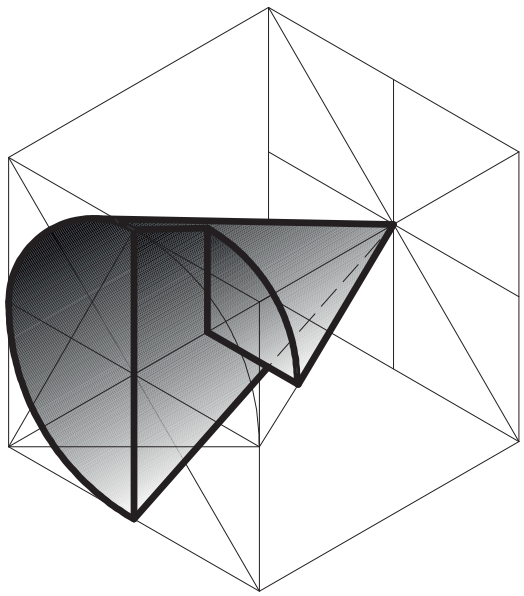
46. Wong, Wucius, *Fundamentos del diseño,* Gustavo Gili, Barcelona, 2004.

LOS VALORES TONALES

El dibujo sólo lineal ofrece una lectura sin jerarquías de los referentes del espacio representado, aparece homogéneo y abstracto para el lector común, por lo que es conveniente en las ocasiones factibles resolver las formas con las aplicaciones de los recursos del **valor de los tonos**[47]. Las prácticas se facilitan con el uso de las texturas con líneas paralelas a los ejes de la axonometría o a las aristas que definen los planos del modelo.

La trama de líneas se aplica en las opciones para ofrecer una superficie homogénea en cada orientación de las caras del volumen o para variar la distancia entre ellas, para reforzar la referencia de la disposición de ellas en el espacio, acercándose hacia el observador o alejándose de él. También el uso del sombreado con el gris o con el color ayuda a resolver estas prácticas.

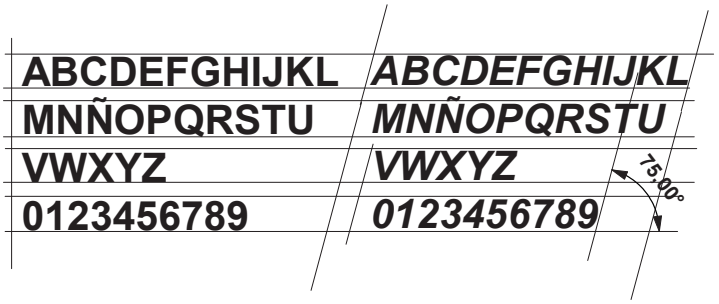
Gráfico 19. El sombreado en la valoración de un cono con partes substraídas.



LA LETRA NORMADA, LA ROTULACIÓN Y LOS FORMATOS

La letra normada se traza con la ayuda de líneas de control. Si la elección es la letra recta, las líneas de apoyo son verticales y horizontales, y, si la letra es inclinada, los trazos auxiliares son a 75° (otros prefieren el ángulo de 67°) y horizontales.

Gráfico 20. Líneas auxiliares para el trazado de la letra recta y de la inclinada.



LA ROTULACIÓN

Los formatos de las láminas que se utilizan en los proyectos parten de un patrón[48] rectangular de un área de un metro cuadrado y cuyas dimensiones se establecen con la proporción de V2 entre el lado mayor y el menor (norma DIN desde 1922[49]).

Los espacios destinados a la identificación del ejercicio se relacionan con los formatos de las láminas que se eligen para el documento de representación del proyecto[50]:

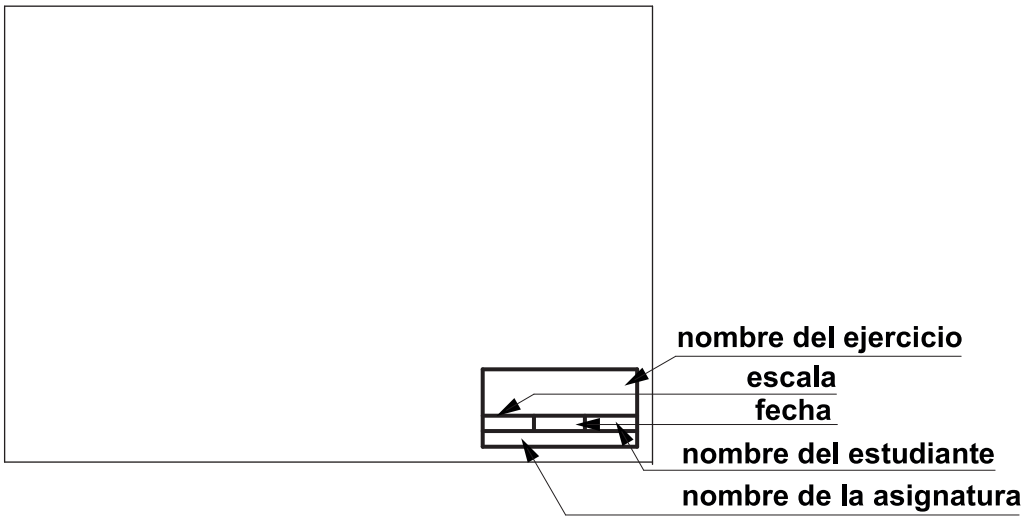
47. Ching, Francis, *Manual de dibujo arquitectónico,* Gustavo Gili, Barcelona, 2005.
48. Schmitt, Alexander, *Dibujo técnico básico*, Edit. Trillas, México, 1980.
49. Romero, Fabio, *Dibujo de ingeniería,* Edit. Escuela Colombiana de ingeniería, Bogotá, 2008.
50. www.inen.gob.ec/ código de prácticas para dibujo de arquitectura y construcción.

Gráfico 21. Dimensiones en los formatos de las láminas para el dibujo.

LÁMINA	RÓTULO
A4 - 210 x297 mm	150 x 50 mm
A3 - 297x 420 mm	150 x 50 mm
A2 - 420x 594 mm	150 x 100 mm
A1 - 594x 841 mm	150 x 100 mm
A0 - 841x 1189 mm	150 x 100 mm

Los rótulos se ubican en la parte baja y a la derecha de las láminas para su facilidad de lectura. Las láminas con frecuencia se organizan en una carpeta para la secuencia de su interpretación.

Gráfico 22. Ubicación del rótulo en la lámina.



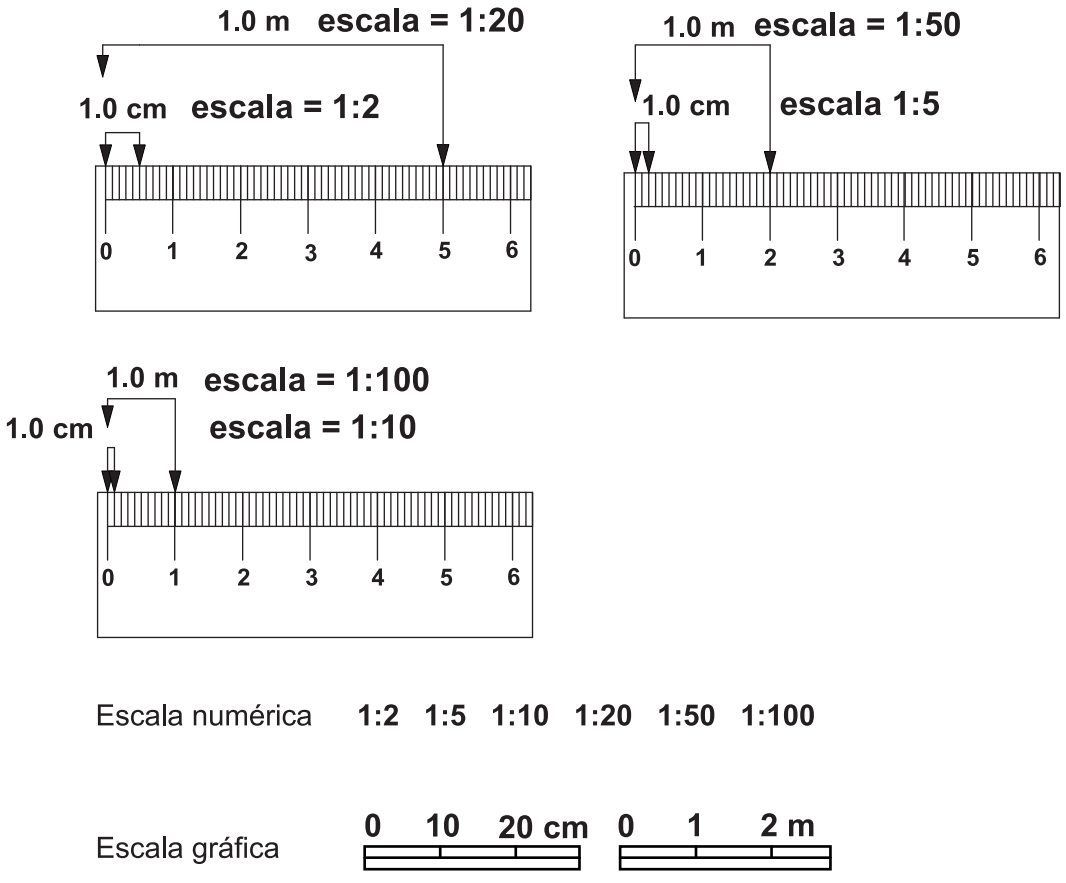
LAS ESCALAS

En la representación de los modelos se norma, a través de la escala, el control de las proporciones de la forma y el de las unidades de medida, en relación con los tamaños de los soportes o láminas que pueden utilizarse en un documento técnico. No todos los proyectos permiten describirse en sus medidas reales, es decir en la escala real o también denominada 1:1, por lo que el empleo de las opciones de reducir o ampliar el tamaño de las formas resulta propicio para resolver esta necesidad del dibujo proporcionado. La herramienta de aplicación de las escalas se la conoce como **escalímetro** y viene en presentaciones diferentes: regla triangular y reglas en abanico.

Los modelos muy grandes se reducen y los muy pequeños se amplían en la descripción y precisión de sus diferentes informaciones.

Las escalas en el dibujo tienen su simbología numérica o gráfica. En la numérica aparece la unidad de medida (el metro generalmente) y su relación proporcional en la que se reduce la unidad considerada; mientras que en la escala gráfica se indican esas relaciones en un segmento de regla dibujada.

Gráfico 23. Relaciones de disminución respecto a las unidades del metro y del centímetro. Simbologías de la escala.

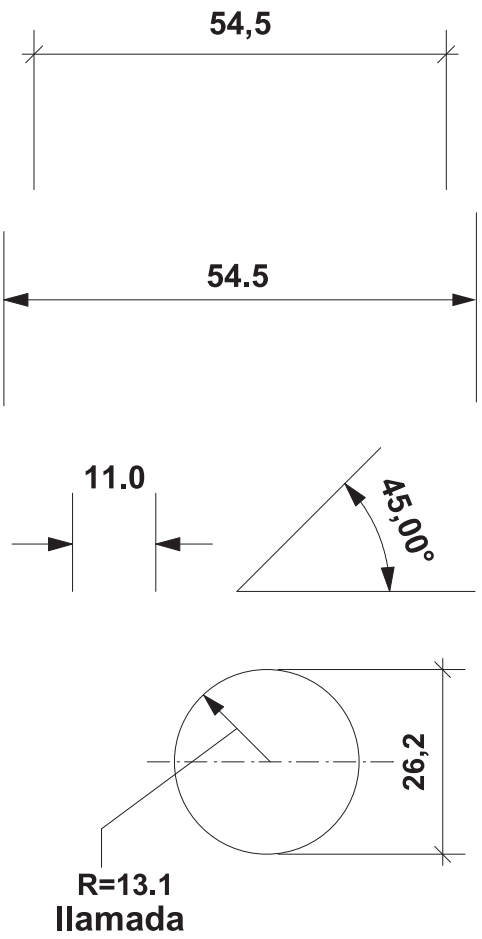


LAS ACOTACIONES

En la descripción de los modelos, a través de sus proyecciones, se requiere indicar además de los aspectos reales de las formas mediante la escala respectiva, las medidas del tamaño de las mismas en cuanto a dimensiones, ángulos, radios de curvaturas, pendientes, niveles, tolerancias y otras referencias que facilitan la interpretación de los gráficos con absoluta corrección y, por otro lado, ya en el proceso de ejecución del proyecto, el personal de producción pueda construirlo con exactitud.

La norma para indicar estas informaciones se registra por medio de las cotas, que consisten en precisar las dimensiones utilizando una línea limitada en sus extremos y sobre ella y al centro se escribe la cifra de la medida según la norma del INEN[51].

Gráfico 24. Líneas de cota



Los límites de la línea de la cota tienen variantes en cuanto a los símbolos que pueden utilizarse: líneas perpendiculares o inclinadas de trazado corto o también cabezas de flecha. Las cifras se escriben de izquierda a derecha en las medidas horizontales y de abajo hacia arriba en las medidas verticales. La línea de dimensión debe estar separada del elemento medido entre 6 a 10 mm y si se expresan varias medidas en una misma forma, como datos parciales y totales, las cifras no deben ser colocadas en una misma columna.

No se recomienda indicar las cotas en el interior de un área achurada y en caso necesario, en el lugar en que se escribe la cifra, conviene que el achurado no se superponga.

Una **llamada**[52] sirve para indicar informaciones que no se pueden localizar dentro de los datos del modelo. Se utiliza una línea fina orientada con un ángulo abierto y en su extremo se escriben las precisiones requeridas, como medidas de diámetros y notas de especificaciones.

LA AXONOMETRÍA ISOMÉTRICA

La ubicación del modelo, inclinada respecto al plano de proyección, plantea la condición de proyectar sus tres ejes formando ángulos iguales entre ellos. Con la ventaja de representar en los mismos las medidas reales del objeto y, por otro lado, de convertirse en un dibujo práctico para elaborar figuras y formas más complejas, determinadas por el apoyo de la aplicación de elementos auxiliares ubicados fácilmente en los ejes de la isometría, llamados **medidas de localización**[53]**.**

Los ejes isométricos forman entre ellos un ángulo de 120º y presentan iguales áreas de información para las caras orientadas de las formas, al verse el modelo desde arriba, desde abajo, del lado derecho o izquierdo.

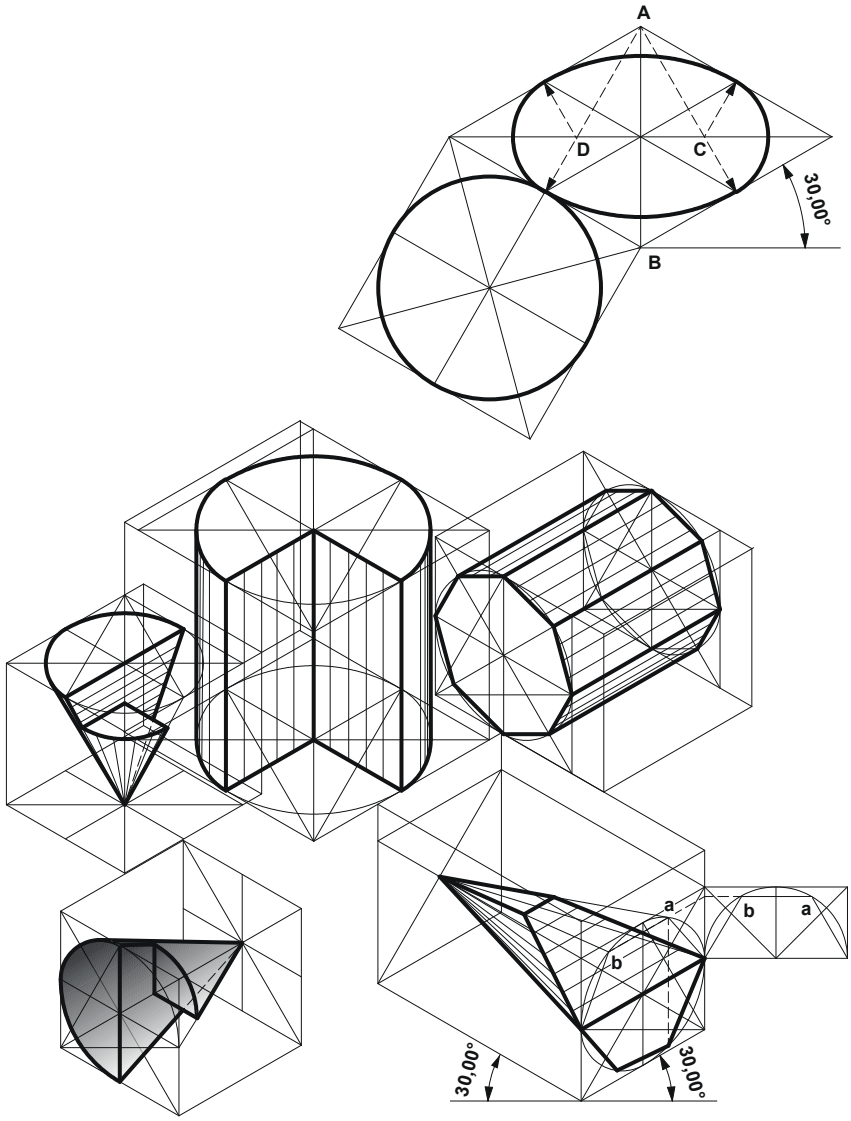
51. www.inen.gob.ec/ código de prácticas para dibujo de arquitectura y construcción
52 Giesecke, Frederick, D*ibujo y comunicación gráfica,* Pearson Educación, México, 2006.
53. Romero, Fabio, *Dibujo de ingeniería*, Edit. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, 2008.

LAS FIGURAS PLANAS Y LOS SÓLIDOS EN LA ISOMETRÍA

Al comparar la proyección isométrica de una cara del modelo con su proyección ortogonal, compartiendo una arista común, se relacionan las correspondencias entre las construcciones de las figuras planas reales y las descritas en sus apreciaciones de la isometría; las formas reales se presentan deformadas en los planos isométricos. En consecuencia, los sólidos construidos con este proceso de representación aparecen sin sus figuras reales, pero sí controlados con medidas reales en los ejes y en los diferentes planos paralelos de la isometría.

EJERCICIO EN CLASE No.4

Construcción de volúmenes con sus bases inscritas en un círculo resuelto en la isometría. Se sustraen partes del volumen utilizando las líneas auxiliares

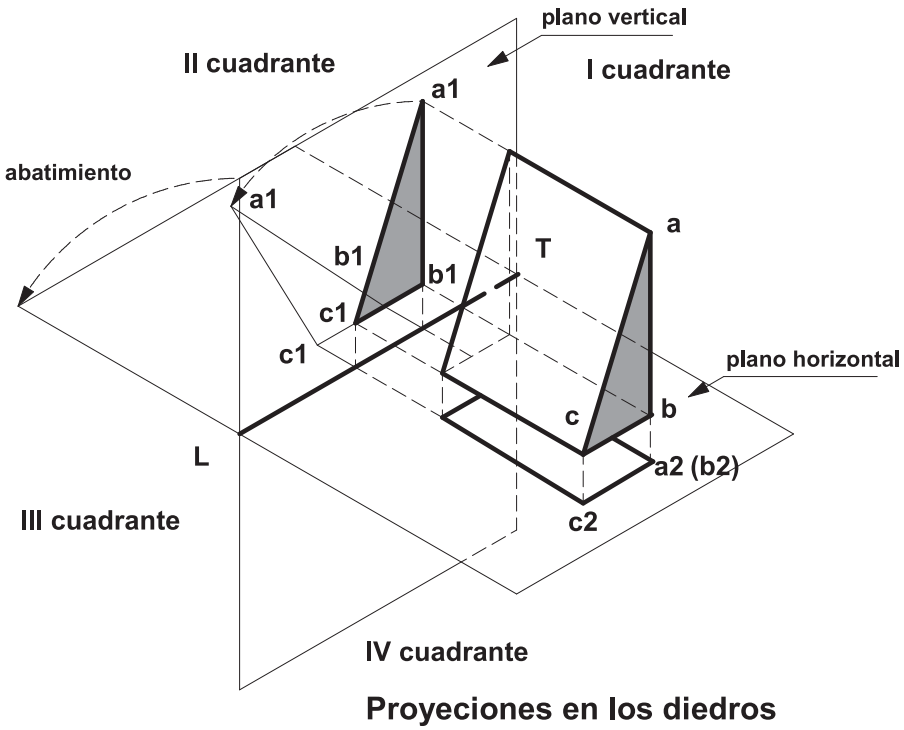


CAPÍTULO 3

LAS PROYECCIONES ORTOGONALES

Se forma el **diedro** al interceptarse un plano horizontal con un plano vertical mediante la recta denominada línea de tierra. Los dos planos permiten a la vez proyectar las formas, mediante líneas de proyección perpendiculares a los mismos. La intersección de los planos de proyección establece cuatro diedros o también llamados primero, segundo, tercero y cuarto cuadrantes. Así el modelo puede ubicarse, respecto del observador, en uno de los cuatro diedros. Su elección, en el primer o en el tercer diedro, determina diferencias en su aplicación, especificadas como normas europeas (ISO-E) o americanas (ISO-A[54]).

Gráfico 25. Las proyecciones en el diedro del primer cuadrante.



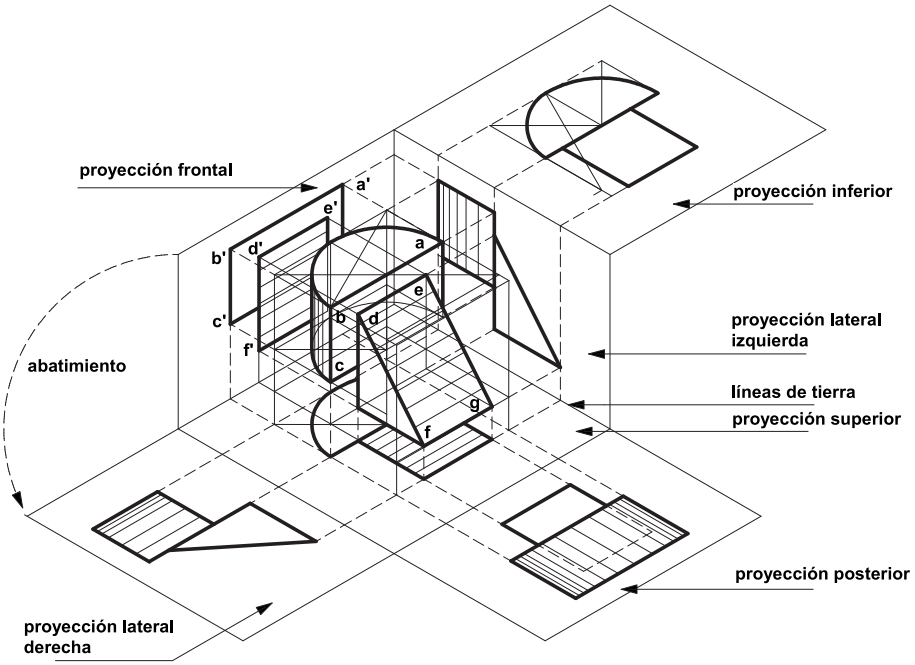
54. Romero, Fabio, Dibujo de ingeniería, Edit. Escuela Colombiana de ingeniería, Bogotá, 2008

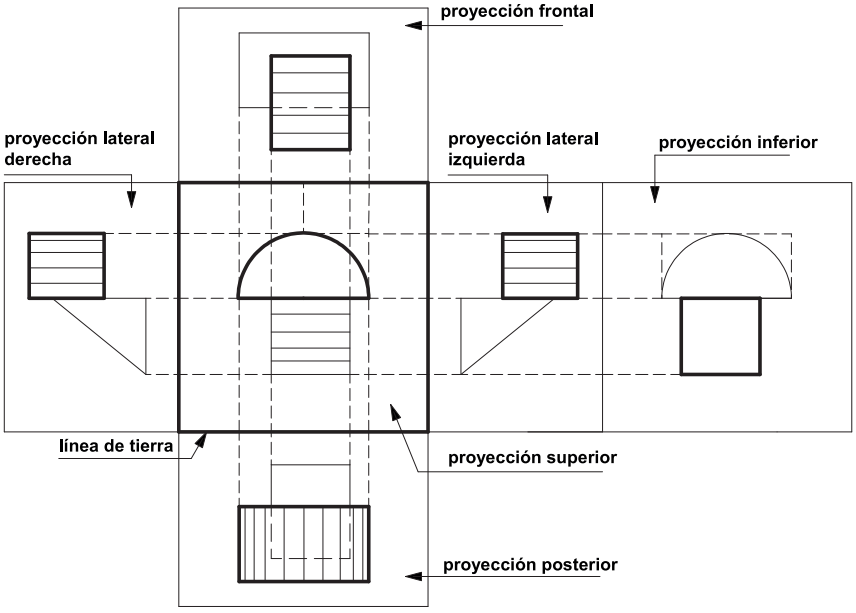
En los planos de proyección del diedro, para simplificar la lectura de lo proyectado, se abaten los verticales, es decir, se ubican en una misma orientación de los horizontales y en esta disposición pueden girar para ubicarse sobre una misma línea de tierra. Se obtiene así **un plano** o una proyección sobre un soporte horizontal[55].

Las líneas de proyección que se trazan para indicar el giro de los planos verticales de proyección tienen un ángulo de 45° en el caso práctico y en otros procedimientos se conserva el trazado radial propio del giro.

EJERCICIO EN CLASE No.5

Proyecciones de un modelo y abatimiento de los planos de proyección.





55. Dernie, David, *El dibujo en arquitectura, técnicas, tipos y lugares*, Blume, Barcelona, 2010.

LAS PROYECCIONES ESTÁNDAR

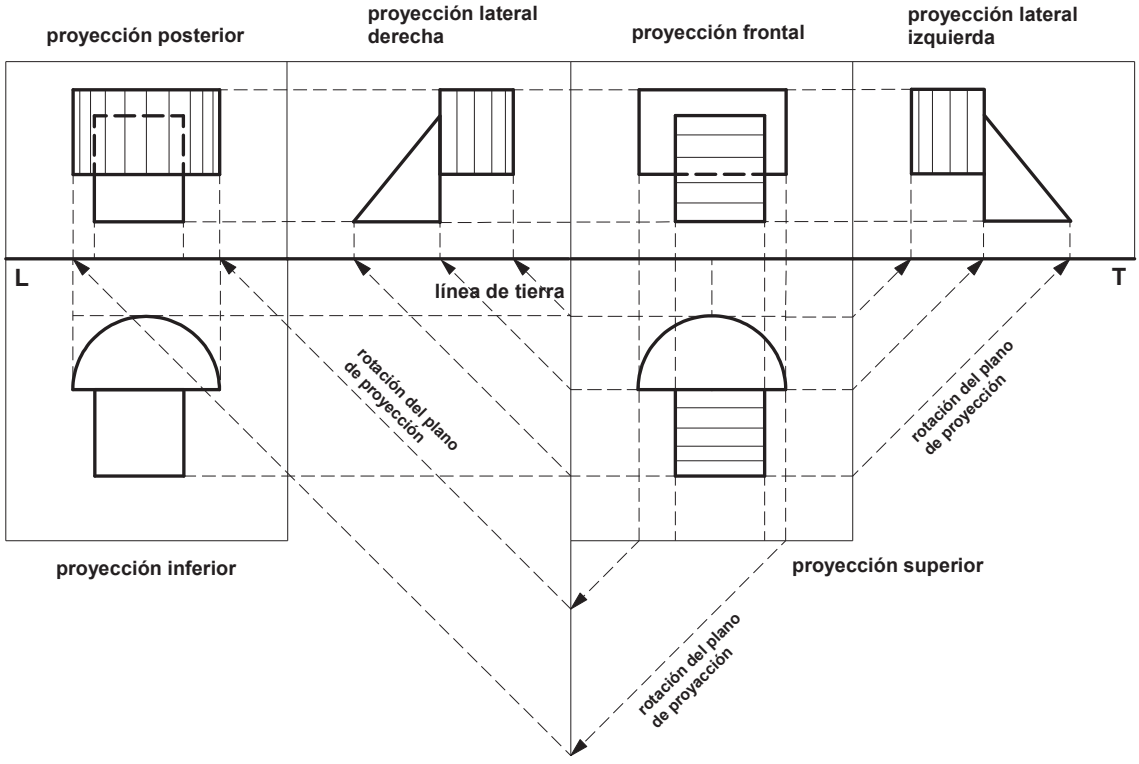
Un modelo con una forma determinada al ser inscrito en un prisma de base cuadrada o rectangular queda orientado y, por lo tanto, sus partes en relación con las caras del prisma. Las mismas que se identifican como tres pares de planos paralelos y a la vez opuestos entre sí: **frontal y posterior, lateral derecha e izquierda y superior e inferior**[56].

El prisma contenedor del modelo, ubicado en el diedro, con su base en el plano horizontal y una de sus caras verticales paralela al plano vertical, requiere de nuevos planos de proyección, sobre los cuales se resuelvan las otras cuatro proyecciones paralelas y correspondientes a las caras que faltan visualizarse. En este proceso, el **triedro** adiciona un segundo plano vertical de proyección, conocido como **plano de perfil.**

Finalmente son seis las proyecciones que el observador las define al recorrer y observar el modelo inscrito, de frente, de atrás, desde los lados, desde arriba y desde abajo, en cada uno de los planos, que en conjunto se estructuran en un nuevo prisma o **caja transparente**[57] de proyección.

EJERCICIO EN CLASE No.6

Proyecciones de un modelo y rotación de los planos de proyección.



proyecciones rotadas

56. www.inen.gob.ec/ código de prácticas para dibujo de arquitectura y construcción.
57. Romero, Fabio, *Dibujo de ingeniería,* Edit. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, 2008.

LAS PROYECCIONES DE LOS SÓLIDOS

PRISMAS, CILINDROS, PIRÁMIDES Y CONOS

Los modelos se ubican, por facilidad de orientar sus proyecciones, con su base o una de sus bases paralela a uno de los planos de proyección y por consiguiente, el eje de la altura se orienta paralelo al otro plano de proyección. El resultado permite disponer el registro de las medidas del volumen, en esos elementos, en forma directa.

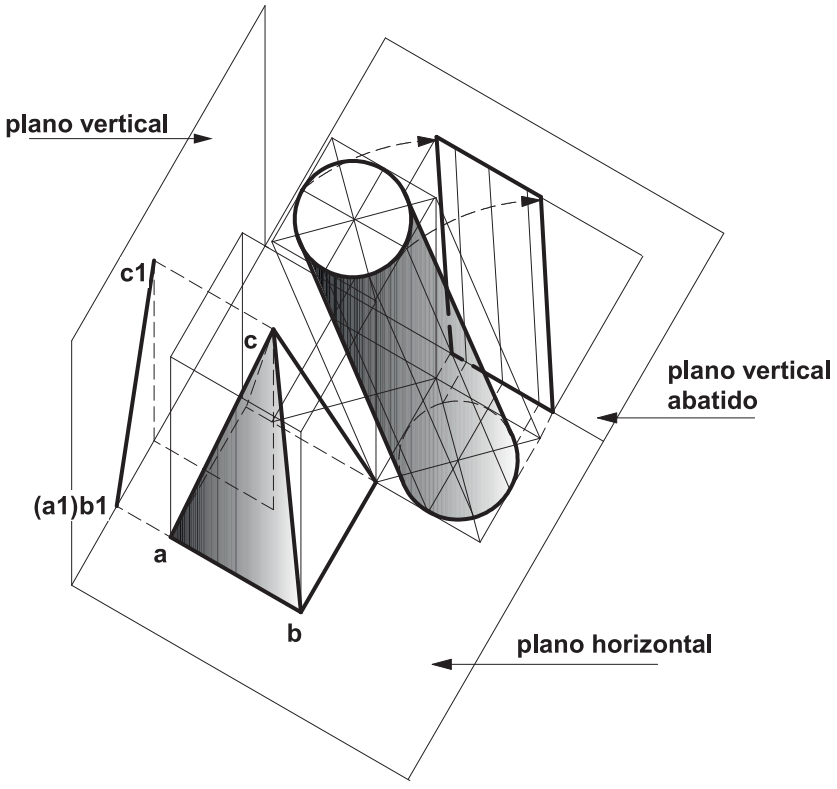
Si el modelo se proyecta con sus bases inclinadas a uno de los de proyección y el eje de las alturas se orienta en forma inclinada respecto a este mismo plano, pero mantiene su paralelismo respecto al otro plano de proyección, entonces, las bases proyectadas se observan desplazadas entre ellas y no se registran en formas, ni magnitudes reales. En cambio, las caras verticales aparecen con sus formas proporcionadas, pero sus magnitudes en el eje de las alturas son reales.

LOS PLANOS INCLINADOS Y LOS PLANOS CURVOS EN LAS PROYECCIONES

En el caso de los modelos con caras o planos inclinados se advierte que la ubicación de éstos está en relación con las orientaciones de los planos del diedro. Se definen por la ubicación de sus vértices en los trazados auxiliares de la axonometría, como el caso de la pirámide.

Los planos curvos, como en el cilindro y en el cono, se trabajan sus proyecciones con el mismo criterio que en el de los prismas. La diferencia radica en las referencias de los elementos verticales; en los cilindros y conos, las aristas se sustituyen por las generatrices.

Gráfico 26. Proyecciones de modelos con planos inclinados y curvos.



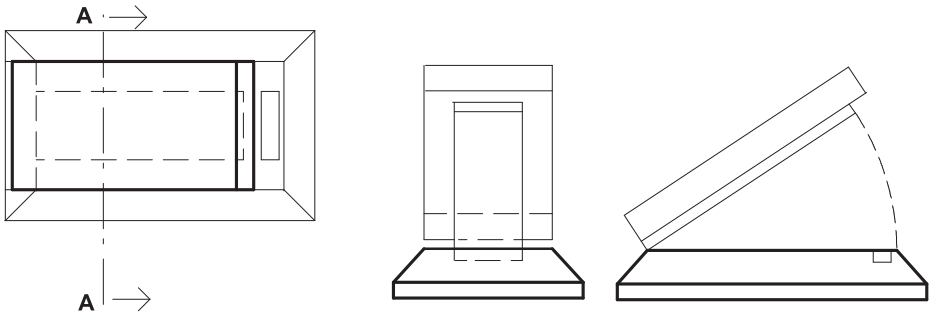
EL MÉTODO DIRECTO

Las descripciones que se resuelven en las prácticas del manejo de las formas, no requieren las precisiones de aislar la ubicación de los diferentes elementos del modelo en el ángulo diedro proyectivo; más bien el proceso se invierte, se estima al todo, como el resultado de una propuesta buscada, para describirlo de una manera menos condicionada y abstracta. Los problemas descriptivos pueden ser resueltos así, sin referencia a una línea de tierra predeterminada ni a las trazas de los planos y las rectas (lo plantea desde 1913, el profesor Thomas E. French[58]).

Se permite en consecuencia, a diferencia del sistema diédrico general (de los cuatro cuadrantes y de los planos de proyección con las líneas de tierra dibujados como si estos fueran limitados), los ejercicios de visualización de los objetos desde su forma o información general, mediante las diferentes vistas de síntesis**.** Se evita, de esta manera, la representación utilizando las coordenadas de los elementos aislados, los que se describen en tanto que son partes constituyentes de ese todo.

Los planos horizontal y vertical no se describen como planos determinados (se asume que son infinitos); son más bien genéricos que se identifican por su denominación dada por la orientación del observador, por lo que no se trabajan referidos a una línea de tierra expresa o dibujada (aunque en algunos casos si se requiere trazarla como herramienta auxiliar para resolver los ejercicios).

Gráfico 27. Las proyecciones no se referencian a una línea de tierra dibujada



proyección superior escala 1:2

proyección lateral derecha

proyección frontal

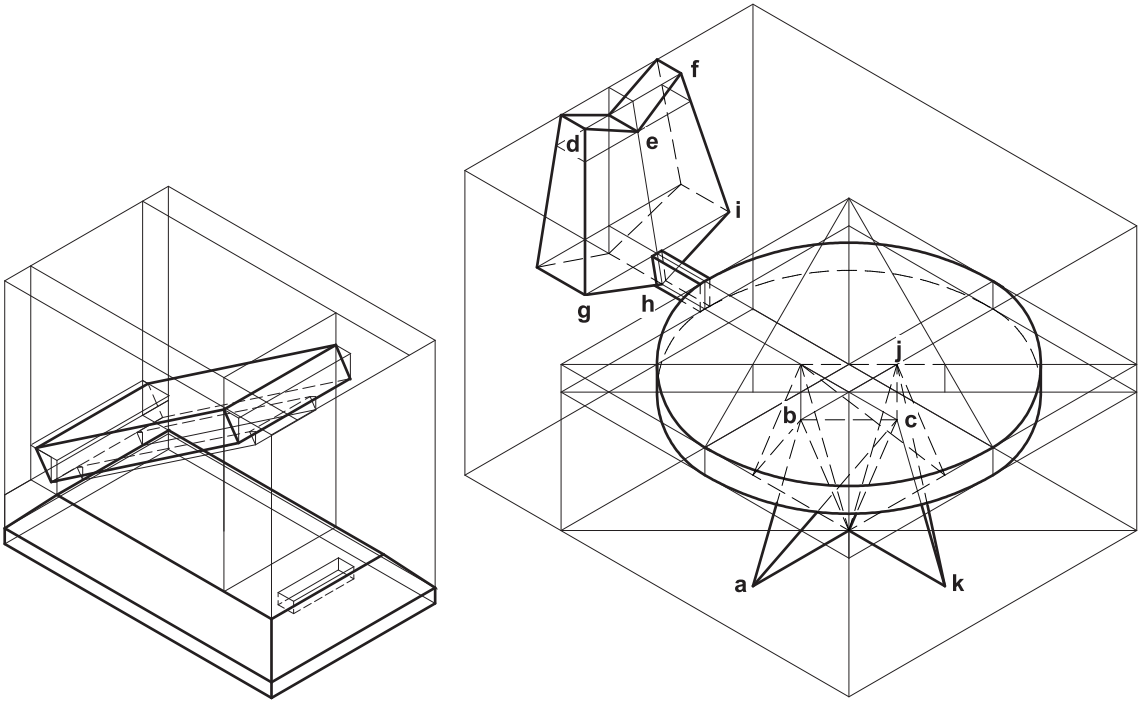
El renunciar al procedimiento de dibujar los planos de proyección definidos con su línea de tierra correspondiente requiere hacer un esfuerzo de abstracción. Se prescinde de la ayuda de las líneas auxiliares del giro de los planos de proyección abatidos y de la importancia de las distancias de las proyecciones del objeto hacia las líneas de tierra, es decir, de las nociones de alejamiento y cotas definidas en el método general. En consecuencia, las proyecciones adoptan **posiciones alternas**[59] al orden estándar establecido para su lectura. Interesa resolver más las distancias entre los elementos de la forma proyectada, que las referencias de cada uno de ellos hacia los planos de proyección.

58. http://www.arquiteturarevista.unisinos.br/pdf/54.pdf
59. Giesecke, Frederick y otros, Dibujo y comunicación gráfica, Pearson Educación, México, 2006

LAS PROYECCIONES DE PRODUCTOS SIMPLES

Muchos de los productos u objetos que se disponen en el medio, formalmente, tienen sus referencias directas desde las consideraciones geométricas que se analizan en los modelos tratados anteriormente: prismas, cilindros, esferas, etc. Sus simulaciones, por lo tanto, se describen desde las proyecciones de esos volúmenes geométricos, que al contactarse o interceptarse entre sí conforman las soluciones de ciertos objetos mecánicamente simples.

Gráfico 28. Isometrías de modelos con información de productos simples.



El **dibujo mecánico**[60] o **de producción** posteriormente requiere analizar estas informaciones generales del diseño, es decir, sus proyecciones axonométricas, ortogonales y cortes, con el fin de complementarlas con los dibujos detallados de los componentes y las especificaciones constructivas del objeto. Documento técnico que, por lo tanto, al ser elaborado tiene el propósito de ser leído sin dificultades por otros profesionales.

Las especificaciones de los materiales elegidos en el proyecto, en este avance de la descripción, se simbolizan mediante el uso del color o de las tramas y texturas.

60. Schmitt, Alexander, *Dibujo técnico básico,* Edit. Trillas, México, 1980.

CAPÍTULO 4

LOS CORTES

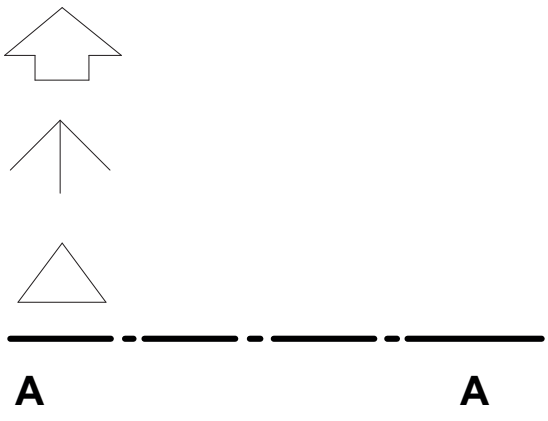
LOS CORTES O SECCIONES

No toda la información de las formas se completa con los datos de las proyecciones ortogonales y axonométricas, a pesar de que en ellas se especifican también los aspectos ocultos del modelo simbolizados con las líneas entrecortadas. Es necesario analizar y representar gráficamente el interior de los volúmenes mediante las secciones transversales o, simplemente, denominados cortes.

El modelo al proyectarse, si se divide con un **plano de corte,** orientado generalmente perpendicular a uno de los planos y por lo tanto, paralelo al otro de proyección, es para explicar su interior cuando se separan sus partes seccionadas y se describe en primer término la superficie de los elementos cortados del sólido; la cual se obtiene al unir en secuencia los puntos de intersección de las diferentes aristas (o generatrices en modelos de revolución) con el plano cortante. El plano de corte se denomina también, en este caso, **plano secante**[61].

Las normas para representar el proceso del corte plantean la ubicación del plano de corte, mediante su **traza**, en una de las proyecciones del modelo. Se orienta la parte que se va a separar para describirse y se nomina el corte resuelto para diferenciarlo de otros que también pueden analizarse, en el caso de requerirse varios de ellos en el proyecto.

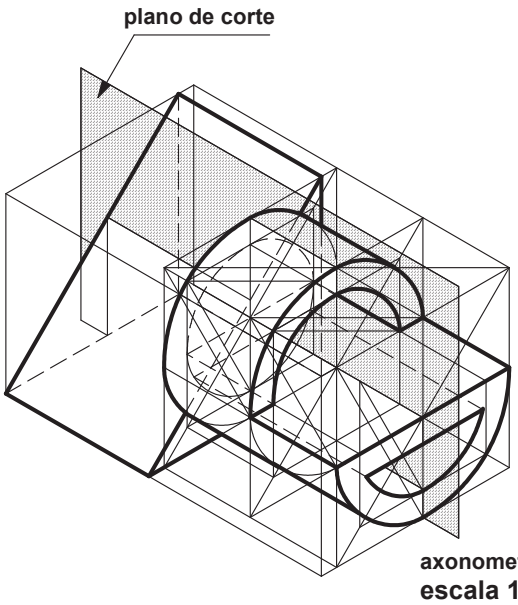
Gráfico 29. Simbologías para representar el plano de corte

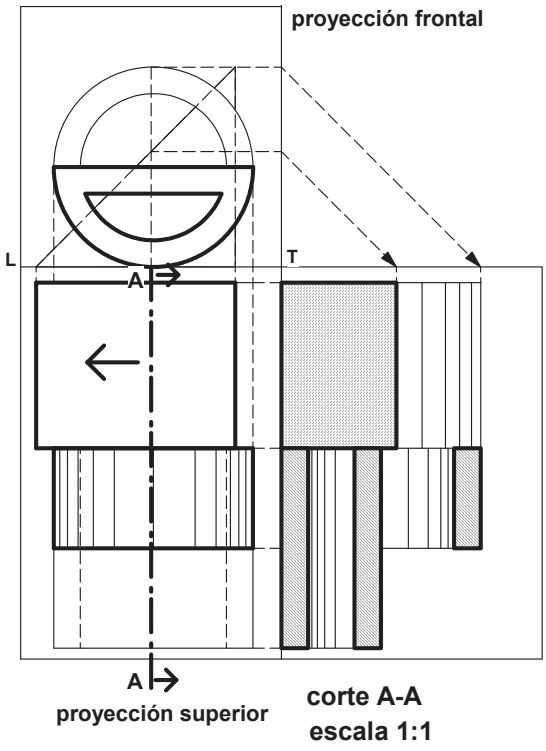


61. Izquierdo, Fernando, *Geometría descriptiva superior y aplicada*, Ed. Dossat, Madrid, 1985.

EJERCICIO EN CLASE No.7

Análisis del modelo con el plano de corte en axonometría y representación en las proyecciones.

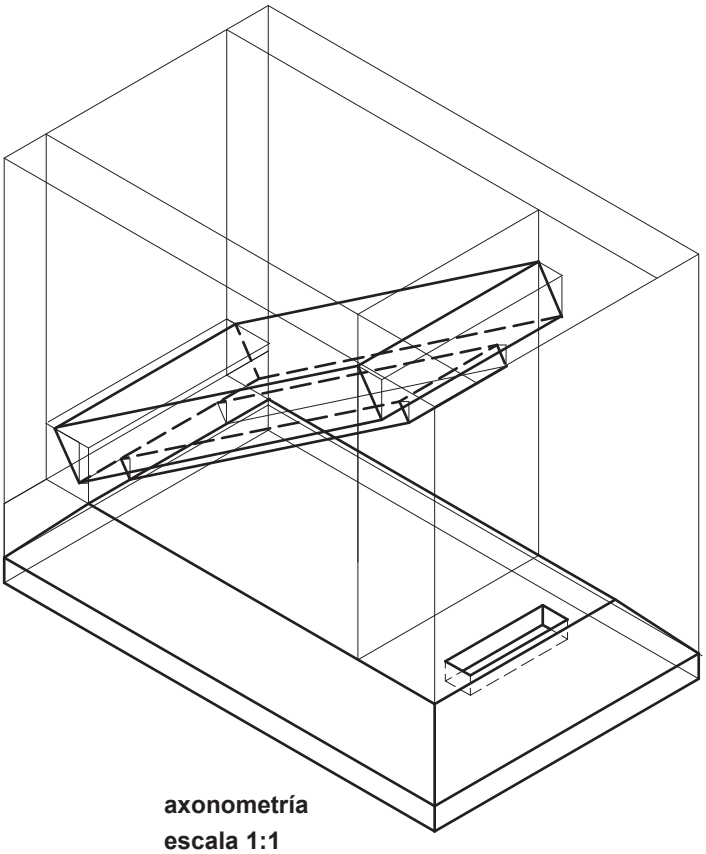




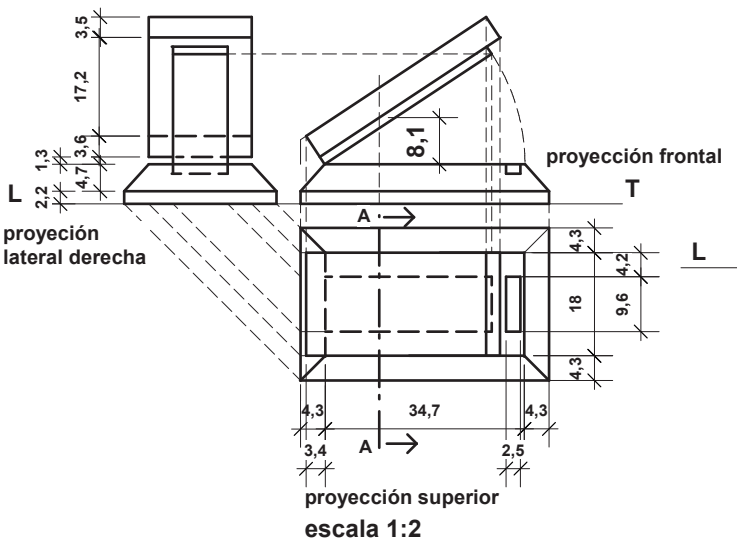
La superficie seccionada se diferencia de las no cortadas, con el trazo de su periferia con la línea continua gruesa y con el rellenado de la misma con una trama de líneas paralelas orientadas a 45° , conocida como **achurado.** En otros documentos el achurado suele sustituirse por simbologías que relacionan la descripción de materiales característicos que diferencian a la estructura de los volúmenes, como la presencia de madera, metales, vidrio, etc. Según la norma del INEN.

EJERCICIO EN CLASE No. 8

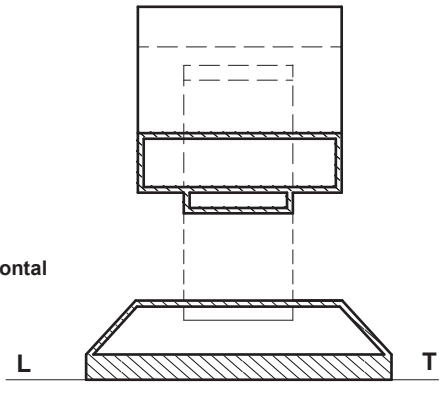
Axonometría, proyecciones y simbología con el achurado para los elementos cortados.



axonometría
escala 1:1



proyección superior
escala 1:2



corte A-A
escala 1:1

Los planos de corte pueden indicar situaciones especiales para cortar e informar lo pertinente del modelo, lo especial que requiere una **condición espacial importante**[62], esto es, se procede en lo general a seccionar todo el volumen (**sección completa**[63]), pero en otros casos es necesario cortar parte del modelo, describirlo en dos o más direcciones o rotar la sección; aplicaciones que se analizarán en otros avances de la asignatura.

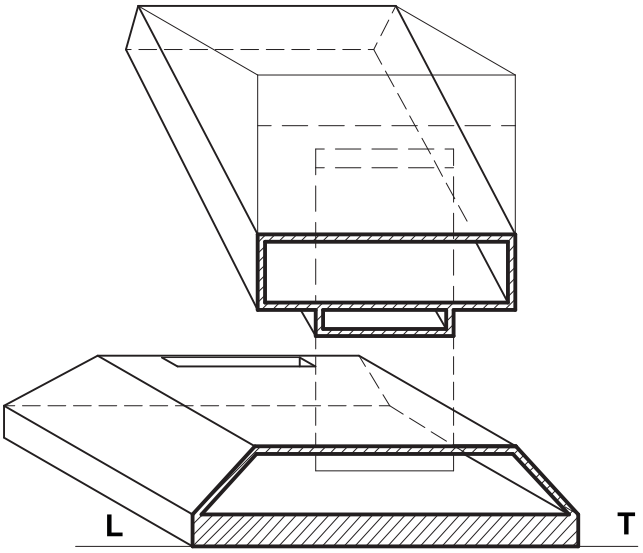
La escala que se utilice en los cortes permite ampliar o simplificar la información que se describa. Así a nivel de detalle, los cortes se constituyen en los recursos frecuentes para explicar el proceso técnico o constructivo del modelo.

LOS CORTES EN PROYECCIÓN AXONOMÉTRICA

La información que se presenta en los cortes en proyección ortogonal se orienta hacia una lectura especializada y en ocasiones hasta abstracta, por lo que su explicación resulta menos compleja si se utiliza una proyección axonométrica para describir los datos especiales que aparecen en lo cortado. Es importante la elección de las axonometrías, en estos casos, pues cabe recordar que sus procedimientos condicionan la apreciación de las medidas en los diferentes ejes y, por lo tanto, en el plano en que se necesite que los datos de la sección se presenten en medidas reales.

Conviene como recomendación, en esta práctica, dibujar primero la superficie cortada y desde ésta, determinar el resto de elementos no cortados del modelo.

Gráfico 30. El corte en axonometría



corte A-A
escala 1:1

62. Dernie, David, *El dibujo en arquitectura, técnicas, tipos y lugares,* Blume, Barcelona, 2010
63. Giesecke, Frederick, *Dibujo y comunicación gráfica,* Pearson Educación, México, 2006

CAPÍTULO 5

POSICIONES RELATIVAS DE RECTAS Y PLANOS

LAS RECTAS Y LOS PLANOS EN LAS PROYECCIONES DEL MODELO

Si se resuelven las proyecciones ortogonales de un modelo, en ellas se facilitan los análisis de las proyecciones de sus elementos, es decir, de sus planos y líneas. Tanto los planos como sus lados o rectas quedan identificados y se diferencian en el volumen, al nominar con un código los puntos que los limitan, por lo que en cada proyección del modelo resulta bastante práctico resolver la descripción de uno de estos elementos, si se distinguen sus ubicaciones del resto de datos del modelo, a manera de describirlos como proyecciones parciales del sólido.

Los ejercicios para describir los elementos del volumen ayudan a analizar los casos de ciertas posiciones que ellos asumen respecto al plano vertical como al horizontal de proyección.

POSICIONES RELATIVAS DE RECTAS Y PLANOS

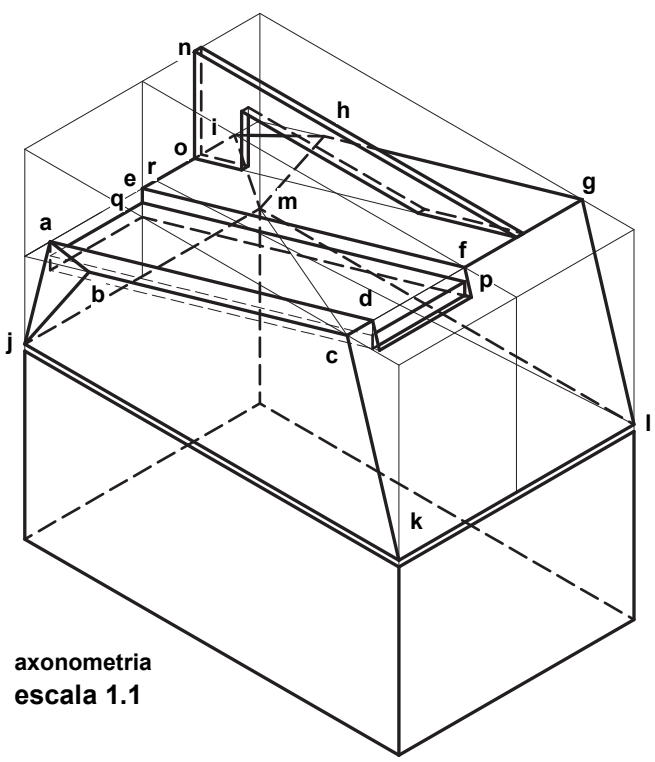
Las **rectas perpendiculares** y las **paralelas** a uno de los planos de proyección se describen con ciertas características que las distinguen de las demás rectas del modelo.

Cuando es perpendicular al vertical, su vista vertical se reduce a un punto, mientras que su vista horizontal aparece perpendicular a la línea de tierra; en cambio la recta perpendicular al plano horizontal tiene sus vistas hacia el plano horizontal coincidiendo en un punto y hacia el plano vertical, su proyección perpendicular a la línea de tierra.

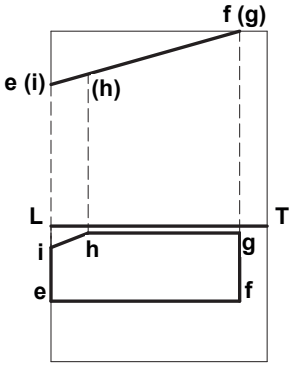
Cuando una recta inclinada es paralela al plano de perfil, sus proyecciones, la vertical y la horizontal son perpendiculares a la línea de tierra.

EJERCICIO EN CLASE No. 10

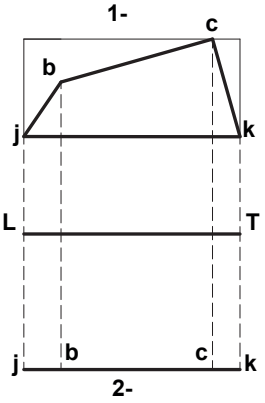
Proyecciones de planos y rectas especiales.



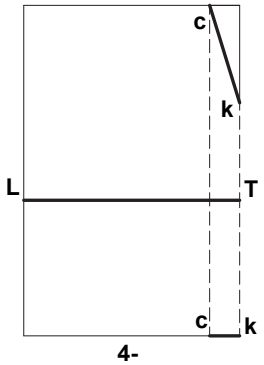
axonometria
escala 1.1



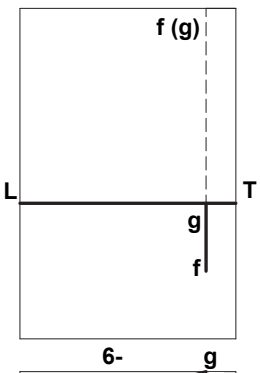
1-



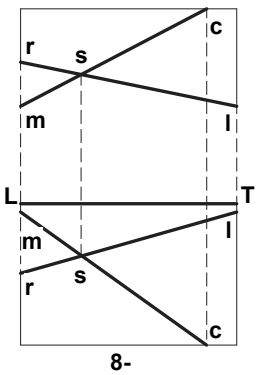
2-



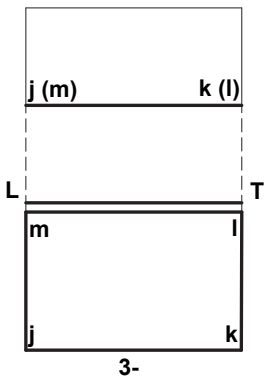
4-



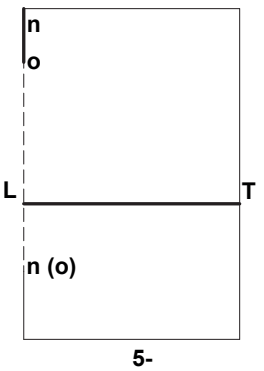
6-



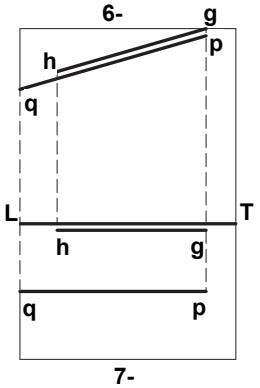
8-



3-



5-



7-

Rectas y planos especiales

1- Plano fghi perpendicular al PV
2- Plano bcjk paralelo al PV
perpendicular al PH
3- Plano jklm paralelo al PH
perpendicular al PV
4- Línea ck paralela al PV
5- Línea on paralela al PV
perpendicular al PH
6- Línea fg paralela al PH
perpendicular al PV
7- Líneas bg y qp paralelas entre si
8- Líneas cm y lr se cortan en el puntos

escala 1:2

Si la recta es paralela a los dos planos de proyección, sus vistas son paralelas a la línea de tierra.

Una recta paralela a otra, en sus proyecciones mantiene el paralelismo, tanto en la vista vertical, como en la vista horizontal, respecto de las proyecciones de la otra recta.

Cuando dos rectas se cortan entre ellas, sus proyecciones, la vertical y la horizontal, se cortan en la proyección del punto en el cual se interceptan en el espacio obligado en la línea de proyección perpendicular a la línea de tierra.

En el caso de los planos paralelos a uno de los de proyección, su vista hacia el plano paralelo se describe **en medidas y formas reales**, mientras que en la proyección al otro plano se orienta en forma perpendicular, es decir, se reduce su proyección a la intersección con el plano en el que se proyecta: una línea.

RECTAS NOTABLES

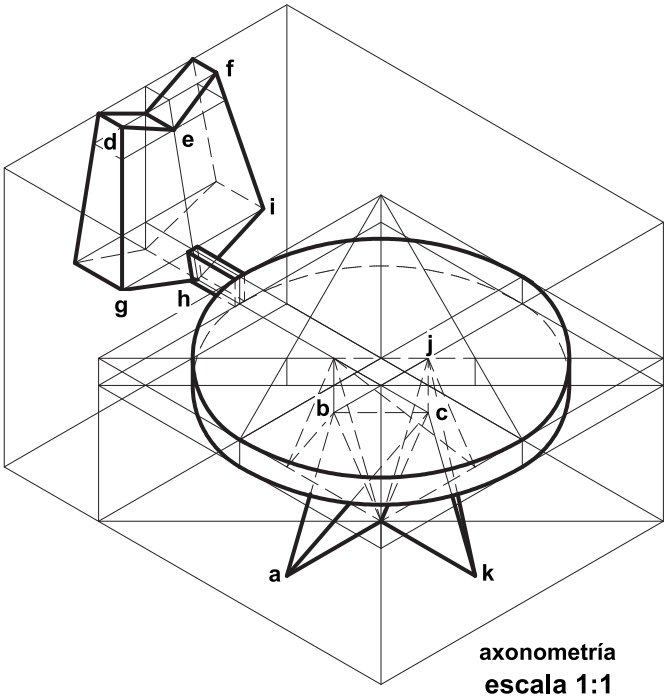
Las rectas, paralelas a uno de los planos de proyección, tienen denominaciones especiales[64], se las diferencia como **líneas notables** del plano. En el caso de las **rectas frontales** de un plano, son las paralelas al plano vertical y se denominan **horizontales** cuando son paralelas al plano horizontal de proyección. En sus descripciones, las rectas horizontales se proyectan con su vista vertical paralela a la línea de tierra y las frontales, en cambio, con su vista horizontal paralela a la línea de tierra.

En los planos inclinados su **recta de máxima pendiente** se denomina también recta notable[65]. Esta se describe al trazar en la proyección horizontal del plano una línea perpendicular a la proyección de una recta horizontal de ese plano.

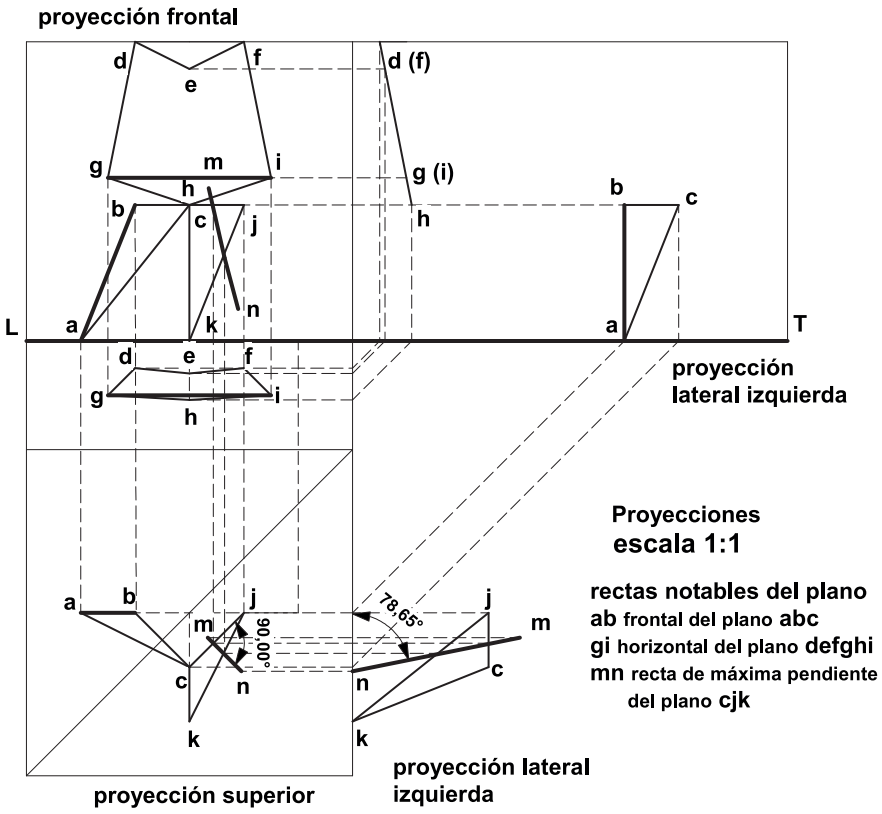
64. Di pietro, Donato, *Geometría Descriptiva,* Edit, Alsina, Buenos Aires, 1970
65. Di pietro, Donato, *Geometría Descriptiva*, Edit, Alsina, Buenos Aires, 1970

EJERCICIO EN CLASE No. 11

Rectas notables en la axonometría y en las proyecciones del modelo.



axonometría
escala 1:1



Proyecciones
escala 1:1

rectas notables del plano
ab frontal del plano **abc**
gi horizontal del plano **defghi**
mn recta de máxima pendiente del plano **cjk**

BIBLIOGRAFÍA

Boudon, Raymond y otros, ***Corrientes de la investigación en las ciencias sociales***, Tecnos/unesco, Madrid, 1981

Broasdbent, Geoffrey, ***Diseño arquitectónico, Arquitectura y ciencias humanas***, Gustavo Gili, México, 1982

Ching, Francis, ***Manual de dibujo arquitectónico***, Gustavo Gili, Barcelona, 2005

Clifford, Martín, ***Dibujo Técnico Básico***, Noriega-Limusa, México, 1991

Dernie, David, ***El dibujo en arquitectura, técnicas, tipos y lugares***, Blume, Barcelona, 2010

Di pietro, Donato, ***Geometría Descriptiva***, Edit, Alsina, Buenos Aires, 1970

Estrella, Luis, ***Dibujo técnico, ciclo básico y diversificado***, Edit. El Búho, Quito, 1991

French, Thomas, ***Dibujo técnico***, Edit. Gustavo Gili, México, 1982

Giesecke, Frederick y otros, ***Dibujo y comunicación gráfica***, Pearson Educación, México, 2006

Guerrero, Marcos***, Los dos máximos sistemas del mundo***, Abya-yala, Quito, 2004

Ibáñez, Eduardo, ***Las teorías del caos, la complejidad y los sistemas***, Homo Sapiens, Rosario, 2008

Izquierdo, Fernando, ***Geometría Descriptiva superior y aplicada***, Edit. Dossat, Madrid, 1984

Jensen, C.H. ***Dibujo y diseño de ingeniería***, Edit. McGraw-Hill, México, 1984

Leif, J, y otros, ***Didáctica de las asignaturas especiales***, Kapelusz, Buenos Aires, 1975

Malmberg, Bertil, ***Teoría de los signos***, Siglo XXI, México, 1977

Porter, Tom y otro, ***Manual de técnicas gráficas para arquitectos, diseñadores y artistas***, Gustavo Gili, Barcelona, 1985

Romero, Fabio, ***Dibujo de ingeniería***, Edit. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, 2008

Schmitt, Alexander y otros, ***Dibujo técnico básico***, Edit. Trillas, México, 1980

Spencer, Henry y otros, ***Dibujo Técnico***, Edit. Alfaomega, México, 2008

Steward,Ian, ***Juega Dios a los dados?*** Crítica, Barcelona, 2010

Wentworth, Jorge y Smith, David, ***Geometría plana y del espacio***, Edit. Porrúa, México, 1980

Wong, Wucius, ***Fundamentos del diseño***, Gustavo Gili, Barcelona, 2004

Zura, José, ***Trazos geométricos***, Universidad Centroamericana ediciones, El Salvador, 199

www.inen.gob.ec/ código de práctica para dibujo de arquitectura y construcción

www.educacion.gob.ec/

www.uasb.edu.ec/reforma

ruc.udc.es/dispace/bitstream/2183/5136/1/ ETSA

La enseñanza de la Geometría Descriptiva: los modelos geométricos. Guillermo Yanez, Profesor E.T.S. de Arquitectura de Madrid

http://lombardi-fadu-srg.blogspot.com//Cátedra lombardi. Morfología General. Sistemas de representación

http//trazoide.com/introducción-1.html Dibujo técnico. Geometría proyectiva

http//dac.esc.urjc.es/docencia/IG/04-Modelado Geométrico

http//es.scribd/doc/15485443/Sistemas-de-Representación. Alvaro Marquez

ocw.unican.es/enseñanzas-tecnicas/expresión-grafica-y-dao/material-de-clase2/T1SistReprMetr Dibujo Técnico Ejercicio

NOTAS

UNIVERSIDAD DEL AZUAY
50 AÑOS
Casa Editora

ISBN: 978-9978-325-79-7





UNIVERSIDAD
DEL AZUAY