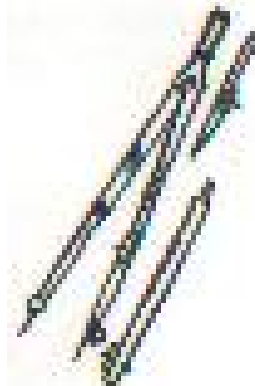
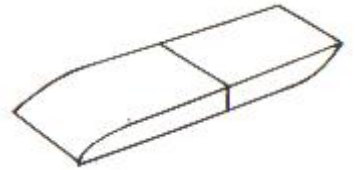
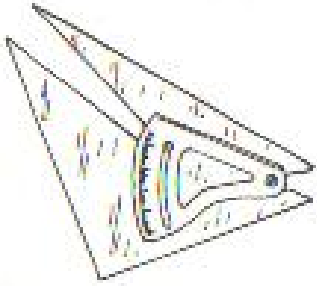
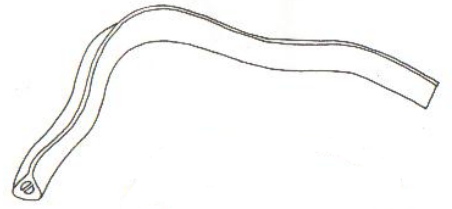
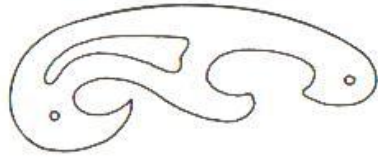
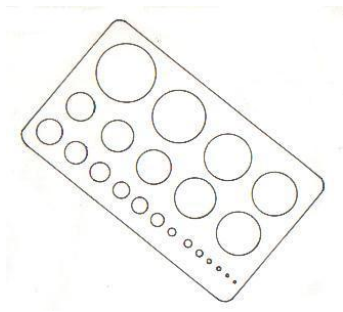


Öã ¸ Å[} • ç &ã[Å

SEGUNDA PARTE

El Texto Básico de Geometría Descriptiva para Arquitectura



CAPITULO I Introducción a la Geometría Descriptiva

1.- Introducción

La carrera de Arquitectura es, por definición, eminentemente práctica. Práctica implica trabajo gráfico, en mesa y con instrumentos de dibujo, ya que la ventaja de trabajar a mano alzada, no es suficiente cuando de la presentación de un proyecto arquitectónico se trata.

Lógicamente para llegar a desarrollar el -dibujo de un proyecto arquitectónico completo debemos comenzar por lo mas sencillo e imprescindible, como es conocer las herramientas básicas del dibujo, en principio técnico, tanto conceptuales como materiales y su correspondiente uso.

Es por lo antes mencionado que el presente texto no puede entrar directamente en su cometido principal como es la propuesta y solución de problemas específicos de la arquitectura, sino que es necesario dar un vistazo a los fundamentos básicos del dibujo técnico como preludeo al dibujo de proyectos arquitectónicos, al que se llega con la práctica y conocimientos que la Geometría Descriptiva debe brindar, y que radican en la percepción y representación gráfica de las soluciones espaciales de la arquitectura, sean estas propias o ajenas, nue-vas y existentes, y que son producto del proceso creativo de trabajo que es el proceso de Diseño Arquitectónico.

Cualquier tipo de dibujo necesita papel, lápiz, borrador y una forma de

En el dibujo meramente artístico, estos elementos son suficientes, no así en el dibujo para arquitectos, donde el apoyo es una mesa especial, para lograr la debida presentación en proyectos de envergadura.

Por tanto el papel, el lápiz, el borrador y la mesa necesitan instrumentos complementarlos de trabajo, que en principio son: escuadras, regla "T", compás y el escalímetro. En segundo término tenemos: tintas, curvígrafo, plantillas, regla paralela, etc; y en la actualidad la computadora, como medio técnico de avanzada que permite acelerar la productividad en el ámbito del diseño arquitectónico, principalmente como forma de presentación en proyectos complejos y de gran magnitud.

Cabe señalar, que a pesar de la productividad generada por la computadora, el medio humano no puede ser descartado, ya que un operario sin conocimiento o experiencia práctica de dibujo en taller, no va a rendir al máximo ni aún teniendo el mejor programa de computación a su disposición.

Por ello, aunque posiblemente terminemos operando una computadora, para poder hacerla realmente productiva, debemos conocer y desarrollar las habilidades fundamentales del dibujo con instrumentos, como medio de expresión y comunicación de la ciencia y la técnica; y en nuestro caso en la arquitectura a través del proceso de Diseño Arquitectónico y mediante las leyes y principios de la Geometría Descriptiva.

2.- Instrumentación

Del conocimiento y la correcta utilización de los diferentes instrumentos y medios de dibujo depende en gran medida la productividad en el proceso de dibujo, más aún como elemento principal en el proceso de Diseño Arquitectónico.

2.1- El Papel: como medio de soporte de la expresión gráfica desde el inicio de la cultura humana, es el principal material utilizado para la comunicación social y técnica. A través del tiempo se ha perfeccionado y actualmente contamos con más de 50 variedades según su calidad, transparencia, textura, color, calibre (grosor), etc.

En Arquitectura, los más usados son el papel tracing, vegetal o cebolla, albanene, sketch, y el papel bond. El uso de cada uno de ellos depende de la etapa del proceso de diseño que se esté desarrollando; si se está aún en estudios preliminares del diseño, se utiliza el papel bond como base y el albanene o sketch, para realizar variantes en la propuesta inicial, dada la fácil visualización de imágenes a través del mismo, colocándolo sobre el papel bond. Cualquiera de ellos es utilizable en presentaciones parciales del diseño o bien en las entregas de anteproyecto.

Al hacer presentaciones finales se utilizan el tracing o el vegetal, ya que permiten una mejor aplicación de las tintas especiales de dibujo y elevan la calidad y durabilidad del trabajo realizado, además de asegurar la calidad del fotocopiado de los planos, necesario en la vida profesional ya que los originales del diseño le quedan al arquitecto mientras el cliente recibe las copias del mismo; estas copias pueden ser heliográficas (azules) que son las más baratas, aunque son mejores las copias blancas. Esta situación permite asegurar la autoría del diseño.

2.2- El Lápiz: para el dibujo es como para el hombre, sus cuerdas vocales; el lápiz es el instrumento de expresión del lenguaje de la técnica como lo es el dibujo. Dentro de los lápices de dibujo tenemos el tradicional lápiz de grafito, el lápiz mecánico y las plumas o rapidograph; cada uno de ellos con uso específico en las distintas etapas del proceso de diseño.

En los primeros bocetos de un diseño se utiliza el tradicional lápiz de grafito con las respectivas variantes de dureza de su mina, y que pueden dividirse en dos

grupos: suaves, simbolizados por la letra "B" (BRAND) y el número 11211 o más conforme aumentan la blandura de la misma; y los duros simbolizados por la "H" (BLAND) y el número 11211 o más conforme aumentan su dureza.

Al estar realizando las primeras soluciones formales de diseño, es recomendable utilizar el lápiz mecánico, más aún al utilizar instrumentos de dibujo, ya que permiten mayor limpieza en el trazado de líneas y una mejor expresión de lo que conoceremos posteriormente como valor o calidad de líneas.

Los lápices mecánicos poseen minas con igual graduación que los lápices corrientes, pero con la ventaja de brindarnos grosores o calibres específicos que contribuyen a mejorar la expresividad necesaria en el dibujo arquitectónico. Los grosores o calibres más comunes son: 0.3, 0.4 0.7, 2.0 mm, etc.

Al hacer presentaciones finales de un proyecto arquitectónico la calidad debe ser máxima, por lo tanto si utilizamos la mejor calidad del papel, también aplicamos los mejores instrumentos de expresión que facilitan la utilización de tintas especiales. Aquí aparece la pluma técnica o rapidógrafo, conocido en nuestro medio como "rapidograph" y es una especie de lápiz de tinta recargable y que posee variados grosores de línea, análogos a los producidos por las distintas durezas de las minas de grafito. Los grosores se expresan generalmente respecto al milímetro, aunque depende de la marca del mismo, lo común es encontrarse con las siguientes denominaciones: 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5,...,1,2,3, etc.

2.3- El Borrador: es de humanos errar, por lo tanto es necesario un medio para corrección de errores propios de todo proceso de creación como es el Diseño Arquitectónico. En Arquitectura es común la utilización de un borrador de plástico conocido como "de leche" de textura blanda y que no produce suciedad ni roturas al aplicarse en el papel, se utiliza también el llamado borrador en polvo, que en realidad no borra, sino que evita ensuciar el papel y deslizar fácilmente las escuadras. Tenemos borradores especiales para tinta, estos son de apariencia más dura y se utilizan en el papel de mayor consistencia; en oficinas bien equipadas se utiliza mayoritariamente el borrador eléctrico, que trabaja por el material del mismo y otro tanto por vibraciones producidas por la electricidad.

Es común encontrarse en oficinas de dibujantes de nuestro país, a falta de los borradores antes mencionados se utiliza borrar mediante el raspado con una hoja de "gillette"; lo que da buenos resultados, siempre que se mantenga verticalidad entre la hoja de gillette y el papel, y el movimiento sea continuo y rápido. Esto es posible en papeles de máxima calidad, pero realmente no es recomendable.

2.4- La Mesa de Dibujo: es el apoyo de trabajo, típicamente inclinada para facilitar el dominio total sobre el espacio de trabajo para el dibujante. La inclinación depende del gusto del dibujante, pero normalmente se da una diferencia de altura entre las patas delanteras y traseras de quince a veinte centímetros.

Las dimensiones del tablero pueden variar desde 70-90 centímetros de ancho por 90-120 centímetros de longitud, pueden haber de otras dimensiones dependiendo del tipo de dibujo a realizar, tal es el caso de los planos de desarrollo urbano territorial, donde los mismos son de grandes dimensiones y necesitan por lo tanto mesas muy grandes. Es claro pues que las mesas también varían dependiendo del tipo de plano de trabajo a realizar.

El material de las mesas es variable, en nuestro país son comunes las de madera, aunque también pueden ser metálicas. El tablero puede cubrirse con el papel "laminene" para conseguir una superficie lo suficientemente lisa y uniforme, que produzca un trabajo casi perfecto, en este papel encontramos también milimetrado, que al colocar encima el papel de dibujo, nos permite trabajar a mano alzada. Este papel es de color verde claro (óptico) ya que evita el cansancio extremo en la vista del dibujante.

Con los materiales hasta ahora mencionados, podemos desarrollar sin problemas dibujos a nivel de anteproyecto, o sea bocetos preliminares a la solución de un determinado problema de diseño. Al momento de alcanzar soluciones de diseño que deben ser fundamentadas con precisión, aparecen el resto de instrumentos de dibujo que son básicos en la representación gráfica del resultado parcial o final del proceso de diseño.

2-5- Las Escuadras: son instrumentos de material plástico preferiblemente transparentes que sirven para realizar líneas rectas verticales o inclinadas.

Convencionalmente tenemos dos tipos de escuadras, una con ángulos de 45 y 90 grados y otra con ángulos de 30, 60 y 90 grados; en conjunto son conocidas como Juego de cartabon.

Podemos encontrar escuadras con bordes continuos o biselados, (bisel es un saque en todo el borde de la escuadra que evita el contacto de la tinta con la escuadra) preferiblemente deben ser biseladas ya que permiten el trabajo con tinta.

Con ellas podemos realizar líneas de poca longitud en los ángulos mencionados o bien horizontales o verticales y paralelas o perpendiculares entre si; esto se logra con el uso combinado de las mismas, obteniendo también otros ángulos: 15 y 75 grados.

Podemos encontrar también escuadras ajustables, donde con una sola podemos construir líneas en distintos ángulos, ya que poseen un dispositivo que hace mover sus lados de acuerdo a los ángulos deseados, que no se obtienen con las convencionales.

2.6- La Regla "Tl": como su nombre lo dice, es una regla en forma de "Tl", compuesta de dos partes: la cabeza y la hoja, unidas perpendicularmente entre sí y con bordes de trabajo debidamente rectos. Se utiliza para realizar líneas horizontales. La cabeza sostiene a la regla al borde de la mesa y la hoja puede trasladarse indistintamente de arriba abajo, produciendo líneas horizontales paralelas entre sí. La regla "t" sirve también como apoyo para las escuadras, permitiendo la construcción de líneas verticales o en ángulo paralelas o perpendiculares entre sí. Al inicio de la actividad de dibujo la regla "t" sirve para la colocación y fijación del papel de dibujo.

2.7- El Compás: instrumento de dibujo típicamente metálico que permite realizar líneas curvas, principalmente círculos o arcos de círculos. Vienen en distintos tamaños según la dimensión de trazos que se necesiten, permiten además el traslado de medidas (compás de puntas) y la construcción de tangencias entre líneas rectas y curvas, muy necesario en el Diseño Urbano para la construcción de calles, andenes, etc.

2.8- El Escalímetro: es el instrumento de medidas característico en las especialidades tecnológicas y lógicamente en la Arquitectura. Esencialmente es una regla de medidas de sección triangular y que nos brinda seis tipos de medidas o escalas proporcionales a las medidas reales. En nuestro país se utilizan las escalas referidas al sistema métrico decimal, entre las más usadas tenemos: 1:100, 1:50, 1:200, 1:250, 1:75, 1:125.

En general las medidas a escala pueden ser para ampliar o reducir el tamaño real del objeto a graficar, en Arquitectura se ocupan las escalas de reducción (ya mencionadas) por ser nuestra finalidad de estudio principal un edificio o un sector urbano.

En éste segundo grupo de instrumentos conocimos los que nos permiten trabajar con mayor precisión, claridad y limpieza y que por lo tanto nos brindan mayor calidad en la presentación de una solución final a un problema de diseño arquitectónico.

Esto no quiere decir que sean los únicos, ya que aún hay otros que terminan de complementar la calidad de presentación de un proyecto arquitectónico.

2.9- Las Tintas de Dibujo: entre otros medios de dibujo complementarios tenemos las tintas de dibujo, que con los rapidograph dan la mayor calidad de presentación de un proyecto, además de asegurar la durabilidad del mismo. Las tintas son generalmente negras (de negro de humo) pero las hay también de colores, su

utilización depende del tipo de presentación a realizar, lo que también define el tipo de papel.

2.10- Las Plantillas de Dibujo: de material plástico transparente, permiten entre otras cosas mayor rapidez en el dibujo de formas geométricas elementales, que pueden ser muebles o cualquier simbología propia del dibujo arquitectónico. Tenemos también plantillas de borrar, cuando queremos evitar mayores correcciones en un dibujo, ya que nos definen un área mínima de visualización y acción sobre el mismo; éstas son de aluminio.

2.11- El Curvígrafo: Para la realización de líneas curvas no regulares tenemos las llamadas curvas francesas, que son reglas con formas curvas variables en dimensión. Existen también los curvígrafos, que no son más que fibra metálica flexible revestida de material plástico que puede ser moldeado de acuerdo a las características de la curva a realizar por el dibujante.

2.12- La Regla Paralela: para completar un buen equipo de dibujo es necesario obtener lo que se conoce como regla paralela, que no es más que una versión avanzada de la regla "T", con la particularidad de fijación total a la mesa mediante un sistema de cuerdas en cruz, que asegura la construcción de líneas horizontales paralelas, con mayor precisión que una regla "T". Esto es notorio al servir de base al movimiento de las escuadras. Algunas mesas especializadas poseen el llamado brazo mecánico, que hace las veces de paralela y de escuadras, ya que permiten movimiento en todos los ángulos conocidos.

En la actualidad y viendo hacia el futuro todos estos instrumentos pierden alguna importancia al desarrollarse de gran manera los paquetes gráficos computarizados. Esto tiende a confundirse, ya que aún con éste desarrollo, la enseñanza del dibujo tradicional no se puede descartar; y es que sin la ejercitación manual directa de las infinitas posibilidades de relación de las formas geométricas, no es posible la apropiación debida de las leyes y principios de la geometría en general, entendiéndola como el medio imprescindible para soluciones lógicas y construibles, a los más complejos problemas del Diseño Arquitectónico.

3.- Dibujo General

Conociendo los instrumentos de dibujo y su uso respectivo, como futuros arquitectos, debemos ahora conocer los distintos elementos que conforman un gráfico, como componente principal de un plano arquitectónico; que es el medio básico de expresión del Diseño Arquitectónico.

Toda imagen gráfica está compuesta por al menos puntos y líneas que describen determinadas formas, superficies o volúmenes; por tanto, los elementos de toda expresión gráfica son esencialmente el punto, la línea, la superficie y el volumen.

En arquitectura el resultado final de todo proceso de diseño es en esencia un volumen o conjunto de volúmenes, éstos definen espacios abiertos o cerrados con usos determinados. Si el resultado final de todo proceso de diseño se expresa en volúmenes, debemos entonces conocer a cabalidad las características de sus componentes, que no son mas que los elementos de toda imagen.

3.1- El Punto: según la geometría plana de Baldor no se define, es por tanto sin existencia ni dimensión matemática, en lenguaje gráfico es la marca que deja la punta de un lápiz bien afilado al colocarse sobre el papel. Debe aclararse que al aumentar el grosor del lápiz, aumenta también el punto, dejando de considerarlo adimensional; ésto sucede en el Diseño Gráfico y Publicitario.

3.2- La Línea: es la sucesión de infinito número de puntos que según la dirección que tomen, resultan líneas rectas o curvas. Según Baldor la línea tiene una sola dimensión, pero en la representación arquitectónica será referida a determinado material, por tanto toda línea tendrá espesor, entonces en Arquitectura la línea tiene dos dimensiones. Indudablemente para efectos de la materia a nivel académico se le considera de una sola dimensión.

3.2.1- Clasificación de las Líneas: Las líneas rectas por su posición pueden ser horizontales (líquidos en reposo), verticales (fuerza de gravedad) e inclinadas (ni horizontales ni verticales). Al interrelacionarse las líneas rectas pueden ser paralelas (horizontales, verticales o inclinadas equidistantes entre sí), perpendiculares (una horizontal y una vertical), y oblicuas (horizontal o vertical con una inclinada).

Para las líneas curvas las características mencionadas no se aplican, salvo la del paralelismo. Las líneas curvas pueden ser regulares o irregulares, dependiendo su forma de construcción. Las curvas regulares son producidas por el compás, mientras las irregulares se construyen con los curvígrafos.

La interrelación entre líneas rectas, en el caso de las oblicuas, tiene que ver con el concepto de ángulos conocido en matemáticas; por lo que las rectas perpendiculares son las que forman un ángulo recto, que es igual a noventa grados, mientras las oblicuas forman ángulos mayores (obtuso) o menores (agudo).

3.2.2- Valor y Tipos de Líneas: Conociendo las características básicas del punto y la línea, es imprescindible para poder avanzar en las particularidades del dibujo general, conocer los distintos valores y tipos de líneas establecidos convencionalmente para la debida interpretación de todo gráfico, tanto en la forma general del mismo como en lo que representa.

Resumiendo se puede hablar de tres valores básicos de líneas, referidos a las distintas graduaciones obtenidas en los lápices de dibujo; éstos valores son: f ¡no ($7h, \dots 2h$), mediano (h, hb, b), y grueso ($2b, 3b, \dots$).

Cuando se habla de valores de línea se refiere a la expresividad de las mismas, mientras al hablar de tipo de línea nos referiremos a la estructura de las líneas, en otras palabras, qué representa la línea.

En el valor de línea fino podemos tener líneas guías, para rotular o iniciar la elaboración de un gráfico; para dimensionar gráficos, se denominan líneas de cota. Otro usos para ejes de simetría, se estructura en base a líneas discontinuas con trazos largos y puntos al medio de los espacios libres.

Las líneas medianas pueden ser de contornos de objeto visibles (línea continua) o no visibles denominadas ocultas (línea discontinua). La línea gruesa se utiliza principalmente en la representación de bordes de objetos seccionados por un plano de corte.

Sumado al conocimiento y uso de los instrumentos, los elementos de toda imagen y sus características proporcionan los insumos necesarios para abordar las primeras prácticas enfocadas a formar los cimientos de un arquitecto de calidad desde el punto de vista técnico práctico en el difícil arte de expresar ideas tridimensionales en un plano de trabajo bidimensional, que es la base o el medio de toda forma de expresión plana arquitectónica.

4.- Dibujo Geométrico

"La arquitectura y la geometría forman una unidad de creatividad y disciplina; una es el instrumento de la otra, un balance de imaginación y realismo exacto. Los principios y aplicaciones de la geometría fundamentan y orientan la arquitectura".

W. Blackwell.

Porqué debemos conocer los distintos métodos de construcción de formas geométricas? W. Blackwell nos da la respuesta. Y es que a través de la evolución de la arquitectura como el "arte de construir" (LeDucc) han sido totalmente evidentes las formas geométricas en las distintas soluciones espaciales brindadas. Por tanto si estamos realizando el diseño de un complejo deportivo y nuestro cliente nos pide que la forma del mismo sea hexagonal o bien dodecagonal (doce lados), además que la cubierta sea parabólica; cómo vamos a realizar los planos del proyecto si no sabemos como dibujar determinada forma poligonal?, qué pasaría al momento de construir dicho complejo sin un gráfico bien construido y dimensionado?

La realización de la obra sería prácticamente imposible, y de darse presentaría grandes problemas de costos y tiempo de conclusión de la misma. Arquitectura es la creación de espacios habitables, y la geometría es la que dimensiona éstos espacios; entonces la arquitectura y la geometría son una unidad indisoluble.

4.1 El Plano: producto de la interrelación de las líneas rectas obtenemos lo que conocemos como ángulo, que no es más que la abertura comprendida entre dos líneas rectas (lados) que se unen en un punto denominado vértice. Este elemento al cerrarse o combinado en diversas maneras compone las formas geométricas básicas conocidas como planos.

4.1.1- El Triángulo: Podemos ahora hablar del triángulo, que es una figura plana cerrada por tres líneas rectas (ver f.1). Esta formado por lados, ángulos, y vértice. Se conocen por sus lados o sus ángulos; con todos sus lados iguales son equiláteros, con dos lados iguales se denominan isósceles, y sin lados iguales se llaman escaleno. Por el ángulo se trabaja principalmente con el triángulo rectángulo, cuando uno de sus ángulos es recto.

4.1.2- El Cuadrado: En segundo término tenemos el cuadrado, uno de los paralelogramos o cuadriláteros, que es una figura plana cerrada por cuatro líneas rectas de igual dimensión, produciendo cuatro ángulos, lados y vértices (ver f.2). Un cuarto elemento del cuadrado es la diagonal, que es la recta que une dos vértices opuestos, produciendo dos triángulos rectángulos.

4.1.3- El Pentágono: es la tercer forma geométrica básica primaria, figura plana cerrada por cinco líneas rectas, produciendo cinco ángulos y lados iguales, así como los respectivos vértices (ver f.3).

Al hablar de formas geométricas básicas primarias nos referimos a lo comúnmente conocidos como polígonos regulares, que son figuras elementales de la geometría formal. El triángulo, el cuadrado y el pentágono, son entonces los polígonos regulares primarios, ya que con la transformación de cada uno de ellos obtenemos el hexágono, el octágono y el decágono, respectivamente (ver f.4,5,6). Estos serían los polígonos regulares secundarios, en los que el número de lados, ángulos y vértices se duplica.

4.1.4- El Círculo: Ahora bien, si un triángulo se puede transformar en un hexágono, éste en un dodecágono y así sucesivamente; obtenemos una forma geométrica plana muy particular que es el círculo (ver f.7), conocido como el polígono de infinito número de lados ya que es el resultado final de la transformación continua de cualquier otro polígono. En el círculo desaparecen los lados y ángulos típicamente vistos en los otros polígonos.

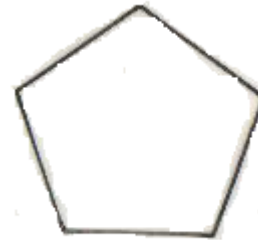
4.2- El Volumen: Cualquiera de éstas formas geométricas planas, más una altura definida produce espacios tridimensionales que pueden ser habitaciones, edificios o espacios abiertos, o sea formas volumétricas que son parte de los problemas espaciales que la arquitectura debe solucionar. Podemos hablar entonces de prismas y cilindros (ver f.8,9).



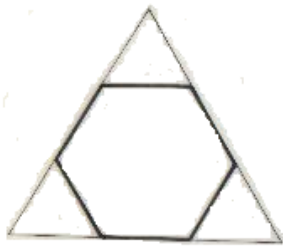
F.1 EL TRIANGULO



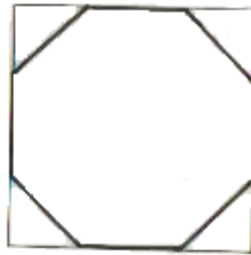
F.2 EL CUADRADO



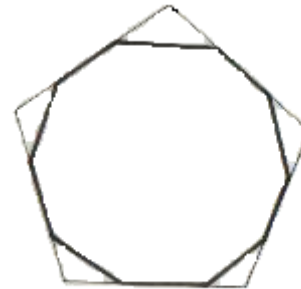
F.3 EL PENTAGONO



F.4 EL HEXAGONO



F.5 EL OCTOGONO



F.6 EL DECAGONO

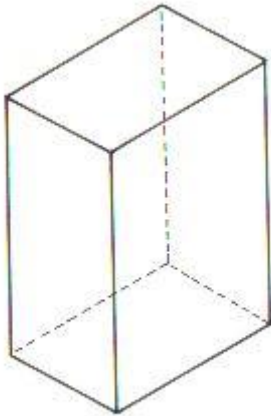


F.7 TRANSFORMACION SUCESIVA DE UN POLIGONO HASTA EL CÍRCULO

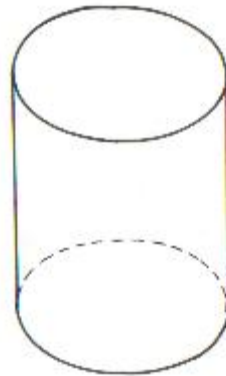
Por otro lado, si el centro geométrico de cualquiera de las formas planas mencionadas se levanta determinada altura y se une con todos los puntos contenidos en la línea que las limita, nos producen la pirámide y el cono (ver f.10,11), formas tridimensionales de algunas soluciones espaciales de la arquitectura, sobre todo en soluciones de techos.

Ahora bien, si un círculo se rota sobre sí mismo obtenemos la esfera (ver f.12) que tradicionalmente se ha utilizado para cubrir grandes espacios utilizando parte de ella como cúpulas y recientemente en su totalidad en domos geodésicos. No trataremos aquí otras formas geométricas más complejas y que requieren de conocimientos matemáticos complementarios.

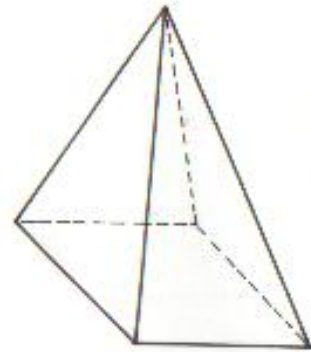
No cabe duda que las soluciones espaciales de la arquitectura se basan en los estudios espaciales que brinda la geometría, debemos entonces conocer y saber construir las distintas formas geométricas elementales, por que de ellas dependen la delimitación y aprovechamiento real del espacio arquitectónico.



F.8 EL PRISMA



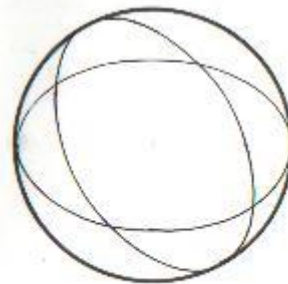
F.9 EL CILINDRO



F.10 LA PIRAMIDE



F.11 EL CONO



F.12 LA ESFERA

CAPITULO II Geometría Descriptiva 1.- Introducción

1.1.- Reseña Histórica: puede decirse que la Geometría Descriptiva como ciencia se inicia en 1790 con Gaspard Monge, Matemático e Ingeniero Militar francés; quien ideó la manera de determinar los ángulos de corte en las piedras utilizadas para construir fortificaciones mediante un análisis gráfico, las que deberían ser trabajadas con precisión para unir las entre sí, de modo que la torre o muro pudiera soportar su propio peso y con la rigidez necesaria para soportar el bombardeo.

Dichos ángulos se determinaban con cálculos aritméticos muy laboriosos, mientras con el análisis de Monge esto se realizó en un tiempo sin precedentes. Dicho análisis originó la teoría de la Geometría Descriptiva como una nueva rama de la ciencia. Debido al significado militar de los estudios de Monge; debieron mantenerse en secreto varios años y hasta en 1795 se comenzó a publicar en forma de artículos en revistas de las escuelas normales, ya en 1798 se publicó el libro "Geometrie Descriptive" con la teoría completa del análisis gráfico, propuesto por Monge.

Se considera sí, que desde que el hombre representó animales en las cavernas prehistóricas, se sentaron las bases de esta ciencia. En Egipto se dió un gran desarrollo en los estudios geométricos, hasta se encontró en una de sus ruinas una piedra en forma de cubo con distintas vistas de una esfinge en cada una de sus caras a correcta escala.

1.2- Importancia en la Arquitectura: para entender la importancia de la Geometría Descriptiva en la Arquitectura debemos referirnos rápidamente a la Historia de la Arquitectura que comienza desde que el hombre primitivo busca resguardo de la intemperie. Las cuevas, son los primeros espacios habitados por el hombre, adaptándose a su forma y dimensiones, luego creándolas el mismo.

Los cultos que el hombre rendía a sus muertos y a sus dioses, requirieron nuevos espacios: las construcciones megalíticas, los templos, las pirámides, etc. A través del desarrollo de la humanidad y los espacios de vida que ha requerido, llámese estos espacios, arquitectura; es totalmente evidente la utilización de formas geométricas.

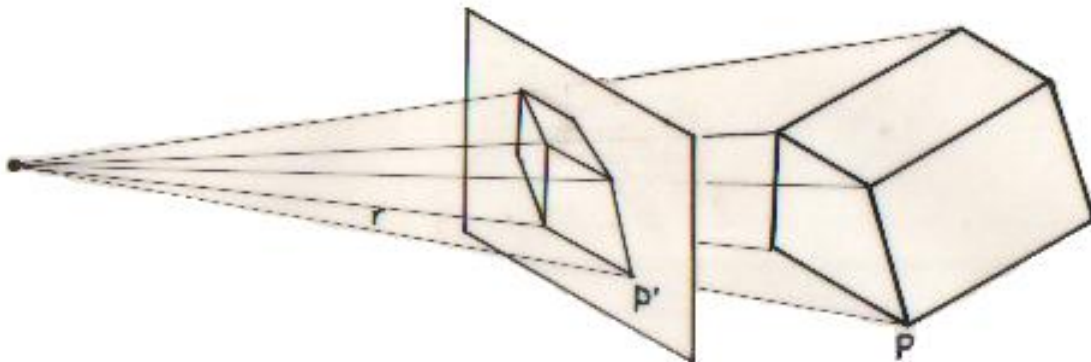
Entendiendo la Geometría como el estudio del espacio y la Arquitectura como la creación y adecuación de los espacios de vida del hombre; se puede asegurar que sin el conocimiento de los principios geométricos, es imposible brindar espacios arquitectónicos debidamente funcionales, estéticos y económicos.

La Geometría es el esqueleto espacial en el que el Arquitecto debe crear sus obras. La Geometría Descriptiva brinda las leyes que rigen el conocimiento y percepción del espacio tridimensional con su respectiva representación en un espacio bidimensional que son los planos de trabajo.

1.3- Métodos de Representación Tridimensional: en el desarrollo histórico de la Geometría Descriptiva se han desarrollado distintos Métodos de Representación Tridimensional que son los procedimientos que permiten determinar la imagen o representación precisa de cualquier figura u objeto. Estos han evolucionado paulatinamente.

Los métodos de representación tridimensional dependen del Tipo de Proyección en que se fundamenta, lo que no es más que la posición del centro de proyección con respecto al plano de proyección determinando la forma en que las líneas proyectantes inciden sobre dicho plano.

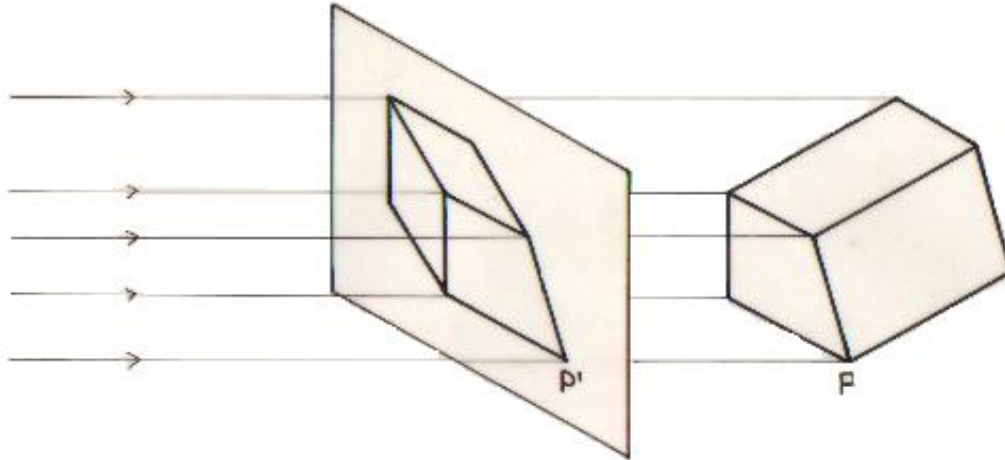
1.3.1- La Proyección Central o Cónica: el centro de proyección se ubica en un punto finito y por el pasan todas las líneas proyectantes, antes de reflejar la imagen en el plano de proyección (ver f.13). Este tipo de proyección es comúnmente conocida como Perspectiva entendida como el resultado de la percepción del ojo humano de los espacios en que se desarrolla, por lo que se considera la mas cercana a la realidad.



F.13 PROYECCION CENTRAL O CONICA

1.3.2- La Proyección Paralela o Cilíndrica el centro de proyección se considera en el infinito, las líneas de proyección son paralelas entre sí, y son tangentes a los límites de la figura u objeto a reflejar en el plano de proyección (ver f.14).

Esta forma de proyección es convencional, por la ubicación del centro de proyección, en ella las líneas de proyección se consideran perpendiculares al plano de proyección y paralelas entre sí, de lo que resulta la denominada Proyección Ortogonal.

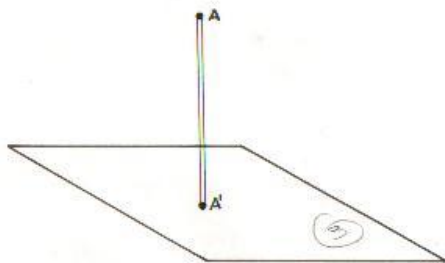


F.14 PROYECCION PARALELA O CILINDRICA

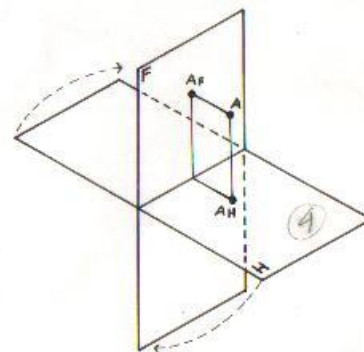
1.3.2.1- Proyección Ortogonal en un Plano de Proyección: permitía conocer la representación de una figura u objeto en un espacio bidimensional, definiendo dos dimensiones del mismo directamente en un sólo plano de proyección (ver f.15), cada uno de los puntos componentes era imagen de infinitos puntos, por lo que para conocer la altura de cada uno de ellos debía elaborarse la escala de alturas en una tabla numérica de referencia. Esta situación complicaba y retrasaba la comprensión clara y directa de lo representado.

1.3.2.2--Proyección Ortogonal en Dos Planos de Proyección: ante este problema de manejo espacial Monge propuso un segundo plano de proyección perpendicular al primero (ver f.16), obteniendo con ello una segunda imagen de la figura u objeto analizado en la que se apreció las alturas de cada punto, obviando así la necesidad de la escala de alturas. Este método de proyección ortogonal denominado Proyección Diédrica, aseguró fuerza de expresión, precisión y fácil medición de las imágenes de cada plano de proyección.

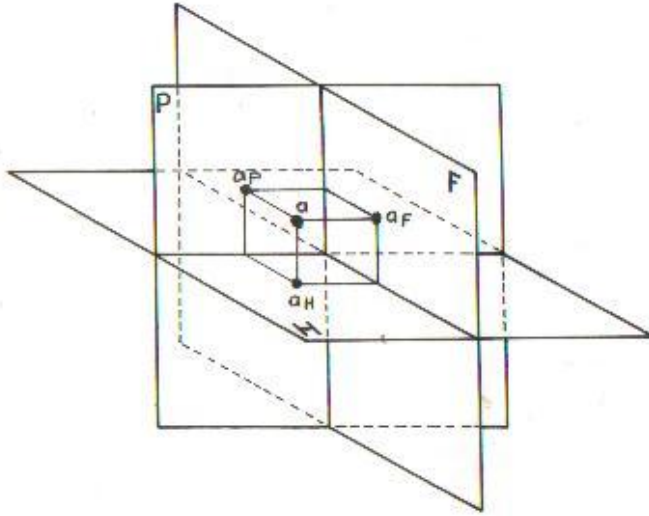
La solución de múltiples problemas de Geometría Descriptiva se logró con la proyección de vistas en solo dos planos, pero algunos problemas demandaron una tercera vista, que debido a su complejidad requerían hacerlos más claros y fáciles de entender.



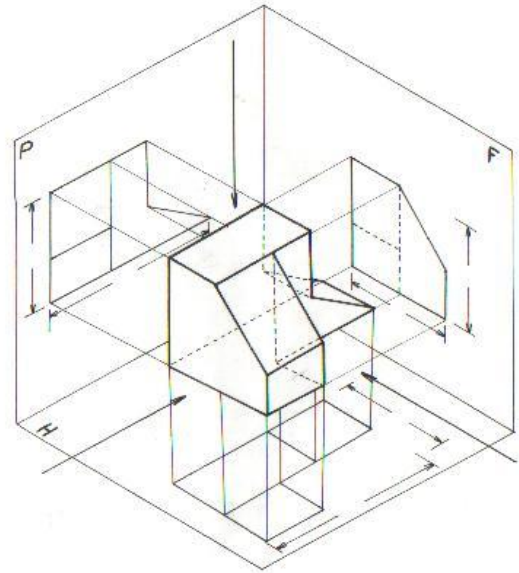
F.15 PROYECCION ORTOGONAL EN UN PLANO



F.16 PROYECCION ORTOGONAL EN DOS PLANOS

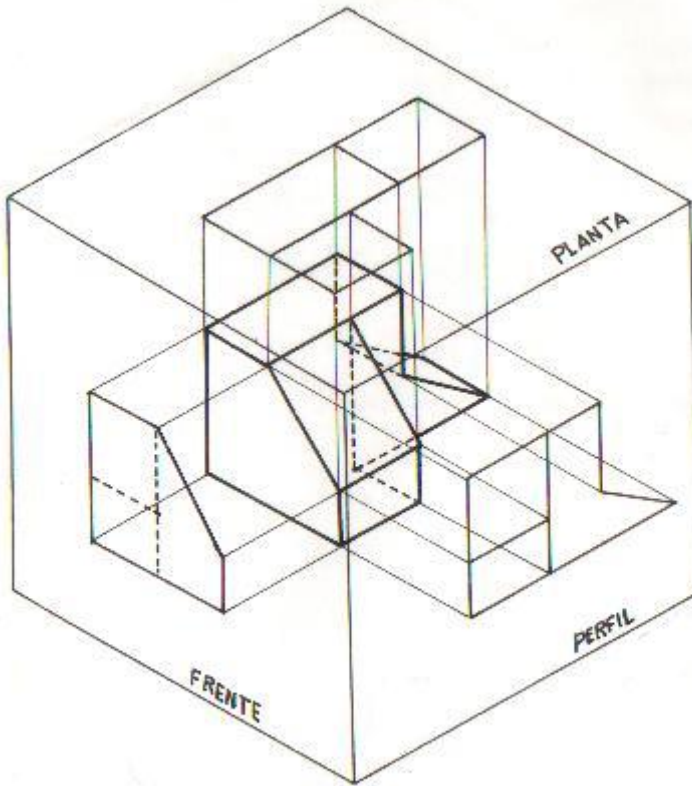


F.17 PROYECCION ORTOGONAL EN TRES PLANOS



F.18 PROYECCION ORTOGONAL DEL CUBO OPACO

1.3.2.3.b- Proyección Ortogonal del Cubo de-Cristal: se parte siempre de un octante del sistema triédrico, en este caso del tercero considerandolo también un Cubo, pero totalmente transparente (f.19). Por lo tanto desde fuera de el se aprecian seis vistas distintas de un mismo objeto, y al llevarlas a un solo plano se hace a partir de sus vistas exteriores, que son las que muestran el objeto.



F.19 PROYECCION ORTOGONAL EN EL CUBO DE CRISTAL

El plano horizontal, que esta sobre el objeto, muestra su vista superior. El plano vertical lateral, a la derecha del objeto, muestra su perfil derecho, mientras el plano vertical al frente del objeto, muestra la vista, frontal del mismo.

En ambos sistemas obtenemos iguales puntos de vista de un objeto, pero ordenados de forma distinta. En el primero el plano de referencia se ubica atrás o abajo del objeto, mientras en el segundo se ubica entre el observador y el objeto.

1.3.2.3- Proyección Ortogonal en Tres Planos de Proyección: en el anterior sistema teníamos un plano vertical y uno horizontal mutuamente perpendiculares, el tercer plano en utilizarse fue un segundo plano vertical perpendicular también a los primeros (ver f.17). En éste sistema denominado Proyección Triédrica el espacio queda dividido en ocho regiones llamados octantes. El primer octante es el espacio más próximo al observador y es el que dá paso a un sistema de proyecciones más simple y de fácil manejo.

1.3.2.3.a Proyección Ortogonal del cubo opaco: el primer octante ofrece una vista horizontal y dos verticales, mostrando el plano horizontal inferior la vista superior del objeto analizado, el plano vertical lateral izquierdo muestra el perfil derecho y el vertical posterior muestra la vista de frente del objeto.

El primer octante cerrado como un cubo de seis caras opacas, muestran en su interior las vistas del objeto, para analizarse se abre a un solo plano a partir de sus caras interiores destacándose las vistas que ofrece originalmente (ver f.18), fuera del cubo no se pueden apreciar las vistas del objeto. Este sistema se utiliza principalmente en Europa y en algunos países latinoamericanos.

Ambos métodos funcionan, es indispensable el dominio completo de ambos sistemas, pero el tiempo disponible de estudio obliga a enfatizar uno de ellos. Por experiencia, se comprende mejor el segundo, 'y es el que se detalla en el desarrollo de nuestro curso; aunque en algunas etapas se deberá utilizar también el primero.

2.- Proyecciones Ortogonales Elementales

2.1- Proyección Ortogonal: método para representar objetos tridimensionales por medio del uso de vistas proyectadas sobre planos de proyección con líneas de proyección paralelas entre sí y perpendiculares a los planos.

La proyección ortogonal como método de representación posee diversas

Propiedades, entre las que tenemos:

a) Cada punto y cada línea dispuestos en el espacio, tienen en el plano de proyección al menos una proyección.

b) Cada punto y cada línea sobre el plano de proyección, puede ser la proyección de infinidad de puntos y líneas dispuestos en el espacio.

c) Para construir la proyección de una línea recta es suficiente proyectar dos de sus puntos y trazar una línea recta que una las proyecciones obtenidas de estos puntos.

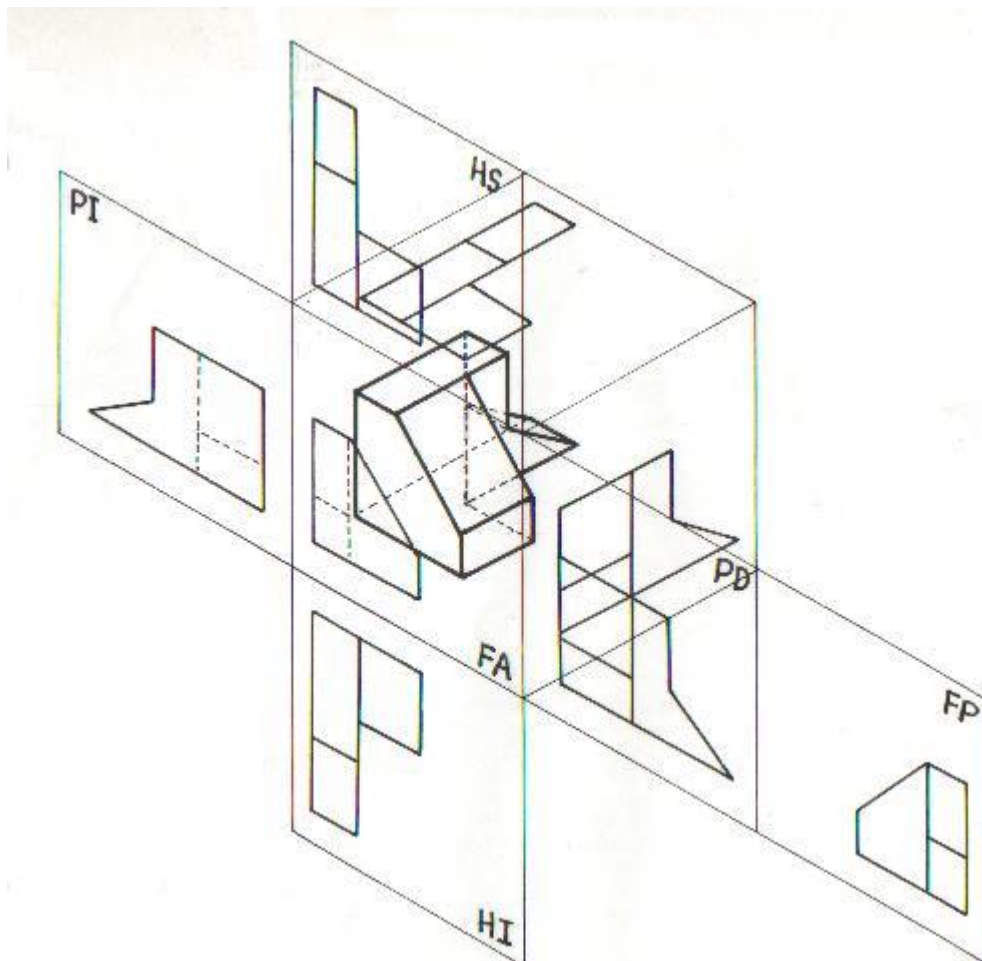
d) La línea recta se proyecta en general, en forma de línea recta, siempre que no sea paralela a la dirección de las líneas proyectantes ya que proyectaría un punto.

e) Si un punto pertenece a la recta, entonces la proyección del punto pertenece a la proyección de la recta. f) La relación entre los segmentos de la línea recta es igual a la de sus proyecciones.

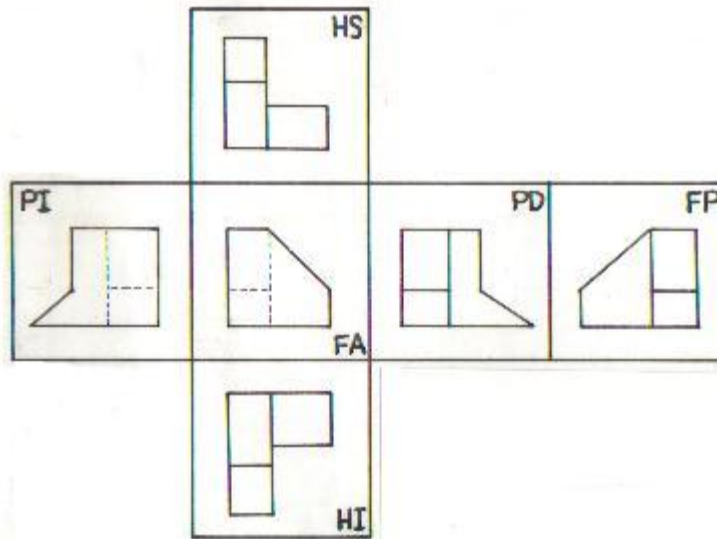
2.1.1- Vistas Principales: la proyección ortogonal permite dibujar Seis Vistas Principales de un objeto dado. Estas vistas las obtenemos introduciendo el objeto en un cubo imaginario transparente formado por Seis Planos de Proyección, sobre los que se proyectan dichas vistas.

Los planos de proyección son mutuamente perpendiculares y muestran dos vistas horizontales del objeto y cuatro verticales (ver f.20a,b). Estos planos son: Horizontal Superior e Inferior, Frontal, Posterior, y Lateral Derecho e Izquierdo.

2.1.2- Planos Principales de Proyección: debido a lo complejo que resulta percibir de una vez las seis vistas que los seis planos de proyección nos muestran de un objeto tridimensional, en un espacio bidimensional; prácticamente nunca se utilizan en su totalidad, por lo que convencionalmente se trabaja únicamente en tres planos de proyección denominados Planos Principales de Proyección, y son: el horizontal superior, el frontal y el lateral derecho nombrados simplemente



F.20a SEIS VISTAS PRINCIPALES EN EL CUBO DE CRISTAL



F.20b SEIS VISTAS PRINCIPALES EN PLANOS ABATIDOS

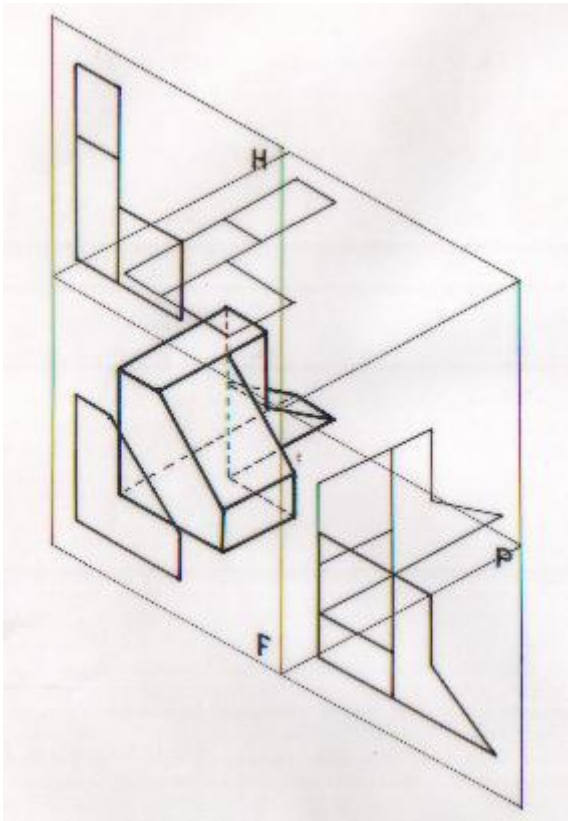
Horizontal, Frontal, y Perfil. Dichos planos principales de proyección nos muestran entonces las llamadas Tres Vistas Principales de un objeto.

Tenemos entonces que el plano principal de proyección horizontal contiene la Vista Horizontal Superior del objeto, el plano principal de proyección frontal contiene la Vista Frontal del objeto y el plano principal de proyección de perfil contiene la Vista Lateral Derecha del mismo objeto, (ver f.21a,b).

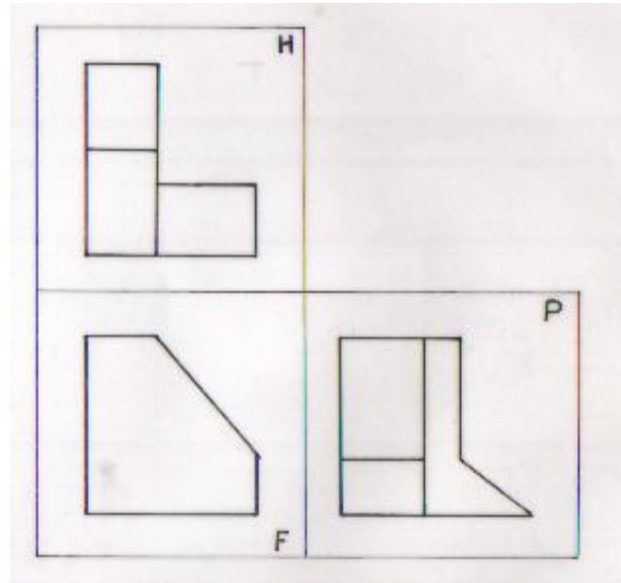
Anteriormente se dijo que los planos que forman el cubo imaginario eran mutuamente perpendiculares, por lo que se debe decir que las líneas de coincidencia o intersección de los seis planos se llaman Líneas de Doblez o Pliegue y toman nombre por los planos de proyección que separan, al trabajar únicamente con tres planos principales de proyección tendremos Línea de Pliegue H/F, Línea de Pliegue H/P, Línea de Pliegue F/P.

Hasta el momento hemos descrito la proyección ortogonal como un método técnico de representación evidentemente abstracto, puede confundirse como algo subjetivo, pero no. Los conceptos mencionados son convenciones establecidas en el desarrollo de ésta disciplina, y tienen base sólida en la realidad objetiva.

Conocemos ya los elementos necesarios para el análisis de los espacios en que el hombre se desarrolla, sean estos naturales o artificiales, pero cómo lograr la ubicación de los distintos componentes espaciales de esos espacios en el método presentado?



F.21a PLANOS Y VISTAS PRINCIPALES EN EL CUBO DE CRISTAL

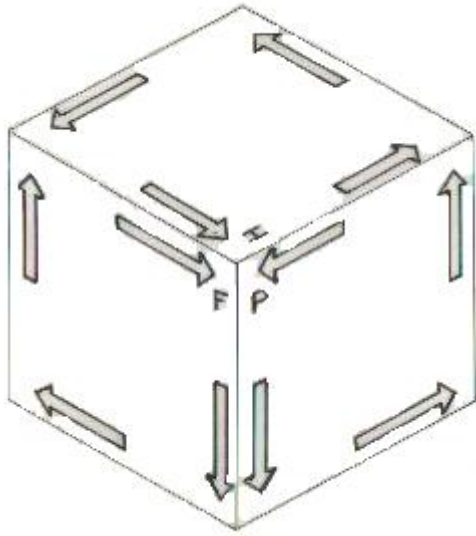


F.21b PLANOS Y VISTAS PRINCIPALES EN PLANOS ABATIDOS

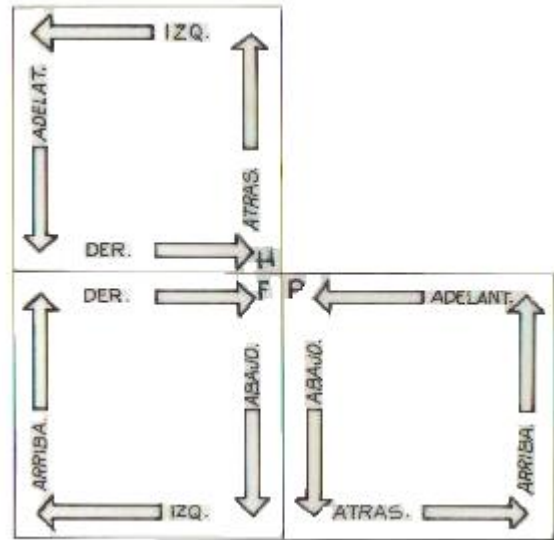
2.1.3- Direcciones en Vistas Ortogonales: en la vida diaria utilizamos diversos términos de ubicación y orientación espacial, Arriba, Abajo, Izquierda, Derecha, Adelante, Atras, que son los principales. Estos mismos términos se utilizan para encontrar las distintas proyecciones de un objeto respecto a los planos de proyección.

En proyecciones ortogonales dichos términos se conocen como Direcciones en Vistas Múltiples, cada plano principal de proyección contiene determinadas direcciones y muestra a la vez otras, (ver f.22a,b). En el plano horizontal están contenidas las direcciones izquierda-derecha, adelante-atrás y muestra al objeto desde arriba.

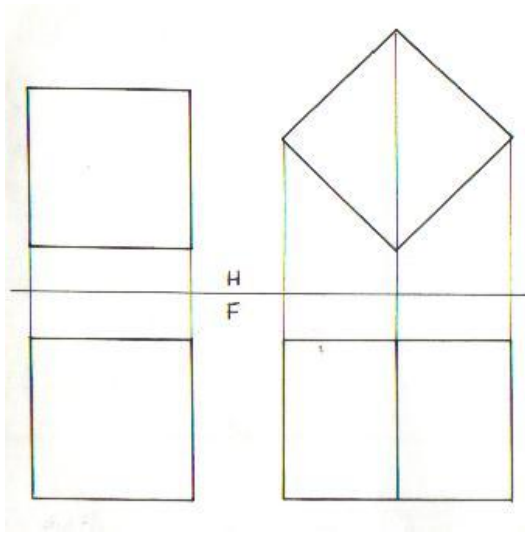
En el plano frontal tenemos nuevamente izquierda-derecha, y ahora arriba-abajo mostrando al objeto desde adelante. En el plano de perfil se repiten arriba-abajo, adelante-atrás y presenta al objeto desde su derecha.



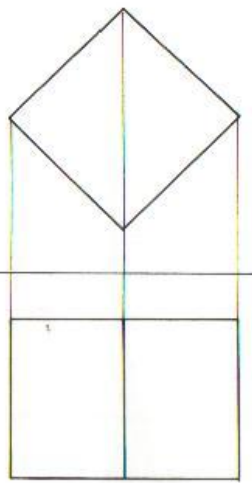
F.22a DIRECCIONES EN EL CUBO DE CRISTAL



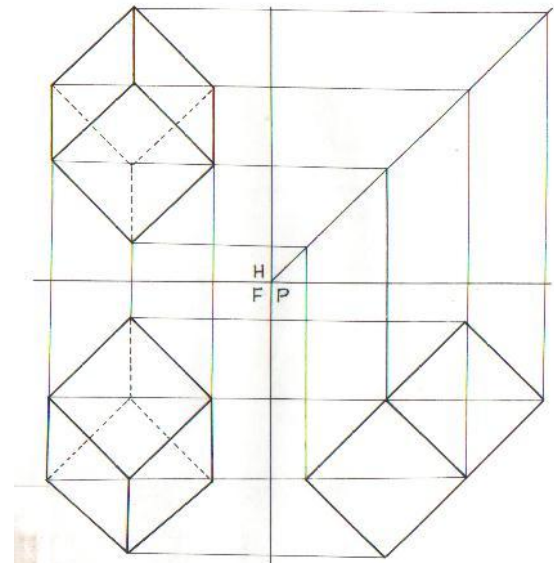
F.22b DIRECCIONES EN PLANOS ABATIDOS



F.23a CUBO UBICADO PARALELO A LA LINEA DE PLIEGUE



F.23b GIRADO HACIA LA LINEA DE PLIEGUE



F.23c GIRADO E INCLINADO HACIA LA LINEA DE PLIEGUE, EFECTO TRIDIMENSIONAL

2.2- Proyección Axonométrica: para lograr la visión tridimensional de los objetos en el cubo imaginario a pesar de mostrarlo en un espacio bidimensional se debe conocer las características de la denominada Proyección Axonométrica, (axis:eje) que es una forma de proyección ortogonal en la cual el objeto dentro del cubo se coloca con ninguna de sus caras paralelas al plano de dibujo proyectándose perpendicularmente sobre el plano de proyección, con líneas de proyección paralelas.

Esta posición oblicua del objeto, resulta de girarlo e inclinarlo con respecto a los PPP, (ver f.23a,b,c). Esto se puede notar claramente en los planos horizontal (giro) y de perfil (inclinación), lo que nos permite la representación tridimensional buscada, obtenida en la vista frontal.

La posición oblicua del objeto respecto a los planos de proyección, además de permitir verlo tridimensionalmente, produce una deformación de por lo menos el ochenta y seis por ciento de las dimensiones reales del mismo.

Para su representación en el plano de dibujo se utiliza una línea vertical en la que se colocan las alturas del objeto, a ambos lados se trazan líneas diagonales en diversos grados de Inclinación, en ellas se colocan el ancho y la profundidad del objeto (líneas de pliegue H/F y H/P).

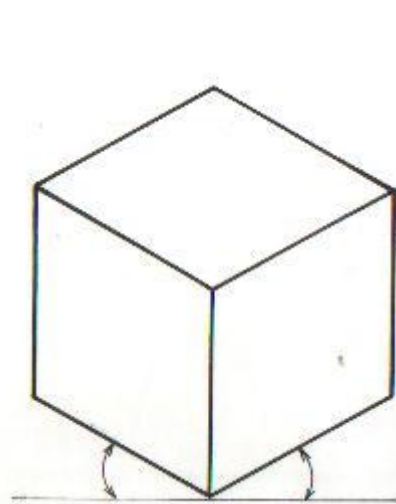
2.2.1- Tipos de Proyección Axonométrica: dependiendo de los ángulos utilizados en las diagonales de construcción axonométrica se conocen tres Tipos de Proyección Axonométrica:

2.2.1.1- Proyección Isométrica: con treinta grados en ambas diagonales nos muestra al objeto igualmente deformado en todas sus vistas (ver f.24).

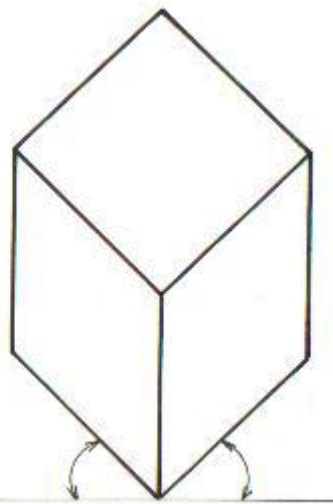
2.2.1.2~ Proyección Dimétrica: con cuarenta y cinco grados en ambas diagonales, muestra al objeto igualmente deformado en las vistas verticales, mientras en la vista horizontal aparece sin ninguna deformación. El porcentaje de escorzo (deformación) es mayor que en la proyección isométrica (ver f.25).

2.2.1.3- Proyección Trimétrica: con treinta grados en una de las diagonales y sesenta en la otra, muestra al objeto desigualmente deformado en las vistas verticales; en mayor porcentaje que las proyecciones anteriores, mientras la vista horizontal muestra al objeto sin ninguna deformación, igual que la proyección dimétrica (ver f.26).

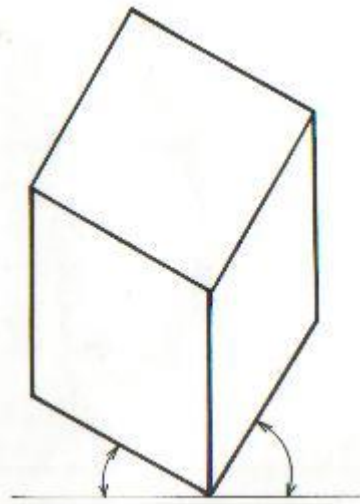
Cabe señalar que los ángulos mencionados no son los únicos, pero sí los más utilizados. Toda forma geométrica plana o tridimensional, tiene como componente menor determinado número de puntos. Cada uno de éstos puntos al combinarse forman líneas rectas y curvas, superficies planas y curvas, y por consiguiente sólidos de superficie plana o curvas. Es evidente pues, que para representar un objeto, por muy complejo que sea debemos graficar uno a uno los puntos componentes del mismo.



F.24 PROYECCION ISOMETRICA



F.25 PROYECCION DIMETRICA



F.26 PROYECCION TRIMETRICA

Sabiendo las características de la representación en proyecciones ortogonales, paralelismo y perpendicularidad, conociendo las referencias direccionales de ubicación en dicho sistema; es necesario describir paulatinamente las formas de proyección de los distintos elementos geométricos.

2.3- Proyección Ortogonal de Rectas: la recta, representada por al menos dos de sus puntos componentes, se presenta en proyecciones ortogonales en tres situaciones específicas, que dependen de la posición de la recta respecto a los planos de proyección. Debe decirse que la recta tiene una dimensión, ya que sólo puede medirse en un sentido.

Cuando la recta está paralela al plano de proyección, se verá en su verdadera longitud ó magnitud (V.L.), (ver f.27); si está perpendicular aparecerá como si fuese un punto, o sea vista de punta (ver f.28). Si la recta no es paralela ni perpendicular al plano de proyección, no aparecerá en su verdadera longitud ni vista de punta, se dice que aparece deformada o escorzada (ver f.29).

De acuerdo a las posiciones mencionadas las rectas se conocen como rectas principales, proyectantes y oblicuas respectivamente; las rectas principales y proyectantes complementan su notación tomando el nombre del plano de proyección en que aparecen en verdadera dimensión o vista de punta.

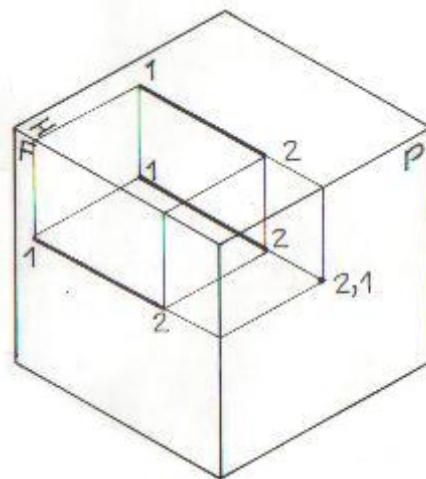
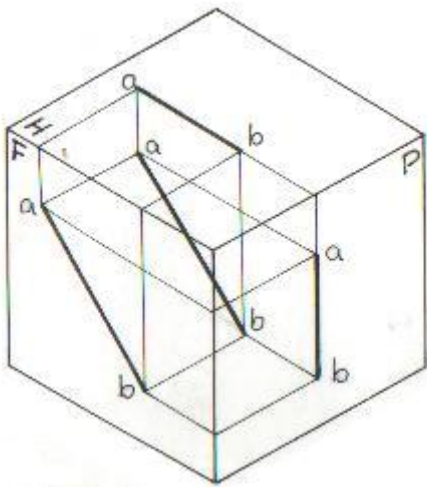
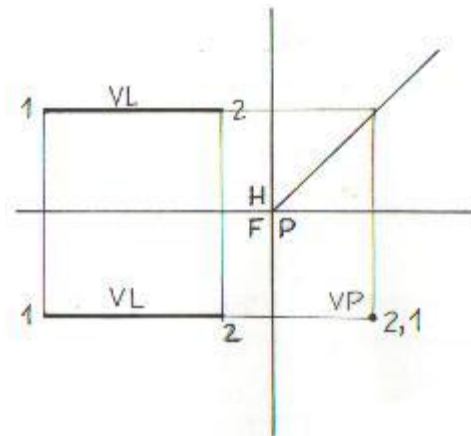
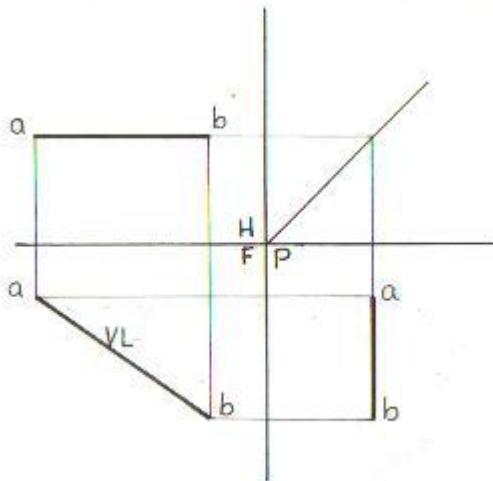
2.4- Proyección Ortogonal de Planos: el plano representado por al menos tres de sus puntos componentes. En proyecciones ortogonales existen cinco formas de representar un plano:

- a) Por tres puntos no lineales. b) Por una recta y un punto situado fuera de ella. c) Por dos rectas que se Intersectan. d) Por dos rectas paralelas entre si. e) Por cualquier figura geométrica plana.

Al igual que las rectas, los planos se visualizan en poyecciones ortogonales de distintas formas según la posición que tienen respecto a los planos de proyección.

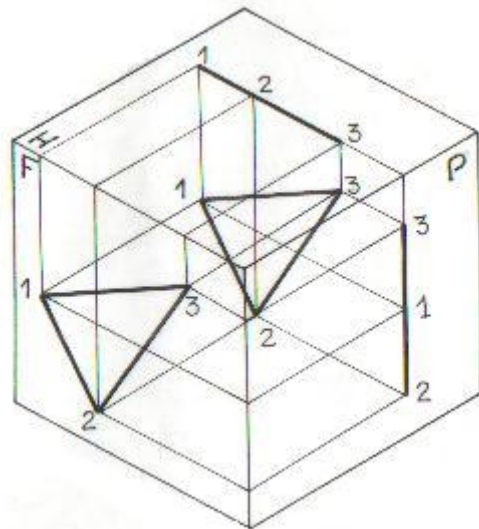
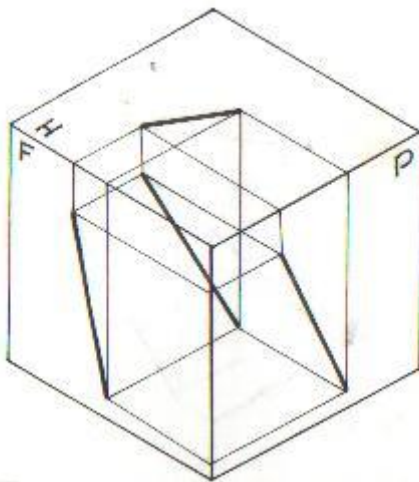
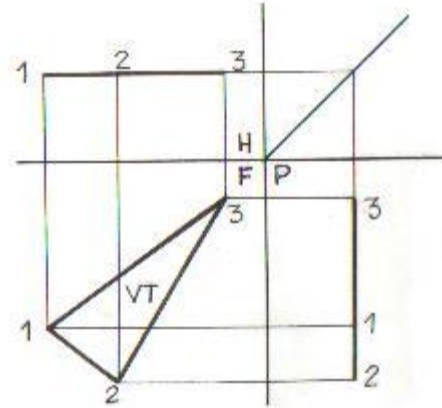
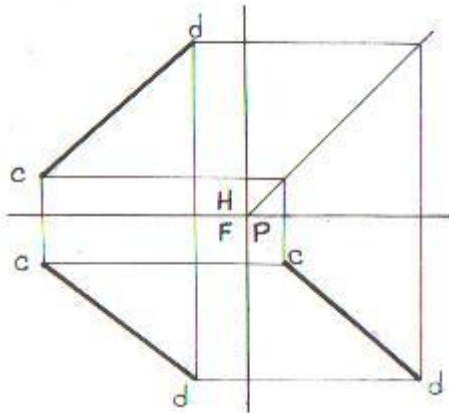
Debe decirse que los planos tienen dos dimensiones, ya que pueden medirse en dos sentidos.

Cuando un plano aparece visto perpendicular a dos planos de proyección (visto de filo) y es paralelo al otro, se verá en verdadero tamaño ó forma (V.T.) en ese plano (ver f.30). Si el plano no es perpendicular, ni paralelo a ningún plano de proyección se verá deformado (escorzado), no aparecerá ni visto de filo ni en verdadero tamaño (ver f.31). Cuando un plano es perpendicular a un sólo plano de proyección se verá como una recta o sea en vista de filo ó canto en él, y en los otros dos se verá deformado (ver f.32)



F.27 RECTA EN VERDADERA LONGITUD

F.28 RECTA PERPENDICULAR A UN SOLO PLANO DE PROYECCION



F.29 RECTA DEFORMADA

F.30 PLANO EN VERDADERO TAMAÑO

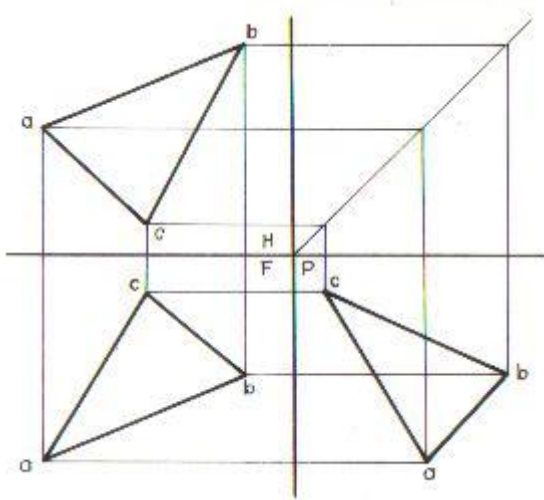
Dependiendo de estas posiciones respecto a los planos de proyección, al igual que las rectas, tendremos respectivamente: planos proyectantes, principales y oblicuos. Los principales y proyectantes complementan su notación tomando el nombre del plano de proyección en que aparecen en verdadero tamaño, o solo visto de filo.

Conociendo las características de las rectas y los planos por separado, podemos ahora relacionarlos mutuamente y con los otros elementos geométricos.

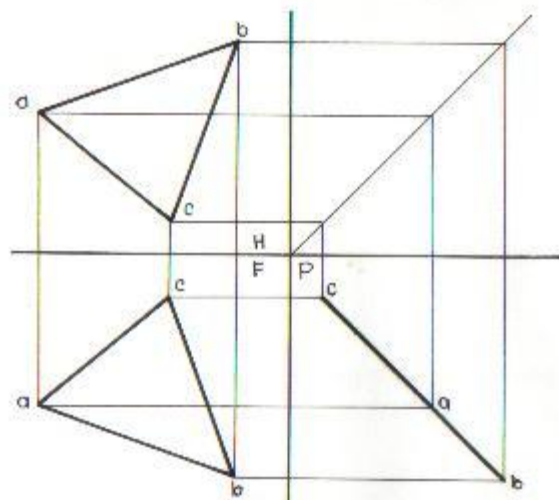
Para localizar un punto sobre una recta, se le ubica por medio de las proyecciones ortogonales del punto, que deberá estar sobre la recta en sus tres vistas principales.

2.5- Interrelación entre Rectas: cuando se visualizan dos rectas en un mismo espacio de trabajo, pueden darse dos situaciones básicas de relación entre ambas: Que se intersecten, teniendo un punto en común en todas sus vistas y que sea siempre el mismo (ver f.33); caso contrario, si teniendo un punto en común en

todas sus vistas ortogonalmente no es el mismo punto, entonces ambas rectas se cruzan (ver f.34).



F.31 PLANO DEFORMADO

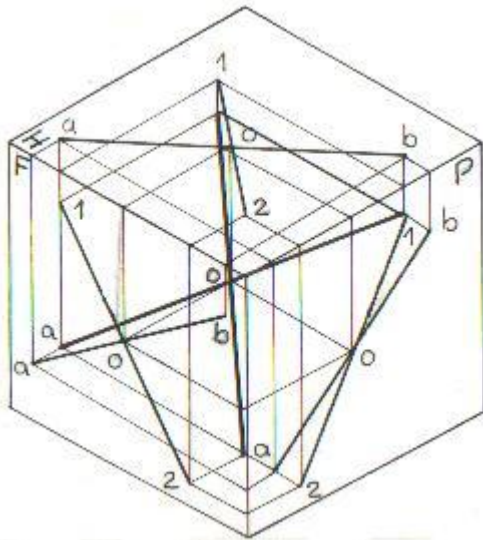
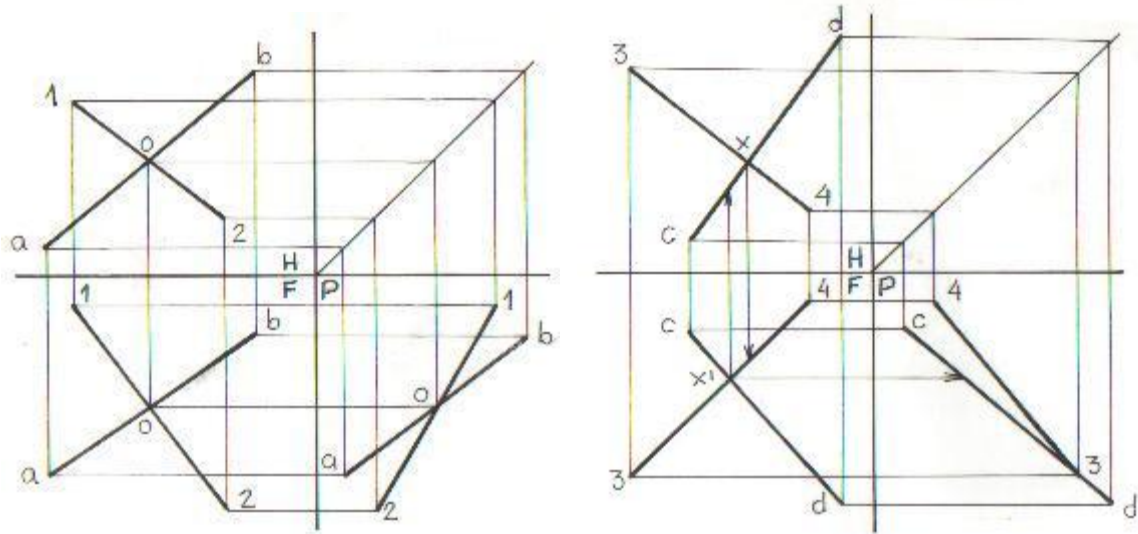


F.32 PLANO PERPENDICULAR A UN SOLO PLANO DE PROYECCION

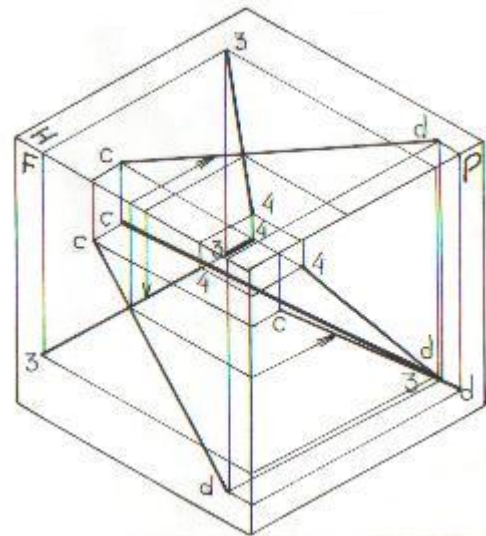
Ambas situaciones se definen proyectando los puntos comunes de las rectas entre planos adyacentes, si dichos puntos coinciden ortogonalmente en los tres planos principales de proyección, ese punto común será el punto de intersección de las rectas.

Cuando la proyección ortogonal del punto en común no coincide en al menos uno de los planos de proyección, entonces las rectas no se intersectan, sino que se cruzan, por lo que hay que definir la visibilidad entre ambas en cada uno de los planos principales de proyección. El análisis gráfico explicado permite definir si dos rectas se cruzan o se intersectan, permite además determinar la visibilidad entre rectas cuando sólo se cruzan.

Si se toma el punto de cruce del plano de proyección horizontal y se proyecta hacia el frontal o perfil, tocará primero la recta que está arriba; dicha situación se representará en el plano de proyección horizontal, dándole mayor valor de línea a dicha recta.



F.33 RECTAS QUE SE INTERSECTAN



F.34 RECTAS QUE SE CRUZAN

Si se proyecta el punto de cruce del plano frontal hacia el horizontal o perfil, tocará primero la recta que está adelante, representándolo luego en el plano frontal con mayor valor de línea.

Si el punto de cruce proyectado va del plano de perfil hacia el frontal horizontal, tocará primero la recta que está a la derecha, lo que se representa en el plano de perfil, siempre con mayor valor de línea.

2.6- Interrelación entre Rectas y Planos: cuando se analiza la relación entre una recta y un plano en proyecciones ortogonales se pueden dar tres situaciones básicas, que la recta pertenezca al plano (esté contenida, sobre el), que la recta no este sobre el plano y se cruce con el mismo, o bien que se intersecten, o sea que tengan un punto en común.

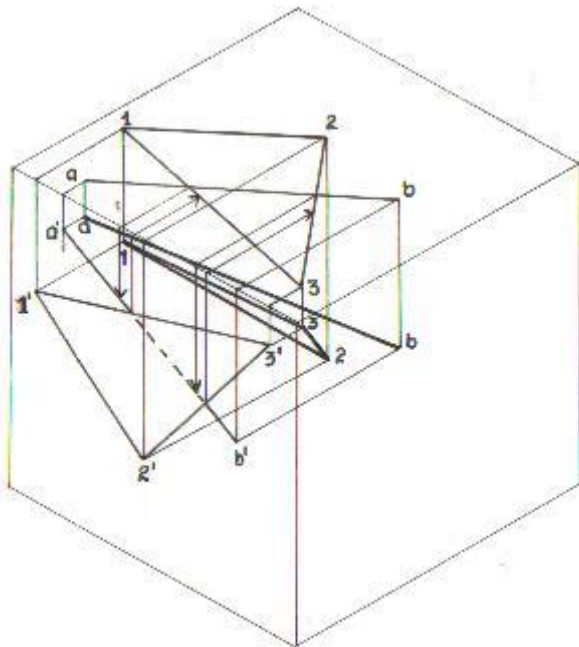
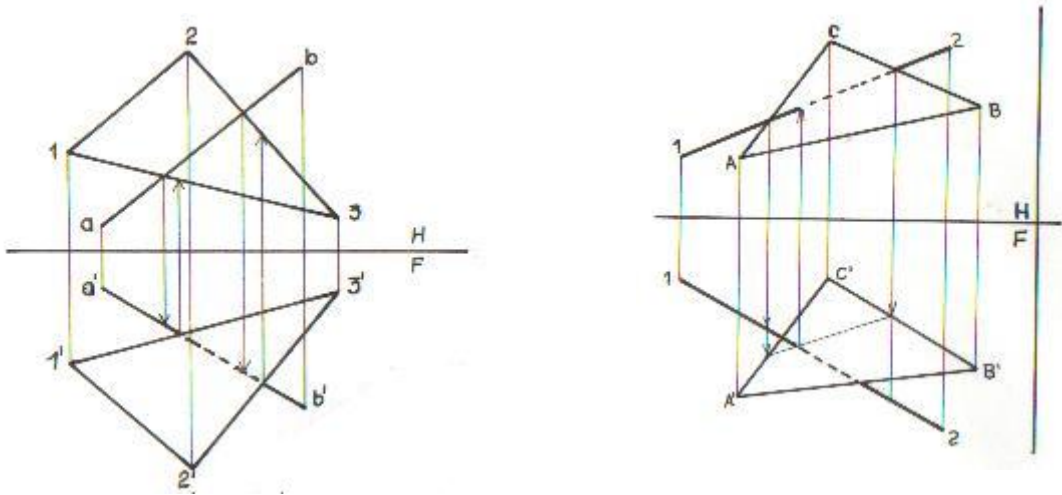
Cuando una recta pertenece a un plano, sin ser ninguno de sus lados, dos de sus puntos deben pertenecer a dos de sus lados, o bien un vértice y un lado, por lo tanto para que un punto pertenezca a un plano, deberá estar contenido en uno de sus lados o cualquier otra recta que pertenezca al plano.

Cuando una recta no pertenece a un plano, se dice entonces que se cruza con el plano (ver f.35); analizado ésto en proyecciones ortogonales, generalmente entre una recta y un plano tendremos dos puntos de cruce de lados del plano y la recta, por lo que a partir de ellos se determina la posición de la recta respecto al plano en los tres planos principales de proyección, analizando respectivamente la recta y un lado del plano, como si sólo estuviéramos determinando la visibilidad entre dos rectas.

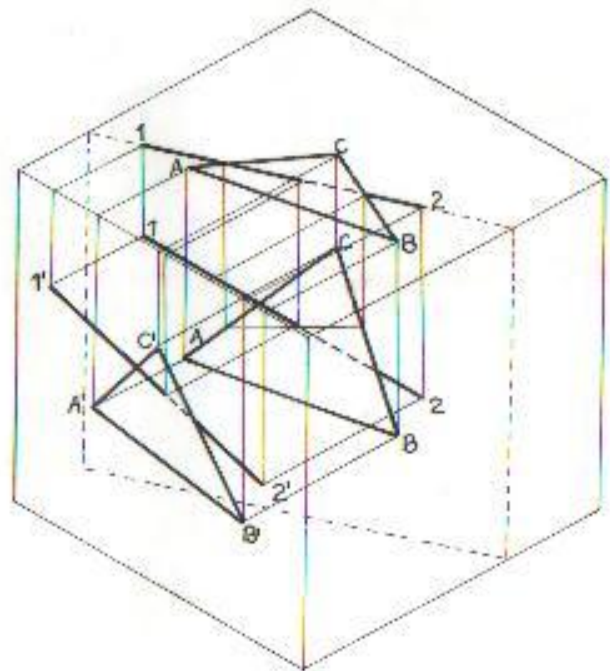
Al resolver la visibilidad entre una recta y un plano habrán segmentos de recta no visibles, éstos se representarán con línea mediana discontinua.

Si al analizar los puntos de cruce entre una recta y un plano, la posición de un lado del plano respecto a la recta (arriba, adelante, derecha) no es la misma que en el otro lado (abajo, atrás, izquierda), entonces se dice que existe una intersección (ver f.36).

Sabiendo que una recta y un plano no se cruzan se intersectan, dicha situación se resuelve asumiendo en cualquiera de los planos principales de proyección que la recta es un plano visto de filo que produce una recta secante o cortante en el plano, ésta recta secante resulta de trasladar los puntos de cruce de la recta de un plano de proyección a otro, a los lados respectivos del plano analizado. Dicha recta secante estará contenida en el plano y tocará en un punto a la recta que la produjo Imaginariamente; el punto encontrado en la recta será el punto de intersección entre ambos.



F.35 RECTA Y PLANO QUE SE CRUZAN



F.36 RECTA - PLANO QUE SE INTERSECTAN

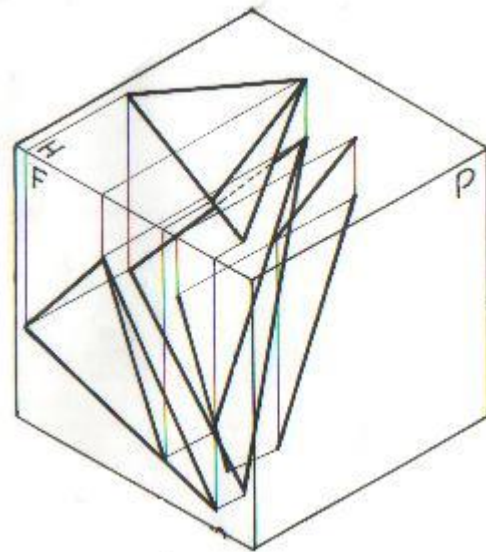
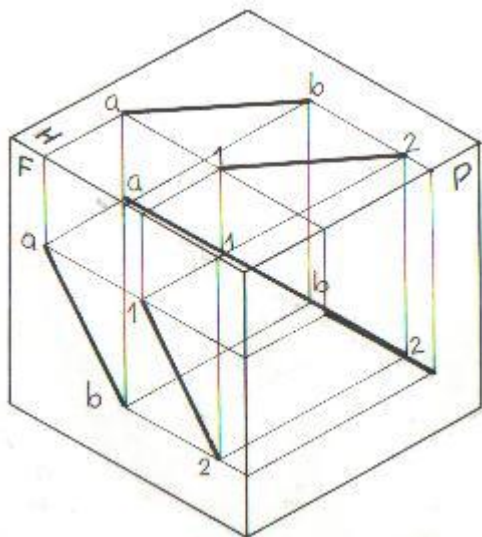
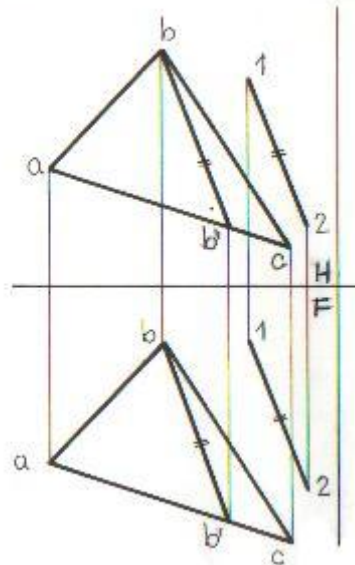
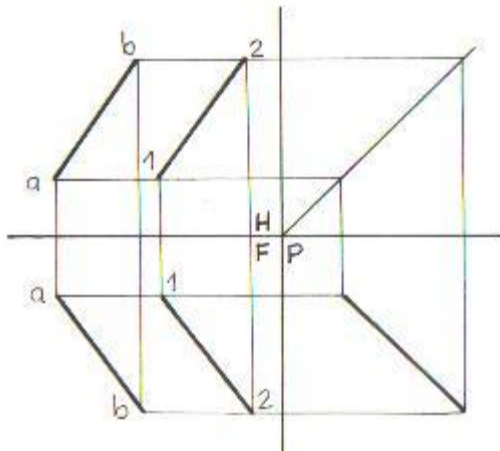
Este método para resolver la intersección entre una recta y un plano se llama Método del Plano Secante, y es el método básico para resolver cualquier intersección por muy compleja que sea, aunque su fundamento parte de la simple visibilidad entre rectas, posteriormente permite resolver intersecciones entre volúmenes.

Otra forma de relación entre dos rectas, cuando se cruzan y no se Intersectan, es de que sean paralelas entre sí, por lo tanto no tienen ningún punto de cruce; por lo que la visibilidad entre ambas se obtiene por simple inspección. Esta situación se estudia también entre rectas y planos; posteriormente entre planos, por lo que debemos conocer algunos enunciados que nos permitirán asegurar el paralelismo entre los distintos elementos geométricos en proyecciones ortogonales:

Las rectas paralelas en el espacio, se proyectan como tales en cualquier vista (ver f.37); excepto cuando alguna de ellas aparezca vista de punta, lo que no altera su

paralelismo. Para que dos rectas sean paralelas en el espacio deben aparecer así en todas sus vistas, y si al menos en una de ellas no se cumple el paralelismo implica que en realidad no son rectas paralelas.

Si dos rectas son paralelas, cualquier plano que contenga una de ellas, será paralelo a la otra (ver f.38), o en algún caso la contendrá. Para que una recta sea paralela a un plano, deberá al menos ser paralela a una recta contenida en el plano.



F.37 PARALELISMO RECTA-RECTA

F.38 PARALELISMO RECTA-PLANO

Si dos líneas que se Intersectan en un plano son paralelas respectivamente a dos que se intersecan en otro, entonces los planos son paralelos. Si dos planos son paralelos cualquier vista que presente de canto a uno de ellos, deberá mostrar también el otro visto de canto. Si dos planos son paralelos, cualquier línea que este contenida en uno de ellos será paralela al otro, y no puede intersectarlo.

Otra forma de relación entre dos rectas es que sean perpendiculares entre sí, esto puede darse cuando se cruzan o se Intersectan. Si dos rectas forman un ángulo recto en cualquiera de los planos principales de proyección, para que el ángulo sea verdadero al menos una de las rectas deberá aparecer en su verdadera longitud en esa vista. Si aún formando un ángulo de noventa grados, ninguna de las rectas aparece en verdadera longitud, ese ángulo es solo aparente; ya que ambas rectas estarían deformadas y con ellas el ángulo que forman.

Ahora bien una recta que se cruce o se intersecte con un plano, puede ser perpendicular al mismo siempre que cumpla lo anterior respecto a una recta que pertenezca al plano. Si un plano y una recta son perpendiculares entre sí (G.29), cuando el plano está visto de filo, la recta estará en verdadera longitud y formará un ángulo recto con la vista de filo del plano. Finalmente, si dos planos son perpendiculares entre sí, las rectas de ambos planos serán perpendiculares entre sí.

3.- Proyecciones Ortogonales Auxiliares

En general los principios de la proyección ortogonal hasta ahora descritos permiten resolver algunos problemas básicos de las relaciones espaciales aplicables a la arquitectura, a partir únicamente de los tres planos principales de proyección. Dichos principios son elementales para poder solucionar problemas más complejos del diseño arquitectónico, obteniendo modelos edilicios variados y atractivos.

Estos posibles modelos no van a tener siempre sus paredes y techos en verdadera forma, y sus alturas no siempre van a estar en su verdadera magnitud; se hace necesario entonces la creación de nuevos planos de proyección que produzcan vistas distintas a las fundamentales, logrando en ellas definir características geométricas de nuestro diseño que en las vistas básicas no logramos percibir claramente, y que para su posible construcción deben ser descritas.

3.1- Vistas Auxiliares: los nuevos planos de proyección se denominan Vistas Auxiliares Simples y Múltiples, que no son más que nuevas líneas de pliegue o referencia que forman ángulos distintos de noventa grados respecto a las líneas de pliegue básicas, aunque lógicamente la proyección hacia esas nuevas vistas es siempre ortogonal respecto al nuevo plano de referencia.

Las vistas auxiliares pueden ser verticales o inclinadas, dependiendo del plano de referencia del cual se construyen. Si se hace una vista auxiliar a partir del plano de proyección horizontal, la nueva vista del objeto será vertical; si las vistas se hacen respecto a los planos de proyección verticales frontal o perfil, se obtendrá una vista Inclinada del mismo objeto. Estos nuevos planos de proyección se denotan

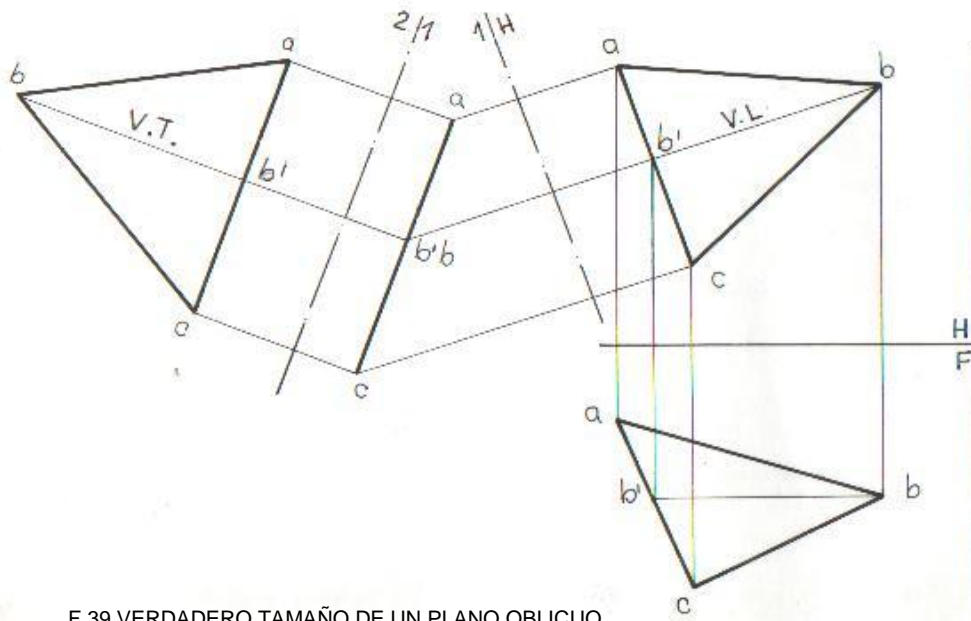
respecto al plano de donde se parte, con el respectivo número de orden de construcción del mismo; por ejemplo: planos de referencia H/1, F/1, P/1, 1/2, 1/3, 2/3, etc.

Para la construcción de la nueva vista en el nuevo plano de referencia se toman las distancias del punto respecto al plano inmediato anterior. Por ejemplo si la nueva vista es a partir del plano de proyección horizontal, se toman las medidas de los puntos que hay en el plano frontal o perfil respecto a la línea de pliegue horizontal; si la vista se construye a partir del frontal, las medidas serán las que hay en el plano horizontal o perfil respecto a la línea de pliegue frontal.

La distancia de colocación para los ejes de referencia auxiliares depende del área de trabajo disponible, asegurando que al definir la ubicación de la nueva línea de pliegue, las distancias de los puntos a la nueva vista se tomen a partir de ella. La posición de los ejes de referencia depende del objetivo a lograr, y ésto puede ser deducido de las características generales de las rectas y planos.

3.2- Aplicaciones de las Vistas Auxiliares: si queremos obtener la verdadera longitud de una recta oblicua, el plano o eje de referencia auxiliar deberá ser paralelo a cualquiera de las vistas principales de la recta. Si tenemos una recta principal y la queremos hallar en vista de punta, el plano o eje de referencia auxiliar deberá ser perpendicular a la vista de la recta cuando aparezca en verdadera longitud. Ambas situaciones se pueden deducir de las características de las rectas principales y las proyectantes. En los casos mencionados utilizaríamos vistas auxiliares simples, pero si tuviésemos que encontrar la vista de punta de una recta oblicua, tendríamos que aplicar más de un plano de referencia; es aquí donde las vistas auxiliares se denominan ya, Vistas Múltiples.

Por otro lado, si se quiere obtener el verdadero tamaño de un plano que ya está visto de filo en una de las vistas principales, simplemente se coloca el nuevo eje de referencia 6 línea de pliegue paralelo a la vista de filo del plano. Si el plano no apareciese visto de filo, tendría que ubicarse perpendicular a una recta del plano en verdadera longitud, y al encontrarla de punta el plano aparecerá de filo. A continuación se repite el procedimiento anterior; hablaríamos entonces de vistas múltiples (ver f.39).



F.39 VERDADERO TAMAÑO DE UN PLANO OBLICUO

3.3- Orientación y Pendiente de Rectas y Planos: entre otras situaciones espaciales que las vistas auxiliares nos permiten resolver, tenemos la pendiente de una recta o de un plano. Pendiente es la inclinación real de una recta con respecto a un plano horizontal o plano base, para lo cual, la recta debe estar en verdadera longitud y lógicamente vista en un plano de referencia vertical.

La pendiente puede ser negativa o descendente y positiva o ascendente según se acerque o aleje del plano de referencia. Se puede medir en grados o en porcentaje, que en arquitectura es lo más utilizado, cuando la pendiente es del quince por ciento, quiere decir que cada cien unidades de distancia horizontal la recta o plano visto de filo en una vista vertical sube o baja quince unidades respecto al punto inicial, por tanto en seis metros de claro subiría noventa centímetros.

La pendiente de un plano se obtiene localizando el mismo en vista de filo en una vista vertical, midiendo directamente su pendiente como si fuera una recta. Este caso es aplicable en Arquitectura cuando se pretende calcular la pendiente de un techo de acuerdo a normas propias del material a utilizar como cubierta, luego podemos también calcular el área del techo para saber la cantidad de material a utilizar.

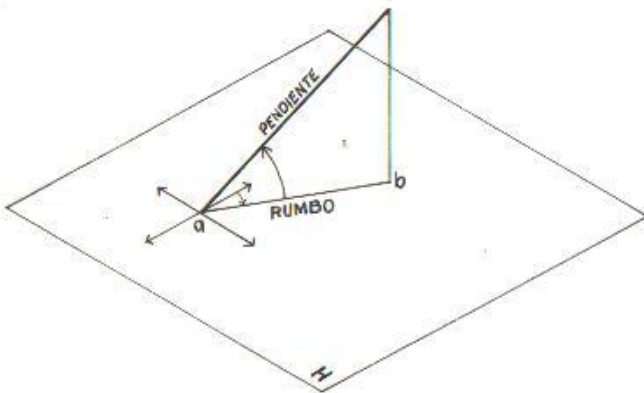
Otra situación a conocer y que tiende a confundirse con la pendiente de una recta (ver f.40a,b), es la orientación o rumbo de una recta; al igual que la pendiente es un ángulo respecto al plano horizontal pero, en este caso está contenido en el mismo.

Orientación o rumbo es la ubicación o dirección que toma una recta con respecto a un sistema de orientación, que en este caso es la Rosa de los Vientos. Se expresa

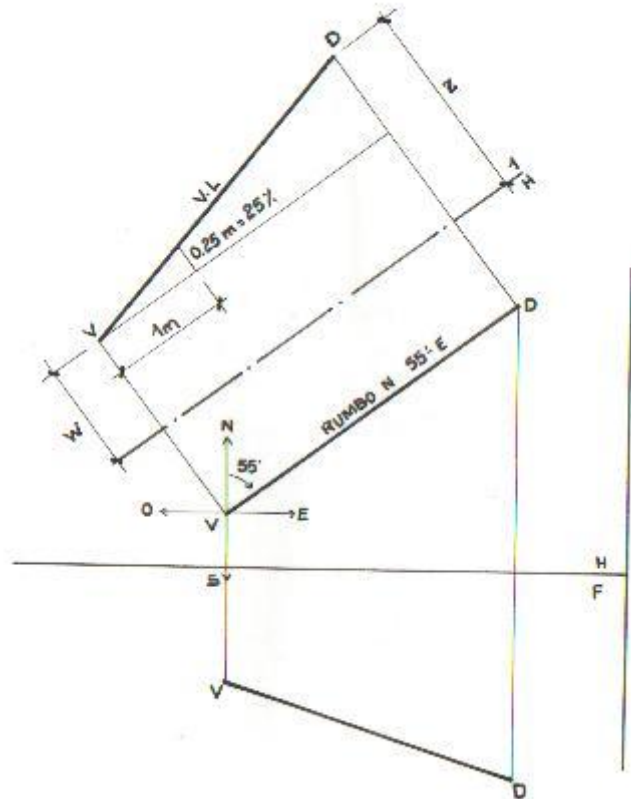
en grados, y se mide en el plano horizontal solamente. Cabe señalar que independientemente de la posición de la recta en una vista frontal, su rumbo en el horizonte no cambiará.

Esta situación tiene que ver con la Arquitectura en el momento de orientar correctamente los edificios respecto a la incidencia climatológica del sol, el viento y la lluvia, a fin de obtener el máximo confort a lo interno de una construcción.

3.4- Interrelación entre Planos: dos planos entre sí se pueden relacionar cruzándose o intersectándose entre sí. Determinar la visibilidad entre ellos requiere de la aplicación de iguales procedimientos a los utilizados entre rectas y planos, si se intersectan la línea de intersección se encuentra con mayor facilidad aplicando las vistas auxiliares; endontrando uno de los planos visto de filo podremos visualizar y ubicar fácilmente dicha intersección.



F.40a RUMBO Y PENDIENTE DE UNA RECTA RESPECTO AL PLANO HORIZONTAL

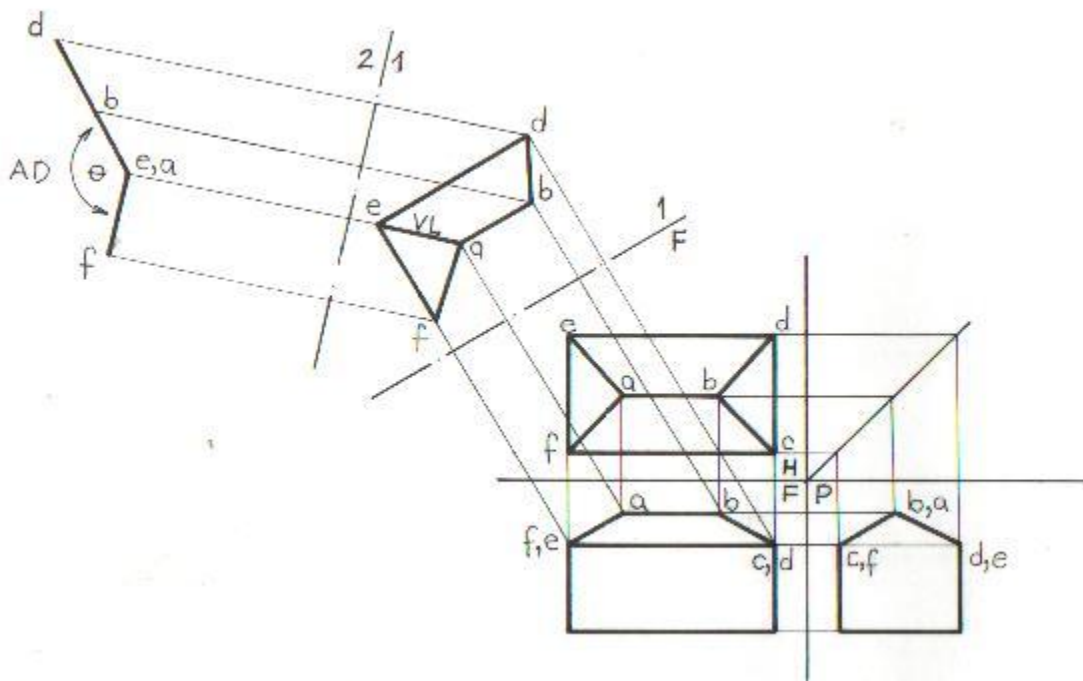


F.40b RUMBO Y PENDIENTE DE UNA RECTA OBLICUA

3.5- Ángulo Diedro: En las diferentes soluciones espaciales propias de la Arquitectura, principalmente en lo que respecta a los techos, tenemos a nivel abstracto relación entre planos en distintas posiciones. Todo techo donde existe más de dos aguas produce lo que se llama ángulo diedro, que es el ángulo formado por dos planos cualesquiera, éste se mide en grados en cualquier plano de proyección que muestre a los planos vistos de filo. Si dos planos forman un ángulo, tienen un lado común que al verlo de punta muestra ambos planos de filo;

midiendo la abertura interna de los planos vistos de filo obtenemos el valor real del ángulo diedro, (ver f.41).

3.6- Volúmenes en Vistas Auxiliares: hemos hablado de puntos, rectas y planos en el espacio y su representación en proyecciones ortogonales, sus características específicas y de interrelación entre ellos. Todo lo tratado se ha resuelto en los tres planos principales de proyección o con la ayuda de planos de referencia auxiliares; es tiempo ya, de establecer lo que éstos elementos geométricos juntos producen: sólidos o volúmenes. Aunque lo más utilizado para representación tridimensional son las proyecciones axonométricas, es necesario previamente ejercitar en la rotación de volúmenes vistos en los planos abatidos, mediante vistas auxiliares múltiples con el fin de obtener una visión tridimensional de un sólido sin tener que tomar dos áreas de trabajo distintas, como sucedería al querer hacerlo mediante una proyección axonométrica.



F.41 ANGULO DIEDRO

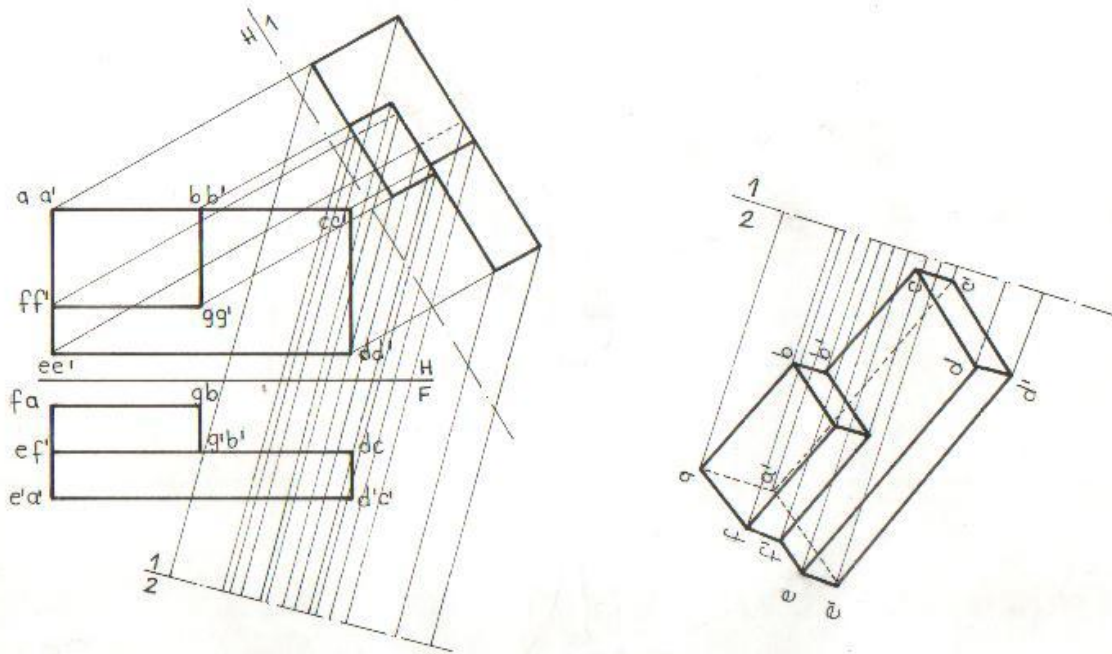
Las vistas múltiples o vista auxiliar secundaria de un sólido se obtiene estableciendo una línea de visión sobre el volumen en cualquier ángulo, distinto de noventa grados, y a partir de cualquiera de los planos principales de proyección. Dicha línea de visión se obtiene primero en verdadera longitud y luego vista de punta, dicha situación permitirá visualizar las tres dimensiones básicas del volumen.

Si no se establece una línea de visión específica, se utilizan planos auxiliares con ángulos de treinta y sesenta grados respecto a cualquiera de los -planos

principales de proyección (ver f.42). Estos son los más utilizados, pero no los únicos.

Lo que se hace en vistas múltiples con los sólidos es análogo al fundamento de la proyección axonométrica. Si la primera vista auxiliar se hace a partir del plano horizontal, el sólido aparece girado hacia el lado en que se coloque el plano de referencia; la segunda vista inclinará el objeto, lo que sumado al giro inicial produce el efecto tridimensional buscado.

Si la primera vista se obtiene a partir de los planos verticales, el objeto aparecerá Inclinado hacia el lado en que se coloque el plano de referencia; a partir de ello, la segunda vista girará el objeto produciendo la vista tridimensional del mismo.



F.42 VISTA AUXILIAR DE UN SOLIDO

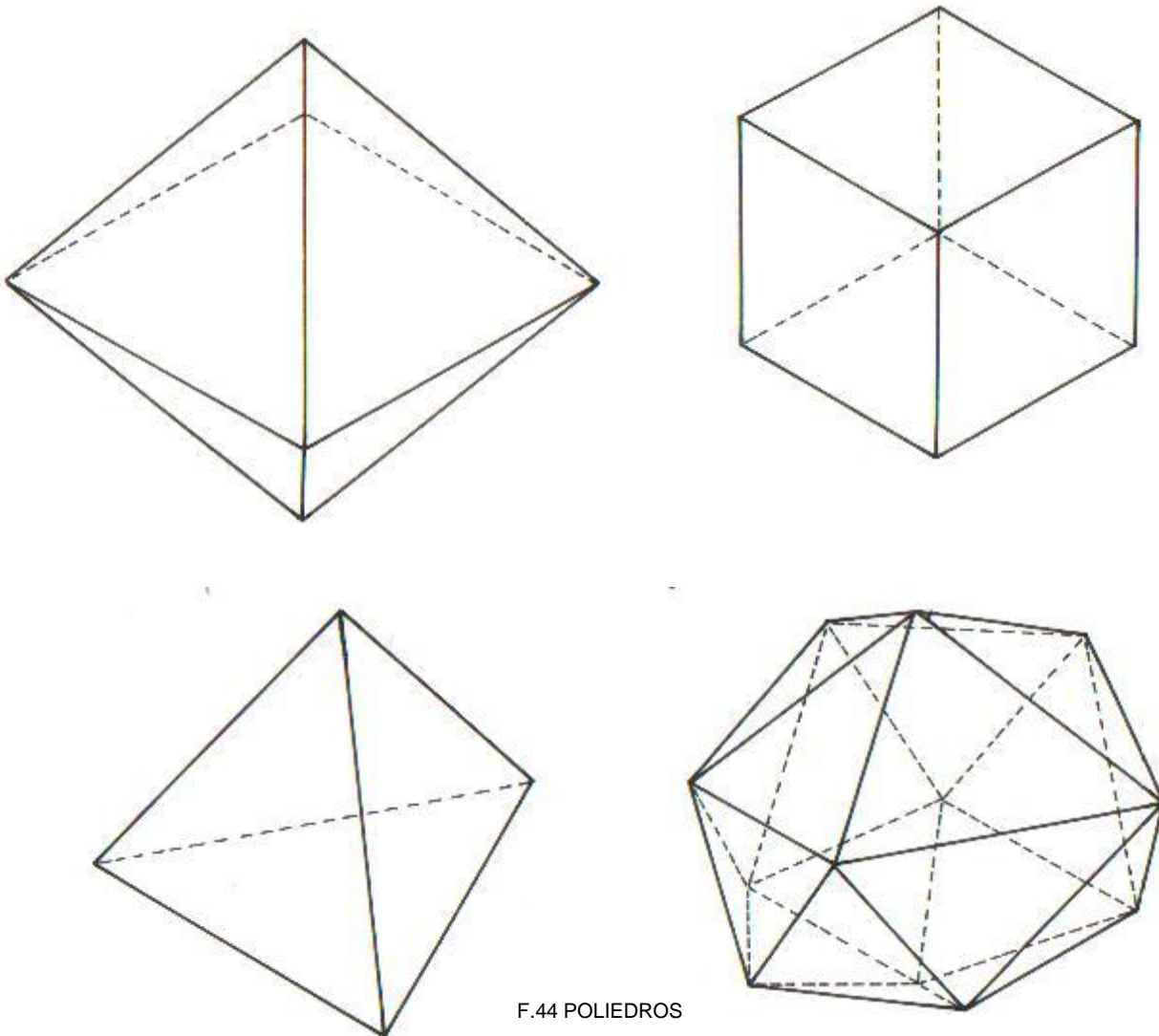
4.- Proyección Ortogonal de Sólidos

Al conocer los principios básicos fundamentales de los distintos elementos geométricos: punto, recta, plano y volumen; podemos ahora entrar en mayor detalle a lo más complejo que hasta ahora hemos tratado: los volúmenes.

4.1- Superficies Curvas y Poliedros todo volumen o sólido es limitado por una superficie, la que limita un espacio con determinadas características; las superficies pueden ser planas o curvas, y dependiendo de ello así serán las particularidades del espacio definido.

Una superficie es formada por una línea recta generatriz y una línea recta o curva directriz que se comportan bajo una ley geométrica determinada (f.43). Debemos antes aclarar que las líneas curvas pueden ser planas o espaciales, dependiendo si descansan o no sobre un plano. Una línea curva plana puede ser la elipse, una circunferencia, hipérbolas etc.; mientras una línea curva espacial puede ser la curva helicoidal. Para obtener la proyección ortogonal de una línea curva se construyen las proyecciones de varios puntos de la misma.

Los sólidos de superficie curva pueden ser limitados por superficies regladas desarrollables y no desarrollables, superficies helicoidales y de revolución.



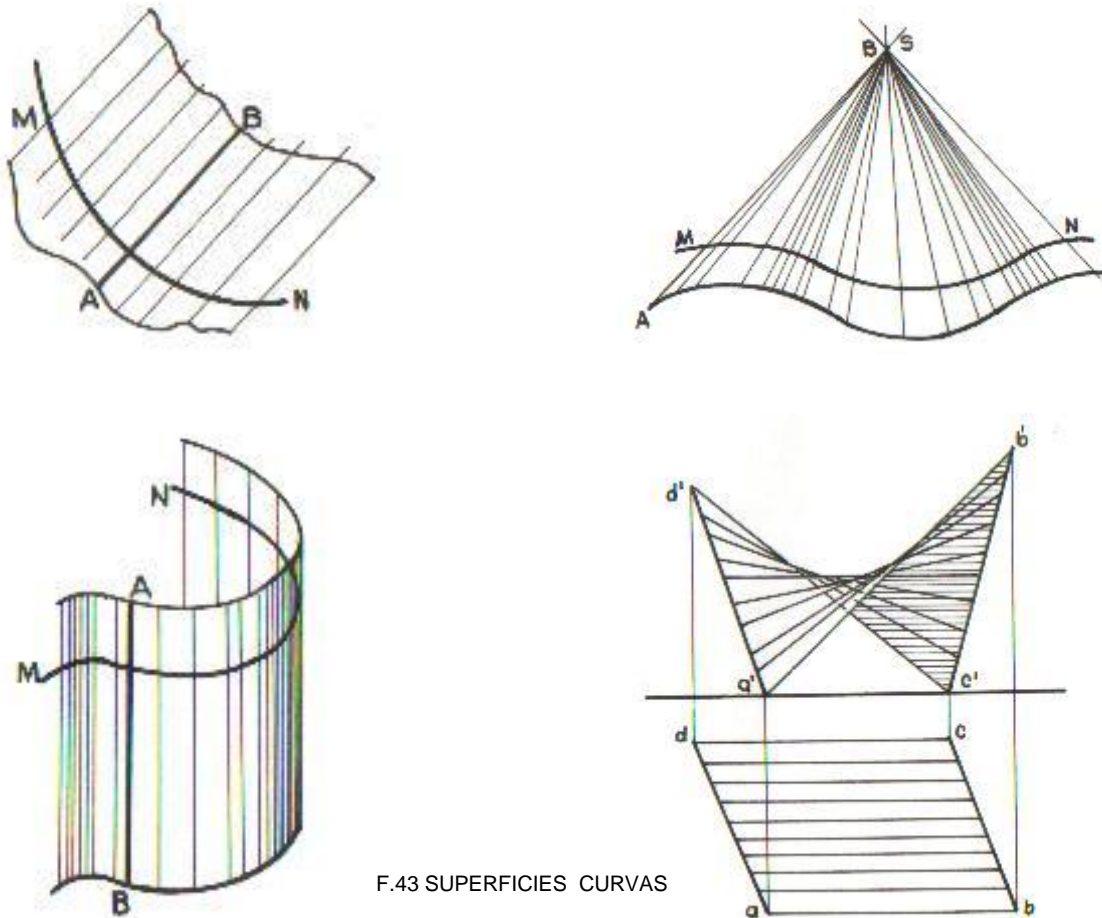
F.44 POLIEDROS

Los sólidos limitados por superficies regladas desarrollables son otros de los más utilizados en la Arquitectura por su fácil construcción, ya que pueden extenderse sin complicaciones sobre un plano horizontal, los principales son los de superficies cilíndricas y cónicas: el cilindro y el cono.

Otro sólido limitado por una superficie curva es la esfera que es formada por una superficie curva de revolución. Una esfera se produce por la rotación de un círculo a través de uno de sus ejes, es común su utilización en Arquitectura cubriendo grandes claros, como cúpulas, etc.

Otras superficies curvas se aplican, pero no como una forma sólida, sino para cubrir grandes espacios; tenemos dentro de las superficies helicoidales o alabeadas, el paraboloides hiperbólico que para su real comprensión y manejo no bastan análisis gráficos, sino que se necesitan fundamentos matemáticos. Estas superficies no pueden ser colocadas sobre un sólo plano por lo tanto su construcción es mucho más compleja.

Tendremos también sólidos o volúmenes limitados por superficies planas y curvas. Los sólidos de superficies planas son aquellos formados por un determinado número de polígonos, llamados poliedros regulares: el tetraedro, el hexaedro, el octaedro, el dodecaedro y el icosaedro (f.44).



F.43 SUPERFICIES CURVAS

Estos sólidos de superficies planas son los más utilizados en la solución de espacios arquitectónicos, los aquí mencionados no son los únicos, pero sí los más tratados ya que los demás son mucho más complejos comenzando sólo por el nombre, rombosidodecaedro.

4.2- Volúmenes Elementales: antes de hablar de la proyección ortogonal de sólidos, analizamos los elementos geométricos fundamentales punto, recta y plano, sus características específicas y sus interrelaciones espaciales; así mismo los sólidos o volúmenes elementales, deben conocerse particularmente, interrelacionados entre sí, y con los elementos geométricos fundamentales.

De los poliedros regulares y de los sólidos de superficie curva abstraeremos los llamados volúmenes elementales o sólidos platónicos: la pirámide (tetraédro), el prisma (hexaédro o cubo), el cono, el cilindro y la esfera. El conocimiento detallado de los sólidos o volúmenes elementales es una herramienta imprescindible para la delimitación y construcción de los espacios habitables demandados por el hombre, y que son logrados mediante el proceso de diseño arquitectónico que en su momento deberemos realizar.

La posible construcción de los distintos volúmenes elementales a nivel de prototipos de diseño conceptuales (maquetas), permitirá establecer una analogía con los posibles procesos constructivos en una obra, la solución volumétrica formal, etc.

4.2.1- Clasificación de los Volúmenes Elementales: los volúmenes elementales, excepto la esfera, se clasifican en rectos y oblicuos; cualquiera de ellos pueden ser truncados, o sea cortados de forma oblicua respecto a sus caras y bases.

La pirámide y el cono se forman con superficies generadas por una línea recta que se mueve a partir de un punto denominado vértice; la línea directriz sí, es curva en el cono, mientras en la pirámide es una línea recta quebrada. En ambos casos poseen una base que puede ser una circunferencia o una elipse en el cono, y en la pirámide puede ser cualquier otro polígono. Del vértice al centro de la base poseen una línea recta llamada eje de simetría, el que permite diferenciar si el volumen es recto u oblicuo. Si el eje es perpendicular al centro de la base tendremos un volumen recto, de lo contrario será oblicuo.

La altura del volumen es siempre la distancia vertical del vértice a la base, cuando está vista de filo.. Formalmente tienen casi idénticas características, la diferencia primordial es ser limitados por superficies planas (pirámides) o curvas (conos).

El prisma y el cilindro se forman con una línea recta generatriz que se mueve paralela sobre una línea recta directriz en el caso del prisma y una línea curva directriz en el cilindro. Poseen dos bases, paralelas entre sí, que pueden ser una circunferencia o una elipse en el caso del cilindro y cualquier otro polígono en el caso del prisma. Poseen también su eje de simetría, que une los centros de sus bases, y determina si el volumen es recto, cuando es perpendicular a ambas bases vistas de filo; u oblicuo cuando no lo es.

Al igual que el cono y la pirámide, el cilindro y el prisma se diferencian primordialmente por estar limitados por superficies curvas o planas; pero los rigen leyes geométricas casi idénticas.

Otra particularidad de los volúmenes de superficies planas es que al tener igual número de caras como lados tengan los polígonos bases, poseen también aristas que no son más que las rectas o lados que limitan cada una de las caras del volumen.

El quinto volumen elemental o sólido platónico es la esfera, de características muy particulares ya que esta conformada totalmente por una superficie curva, el cono y el cilindro poseen bases que son polígonos planos. La esfera se forma mediante el giro de una circunferencia alrededor de uno de sus ejes.