

Ernesto R. Romero

TRATADO DE

DIBUJO TECNICO

TOMO 1

PROYECCIONES ORTOGONALES

Dibujo de carátula:
Perspectiva axonométrica
ortogonal isométrica
del trigonostreó estrellado.
Dibujo de E. Romero.

© Ernesto R. Romero

EDICIONES BASICAS 

184. EL METODO DE LOS PLANOS SECANTES A 45°.
185. APLICACION DEL METODO DE LOS PLANOS SECANTES A 45° PARA LA DETERMINACION DE SOMBRAS ARROJADAS SOBRE PLANOS PERPENDICULARES A UN PLANO DE PROYECCION Y OBLICUOS AL OTRO.
186. APLICACION DEL METODO DE LOS PLANOS SECANTES A 45° PARA LA DETERMINACION DE SOMBRAS ARROJADAS SOBRE PLANOS OBLICUOS A AMBOS PLANOS DE PROYECCION.
187. APLICACION DEL METODO DE LOS PLANOS SECANTES A 45° PARA LA DETERMINACION DE SOMBRAS ARROJADAS SOBRE PLANOS OBLICUOS A AMBOS PLANOS DE PROYECCION Y PARALELOS A LA LINEA DE TIERRA.
188. APLICACION DEL METODO DE LOS PLANOS SECANTES A 45° PARA LA DETERMINACION DE SOMBRAS ARROJADAS SOBRE VOLUMENES DE CARAS PLANAS.
189. EL METODO DE LAS PROYECCIONES OBLICUAS ϕ
190. APLICACION DEL METODO DE LAS PROYECCIONES OBLICUAS ϕ PARA LA DETERMINACION DE SOMBRAS ARROJADAS SOBRE PLANOS PERPENDICULARES A UN PLANO DE PROYECCION Y OBLICUOS AL OTRO.
191. APLICACION DEL METODO DE LAS PROYECCIONES OBLICUAS ϕ PARA LA DETERMINACION DE SOMBRAS ARROJADAS SOBRE PLANOS OBLICUOS A AMBOS PLANOS DE PROYECCION.
192. APLICACION DEL METODO DE LAS PROYECCIONES OBLICUAS ϕ PARA LA DETERMINACION DE SOMBRAS ARROJADAS SOBRE PLANOS OBLICUOS A AMBOS PLANOS DE PROYECCION Y PARALELOS A LA LINEA DE TIERRA.
193. APLICACION DEL METODO DE LAS PROYECCIONES OBLICUAS ϕ PARA LA DETERMINACION DE SOMBRAS SOBRE VOLUMENES DE CARAS PLANAS.
194. APLICACION DE LOS METODOS PARA LA DETERMINACION DE SOMBRAS SOBRE SUPERFICIES DE REVOLUCION.
195. DETERMINACION DE SOMBRAS ARROJADAS SOBRE SUPERFICIES CILINDRICAS CONVEXAS.
196. DETERMINACION DE SOMBRAS ARROJADAS SOBRE SUPERFICIES CILINDRICAS CONCAVAS.
197. DETERMINACION DE SOMBRAS ARROJADAS SOBRE SUPERFICIES CONICAS CONVEXAS.
198. DETERMINACION DE SOMBRAS ARROJADAS SOBRE SUPERFICIES CONICAS CONCAVAS.
199. DETERMINACION DE SOMBRAS ARROJADAS SOBRE SUPERFICIES ESFERICAS CONVEXAS.
200. DETERMINACION DE SOMBRAS ARROJADAS SOBRE SUPERFICIES ESFERICAS CONCAVAS.
201. DETERMINACION DE SOMBRAS ARROJADAS SOBRE SUPERFICIES DE REVOLUCION COMPUESTAS CONCAVAS.
202. EL METODO DE LAS SUPERFICIES CIRCUNSCRIPTAS O ENVOLVENTES.

PROLOGO

El propósito fundamental que me llevó a escribir este "Tratado de DIBUJO TECNICO" fue el de reunir en un solo Texto los tres Sistemas de Representación del Dibujo Técnico: PROYECCIONES ORTOGONALES, AXONOMETRIA y PERSPECTIVA REAL. He procurado realizarlo aplicando un criterio científico y a la vez simplista, utilizando un lenguaje sencillo y captable por el estudiante medio, ubicándome a tal fin en el lugar de quienes buscan, aunque con diferentes grados de exigencia, un texto acorde con sus necesidades y los Programas de los Cursos de Dibujo afines a esta especialización.

La bibliografía referente al Dibujo Técnico tiene caracteres muy particulares: es relativamente abundante pero existe entre los otros libros del mismo tema un marcado desnivel y no disponemos del texto apropiado accesible o cómodo para quien manifieste un interés medianamente alto por la asignatura: de una obra relativamente breve que constituya un proceso lógico iniciado en el conocimiento de las Proyecciones Ortogonales, y ya adquirido este, culmine, mediante el pasaje por la Axonometría o perspectiva paralela (representación tridimensional) en la ejecución de la Perspectiva Real por un método madurado en los Sistemas de Representación previamente estudiados y que satisfaga ese interés latente por estas disciplinas que he podido apreciar en reiteradas oportunidades tanto dentro como fuera de las aulas. Por otra parte, debemos tener en cuenta las limitadas posibilidades de adquisición, en nuestro medio, de algunos textos de ediciones agoradas, conseguidos a veces en circunstancias fortuitas, como así también ciertas dificultades que puede suscitar, en algunos temas dados, la no traducción de los más conocidos de ellos.

Los tres Sistemas de Representación mencionados responden a dos Sistemas de Proyección o maneras de proyectar un objeto o ente geométrico sobre un plano, esté el observador o centro de proyección ubicado en el infinito o no: si el observador está ubicado en el infinito las visuales o proyectantes que emita serán paralelas entre sí (PROYECCIONES CILINDRICAS), y dichas visuales o proyecciones podrán ser perpendiculares a los tres planos que componen el Triedro recto de Proyección (Proyecciones Ortogonales) u oblicuas a ellos (Axonometría); si el observador está ubicado en un punto relativamente accesible, sus visuales o proyectantes, convergentes y divergentes (PROYECCIONES CONICAS) serán oblicuas, excepto una, a uno de los planos de proyección (Perspectiva Real).

De acuerdo a lo que antecede, este Tratado consta de 3 Partes y 5 Capítulos: la Primera Parte, PROYECCIONES ORTOGONALES, se subdivide en tres Capítulos: I Proyecciones Ortogonales, II Intersecciones y Secciones Planas y III Teoría de la Iluminación, la Segunda Parte está constituida por el Capítulo IV, AXONOMETRIA, y la Tercera Parte, por el Capítulo V, PERSPECTIVA REAL.

El método adoptado es el de desarrollar el proceso "punto, línea, plano, volumen", analizando mutuamente en Proyecciones Ortogonales para poder plantear más directamente la representación de volúmenes, siempre con los llamados volúmenes "tipo" o sus intersecciones, en los otros dos Sistemas.

Las PROYECCIONES ORTOGONALES, o Sistema Diédrico Ortogonal (a diferencia de

la Axonometría llamada también Sistema Tridimensional, constituyen en el Dibujo técnico una aplicación más expresiva o concreta y no tan teórica de la Geometría Descriptiva, cuya finalidad es la representación de los entes del espacio sobre los planos de proyección, de tal manera de poder resolver, mediante el auxilio de la Geometría Plana, los problemas tridimensionales, utilizando aquí solamente uno de los cuatro cuartos de espacio o dieciséis (el primero, como los europeos) que determinan al intersectarse, los planos de proyección, y complementando sus representaciones con la Teoría de la Iluminación o trazado de sombras que, en realidad, es un sistema de proyecciones cilíndricas oblicuas superpuesto al ortogonal y representado en él.

La AXONOMETRIA o Proyecciones Axonométricas o Perspectiva Axonométrica, es, a mi juicio, el Sistema más directo para la más acabada comprensión de los problemas del espacio. A través de mis años de docencia he podido comprobar los excelentes resultados obtenidos con la Axonometría en circunstancias en que resultaba difícil el aprendizaje de las Proyecciones Ortogonales como complemento de este Sistema, sumando sobre él la ventaja de poder mostrar en una sola representación o imagen las tres dimensiones del objeto o proyectar con aspecto de perspectiva, y con respecto a la Perspectiva Real, la de representar, en algunas de sus manifestaciones, a las dimensiones en su verdadera magnitud y forma. De la superposición de dos sistemas de proyecciones cilíndricas oblicuas resultan las perspectivas axonométricas con sombras.

La PERSPECTIVA REAL o Perspectiva Lineal o Perspectiva Cónica, es el tema más fascinante que presenta el Dibujo Técnico, pues en ella desaparece esa cierta monotonía que suelen provocar las Proyecciones Ortogonales y por el encanto de lograr por un método técnico una imagen tal cual aparece ante nuestros ojos en la realidad y sin recurrir al empleo de la imaginación a que obliga el simplismo de las representaciones axonométricas. Es por estas razones que me inclino a llamarla "real" sin discrepar, por supuesto, con quienes la llaman "cónica" por la identidad de las proyecciones cónicas y nuestra visual.

Considero que la Perspectiva Real debe ser encarada desde el punto de vista que podríamos llamar "Método General", es decir, el resultante del estudio de las proyecciones cónicas de las Proyecciones Ortogonales, nos dará oportunidad de aprovechar no sólo el adiestramiento del educando en el propio Dibujo Técnico sino también de explorar convenientemente sus conocimientos adquiridos en los Sistemas de proyecciones cilíndricas. La perspectiva real también se complementa con sistemas de iluminación tanto cilíndricos como cónicos.

La solidez de los conocimientos se adquirirá necesariamente con la fermentación dada por la práctica constante de una ejercitación de dificultad escalonada de acuerdo a las características y cánones de cada sistema y en cada uno de ellos.

Si, como se ha dicho, "el Dibujo es la expresión de la forma sobre una superficie plana", y esa expresión varía entre el naturalismo y la Geometría, quien represente ese naturalismo lo hará en diferentes condiciones con el aporte del conocimiento técnico que quien no lo posea o, dicho de otra manera, se puede también practicar un informalismo llegando a él mediante una deformación basada en la ejercitación del dibujo formal, más racional o derivada de la aplicación del método científico. Considero además, en opinión exclusivamente personal, que para la docencia del Dibujo se requiere un equilibrio lógico entre el desarrollo de las aptitudes naturales en las manifestaciones plásticas y la adquisición del conocimiento técnico, del método científico, complementando las unas de los otros, partes de un todo lógico, perfectamente armónico, orientado en la formación completa para el desempeño íntegro de una vocación perfectamente definida.

E. R. R.

INTRODUCCION

Los tres Sistemas de Representación. En el Dibujo Técnico existen dos Sistemas de Proyección posibles: las PROYECCIONES CILINDRICAS y las PROYECCIONES CONICAS, de los que derivan los tres Sistemas de Representación (PROYECCIONES ORTOGONALES, AXONOMETRIA y PERSPECTIVA REAL).

Todo Sistema de Representación tiene por finalidad la reproducción de la imagen de los entes geométricos (puntos, rectas, figuras, volúmenes) sobre superficies planas (ya sean éstas los Planos de Proyección, el Plano Principal o el Plano del Cuadro) y consta de un observador o centro de proyección, un objeto observado a representar y un triedro recto (a veces diedro) de proyección o "triedro fundamental" que es común a los tres Sistemas. Esa reproducción, representación o imagen se obtiene mediante la proyección del punto o la totalidad de los puntos del ente observado (o a proyectar) sobre los mencionados planos de acuerdo a normas establecidas de antemano.

LOS DOS SISTEMAS DE PROYECCION. De acuerdo a la ubicación del observador, o centro de proyección, podremos establecer las dos maneras de proyectar o Sistemas de Proyección, ya esté dicho observador ubicado en el infinito o no: si está ubicado en el infinito todas las visuales o proyectantes que emita serán paralelas entre sí (Proyecciones Cilíndricas), tal como son paralelas entre sí las generatrices de un cilindro; si el observador no está situado en el infinito, si está ubicado en un punto relativamente accesible, próximo al triedro de proyección, las visuales o proyectantes serán convergentes y divergentes (Proyecciones

Cónicas) según ese punto (ojos del observador) tal como son convergentes y divergentes, según su vértice, las generatrices de un cono. En ambos casos el centro de proyección u origen del sistema es, en realidad, un punto, vértice del cono de visuales o proyectantes pues, en lo referente al caso de las proyecciones cilíndricas, podemos considerar al cilindro como un cono cuyo vértice está ubicado en el infinito.

Es necesario recalcar aquí la identidad que merecen en el Dibujo Técnico los términos visual y proyectante (rayo en los Sistemas de Proyecciones Lumínicas), pues a todos podemos definirlos como la línea recta que se considera tirada desde los ojos del observador (centro de proyección), punto de partida de esa recta, pasa por uno de los puntos del objeto observado e intersecta al plano de proyección, y que, por lo tanto, sirve para proyectar un punto sobre una superficie.

Proyectar es, entonces, trazar líneas rectas desde un determinado centro de proyección hacia todos los puntos de un ente geométrico, según determinadas reglas, hasta encontrar una superficie generalmente plana (Planos de Proyección, Plano Principal, Plano del Cuadro), y proyección es la imagen, figura, representación o apariencia de una cosa que resulta, sobre una superficie, de proyectar en ella todos los puntos de un ente geométrico.

De acuerdo a lo que antecede daremos la siguiente definición: proyección de un punto sobre un plano es la intersección o traza de la línea recta (visual, proyectante o rayo) que pasa por el punto con ese plano; si la línea recta es perpendicular al plano tendremos la proyección ortogonal del punto; en caso diferente, la proyección oblicua.

En cuanto a las superficies o planos en que se fija la proyección, éstos pueden ser los propios componentes del **triédro fundamental de proyección**, tal como se hace en el Sistema de las Proyecciones Ortogonales (en la Axonometría se utiliza el llamado Plano Principal y en la Perspectiva Real, el Plano del Cuadro). El triédro fundamental es un **triédro recto**, o trirectángulo, y está compuesto por tres planos ilimitados y, por lo dicho, perpendiculares entre sí, uno horizontal y dos verticales, llamados, de acuerdo a su posición, Plano Horizontal, Plano Vertical y Plano de Perfil, siendo optativa la denominación de estos dos últimos considerando siempre al Plano Vertical como el que se utiliza para la segunda proyección y al Plano de Perfil, ubicado ya sea a la derecha o a la izquierda, al que contiene a la tercera.

LAS PROYECCIONES CILINDRICAS.

Las **Proyecciones Cilíndricas** pueden ser **ortogonales u oblicuas**; son ortogonales cuando las visuales o proyectantes son perpendiculares a los planos de proyección (Proyecciones Ortogonales) y oblicuas en caso diferente (Axonometría).

Por extensión de lo antedicho podemos expresar también que la **proyección cilíndrica** de un ente geométrico sobre un plano dado es la intersección del cilindro cuyas generatrices (paralelas entre sí) son generadas por las visuales o proyectantes de los diversos puntos del ente con dicho plano o, de otra manera, que se llama proyección cilíndrica sobre un plano de proyección a la imagen obtenida mediante la intersección de ese plano con todas las visuales o proyectantes paralelas entre sí (tales como las generatrices de un cilindro) que pasan por todos los puntos del ente proyectado.

LAS PROYECCIONES CILINDRICAS ORTOGONALES (PROYECCIONES ORTOGONALES). El Sistema de las **Proyecciones Ortogonales** es la conjunción de tres sistemas de proyecciones cilíndricas ortogonales simultáneos.

Como el triédro fundamental de proyección está compuesto por tres planos perpendiculares entre sí serán necesarios, para poder proyectar ortogonalmente a los tres, tres centros de proyección, es decir, que el

observador tendría que estar ubicado a la vez en tres posiciones diferentes en el infinito desde las cuales debería trazar las visuales o proyectantes normales a los tres planos, por lo tanto será preciso contar con **tres observadores** (Ver Figura No. 1) ubicados, por supuesto, en el infinito: uno arriba, cuyas visuales sean verticales, perpendiculares al Plano Horizontal, otro de frente, cuyas visuales horizontales sean perpendiculares al Plano Vertical (antiguamente llamado Plano de Frente) y un tercero, ya sea a la derecha o a la izquierda, de acuerdo a la posición, opuesta a él, que se le haya asignado al Plano de Perfil, cuyas visuales, también horizontales, sean perpendiculares a este último. El primer observador determina la proyección horizontal (primera proyección, también llamada "planta"), el segundo, la proyección vertical (segunda proyección, también llamada "alzado") y el tercero, la proyección de perfil (tercera proyección o solamente "perfil").

De esa manera podremos fijar las tres proyecciones o representaciones posibles, complementarias entre sí, del ente geométrico u objeto observado contenidas en tres planos diferentes, perpendiculares entre sí; para poder obtener esas tres imágenes en un mismo plano, el plano del Dibujo, habrá que deslizar el triédro haciendo girar 90 grados al Plano Horizontal hacia abajo y al Plano de Perfil hacia atrás hasta que todos queden confundidos en un mismo plano con el Plano Vertical, tomando como eje del giro, en ambos casos, a la intersección de los dos planos girados con este último. Hemos obtenido así las tres proyecciones o representaciones del ente u objeto observado en un sólo plano, el del Dibujo, o, haciendo la inversión del proceso, estamos en condiciones de representar las tres proyecciones del objeto en el plano único del Dibujo e imaginarlo en el espacio.

LAS PROYECCIONES CILINDRICAS OBLICUAS (AXONOMETRIA). Dada la

disposición de los tres planos componentes del triédro fundamental, las proyecciones cilíndricas ortogonales, o Proyecciones Ortogonales, nos obligaban a disponer de tres observadores para poder fijar una representación en cada uno de ellos obteniendo, por

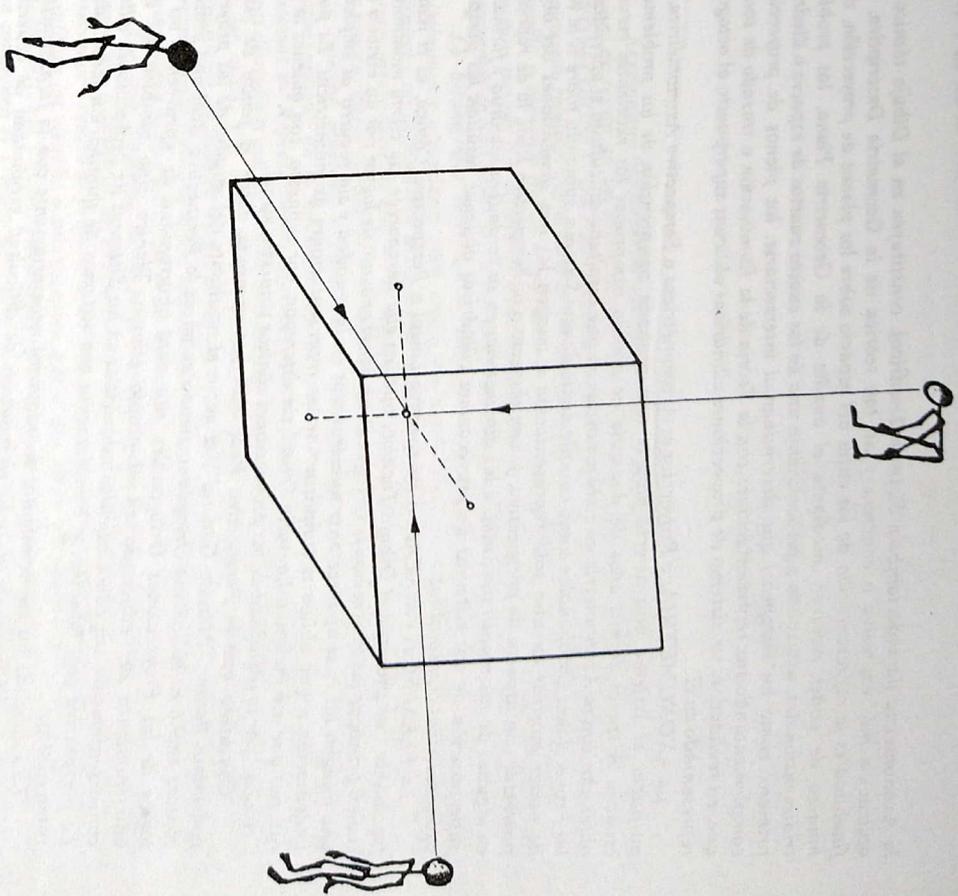
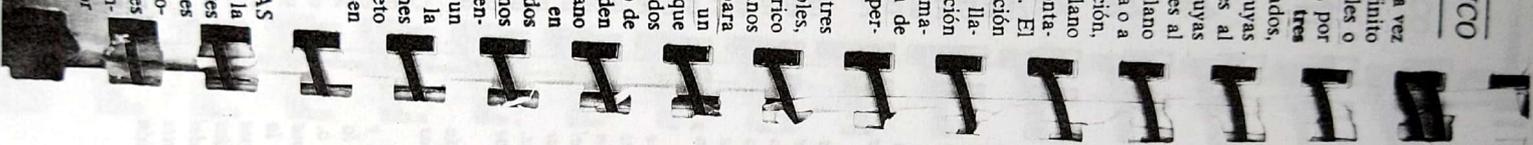


Fig. No. 1

tanto, tres representaciones diferentes; cuando las proyecciones cilíndricas son oblicuas a los tres planos componentes del triédro obtendremos con un sólo observador una sola imagen en la que se encuentran reunidas las tres dimensiones de un objeto con aspecto de perspectiva.

La Axonometría consta de un sólo sistema de proyecciones cilíndricas, es decir que utiliza un sólo observador o centro

proyección, ubicado en el infinito, cuyas visuales son oblicuas a los tres planos integrantes del triedro de proyección (Ver Figura No. 2).

Como todas las visuales o proyectantes, trazadas por ese observador único, son paralelas entre sí, bastará tener en cuenta solamente una de ellas para poder determinar la dirección, inclinación u oblicuidad de todo el sistema, y la más indicada es, precisamente, la visual única posible que pasa por el vértice del triedro recto llamada, por esa razón, **visual principal**.

La única representación o imagen que se obtendrá mediante ese único observador y único sistema de proyección estará entonces contenida en un plano que será perpendicular a la visual principal (y a todas las demás visuales del sistema) llamado **Plano Principal**, al que se identifica con el plano del Dibujo. Como las imágenes contenidas en el Plano Principal (o plano del Dibujo) se fijan mediante proyectantes ortogonales a él estamos dentro de los límites de la AXONOMETRIA ORTOGONAL.

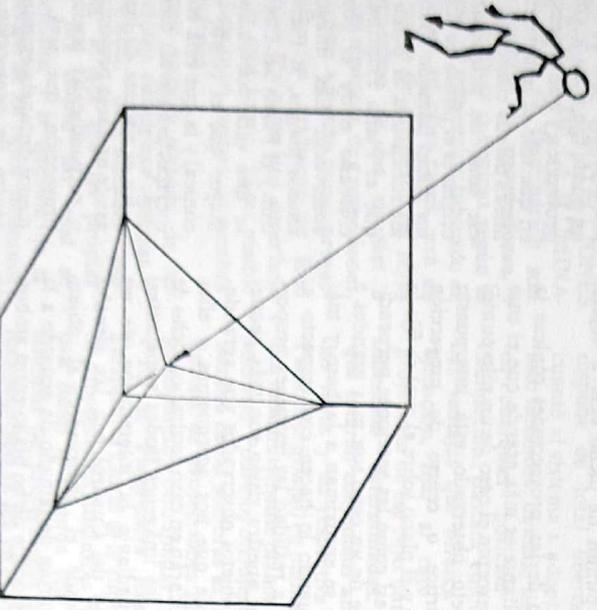


Fig. No. 2

El Plano Principal, perpendicular a la visual principal, oblicua al triedro fundamental, será también oblicuo a éste y formará con él, al intersectarse con los tres planos de proyección que lo componen, un triángulo llamado "triángulo axonométrico" o "triángulo de las trazas". La porción del Plano Principal delimitada por el triedro conforma con los tres planos de proyección un tetraedro o pirámide de base triangular; considerando a esa porción triangular del Plano Principal como la base de dicha pirámide, la altura de la misma, perpendicular a la base, será el segmento de recta perteneciente a la visual principal comprendido entre la intersección de ésta con el Plano Principal y el vértice del triedro recto.

Como vemos, en la Axonometría la representación del ente a proyectar se fija sobre el Plano Principal y no sobre los planos de proyección, además, el plano sobre el cual se efectúa esa representación está interpuesto entre el observador y el objeto observado. Cuando la visual principal, trazada al vértice del triedro, guarde la misma inclinación con respecto a los tres planos de proyección, el triángulo axonométrico será un triángulo equilátero, por cuyo centro pasará el plano principal (proyección del vértice del triedro sobre el Plano Principal) y al que concurrirán las proyecciones de las tres intersecciones que generan los tres planos de proyección entre sí (ejes), perpendiculares a los lados del triángulo que, en este caso, serán además bisectrices de los ángulos correspondientes y formarán entre ellos tres ángulos iguales. Este caso de la Axonometría Ortogonal se denomina **Perspectiva Isométrica** (o proyección isométrica) y en sus representaciones se podrá aplicar una sola escala de reducción.

Cuando la visual principal guarde la misma inclinación con respecto a dos de los tres planos de proyección y una inclinación diferente con respecto al tercero (cualesquiera sea éste), el triángulo axonométrico será un triángulo isósceles, en cuyo centro estará siempre la proyección del vértice del triedro y concurrirán a él los tres ejes (proyecciones de las tres aristas del triedro) que, en este caso, formarán entre sí dos ángulos iguales y el otro diferente. Este caso de la Axonometría Ortogonal se denomina **Perspectiva Dimétrica** (o proyección dimétrica) o **monodimétrica** y en sus representaciones se podrán aplicar dos escalas de reducción.

Cuando la visual principal guarde distintas inclinaciones con respecto a los tres planos de proyección, el triángulo axonométrico será un triángulo escaleno, en cuyo centro estará la proyección del vértice del triedro y al cual concurrirán los tres ejes que, en este caso, formarán entre sí tres ángulos diferentes. Este caso de la Axonometría Ortogonal se denomina **Perspectiva Trimétrica** (o proyección trimétrica) o **anisométrica**.

Como lo expresara en líneas anteriores, la diferencia esencial entre los dos Sistemas de Representación pertenecientes a las Proyecciones Cilíndricas radica en que en las **Proyecciones Ortogonales se utilizan tres observadores o centros de proyección ubicados, cada uno de ellos, en posición ortogonal con respecto a cada uno de los tres planos componentes del triedro recto de proyección o triedro fundamental y que en la Axonometría**

INTRODUCCION

ción con respecto a los tres planos de proyección, la intersección del Plano Principal con ellos (triángulo axonométrico) será un triángulo equilátero, por cuyo centro pasará el plano principal (proyección del vértice del triedro sobre el Plano Principal) y al que concurrirán las proyecciones de las tres intersecciones que generan los tres planos de proyección entre sí (ejes), perpendiculares a los lados del triángulo que, en este caso, serán además bisectrices de los ángulos correspondientes y formarán entre ellos tres ángulos iguales. Este caso de la Axonometría Ortogonal se denomina **Perspectiva Isométrica** (o proyección isométrica) y en sus representaciones se podrá aplicar una sola escala de reducción.

Cuando la visual principal guarde la misma inclinación con respecto a dos de los tres planos de proyección y una inclinación diferente con respecto al tercero (cualesquiera sea éste), el triángulo axonométrico será un triángulo isósceles, en cuyo centro estará siempre la proyección del vértice del triedro y concurrirán a él los tres ejes (proyecciones de las tres aristas del triedro) que, en este caso, formarán entre sí dos ángulos iguales y el otro diferente. Este caso de la Axonometría Ortogonal se denomina **Perspectiva Dimétrica** (o proyección dimétrica) o **monodimétrica** y en sus representaciones se podrán aplicar dos escalas de reducción.

Cuando la visual principal guarde distintas inclinaciones con respecto a los tres planos de proyección, el triángulo axonométrico será un triángulo escaleno, en cuyo centro estará la proyección del vértice del triedro y al cual concurrirán los tres ejes que, en este caso, formarán entre sí tres ángulos diferentes. Este caso de la Axonometría Ortogonal se denomina **Perspectiva Trimétrica** (o proyección trimétrica) o **anisométrica**.

Como lo expresara en líneas anteriores, la diferencia esencial entre los dos Sistemas de Representación pertenecientes a las Proyecciones Cilíndricas radica en que en las **Proyecciones Ortogonales se utilizan tres observadores o centros de proyección ubicados, cada uno de ellos, en posición ortogonal con respecto a cada uno de los tres planos componentes del triedro recto de proyección o triedro fundamental y que en la Axonometría**

se emplea un sólo centro de proyección u observador.

Según la posición de este único observador (siempre en el infinito) variará la dirección de la visual principal, trazada al vértice del triedro, rectora de todas las visuales (paralelas entre sí) componentes del Sistema Axonométrico (de eje = eje, llamado así porque en todas sus representaciones, en caso de no estar representados los propios ejes, es fácilmente reconocible la dirección de las tres dimensiones fundamentales, que pertenecen a las tres intersecciones del triedro recto a las tres intersecciones del triedro recto deformado perspectivamente). Si en las infinitas posiciones que puede ocupar el observador único en el infinito (generando un sistema distinto en cada una de ellas) sus visuales resultaran perpendiculares a uno de los tres planos de proyección componentes del triedro fundamental, la visual principal dirigida a su vértice se confundirá, forzosa-mente, con la intersección de los otros dos planos resaristas y la imagen resultante del triedro será un ángulo recto que representará dos de las tres direcciones o ejes y en su vértice estará la tercera reducida a un punto.

En un sistema de representación tridimensional resulta absurdo que una de las tres dimensiones esté reducida a un punto, es decir, que no esté representada. Este inconveniente se subsana otorgando a esa tercera dimensión una determinada dirección arbitraria a la que, de acuerdo con su oblicuidad o inclinación, se le aplicará una cierta escala de reducción. Si la visual principal es perpendicular a un plano de proyección (y se confunde con la intersección de los otros dos), el Plano Principal, perpendicular a ella, será entonces paralelo al primero; como esa dirección arbitraria que se atribuye a la tercera dimensión es la coincidente con la visual principal ésta se verá representada oblicuamente al Plano Principal, al que se identifica con el plano del Dibujo. Como las imágenes contenidas en el Plano Principal (o plano del Dibujo) se fijan mediante proyectantes oblicuas a él estamos dentro de los límites de la AXONOMETRIA OBLICUA.

Cuando la visual principal es horizontal y perpendicular a uno de los dos planos verticales de proyección, ya sea el Vertical o el de Perfil (y se confunde con la intersección del

Plano Horizontal con el otro de los dos planos **verticales** de proyección, tendremos un eje **vertical** y otro **horizontal** (guardan entre ellos un ángulo recto), y al otro eje horizontal (reducido a un punto) deberemos asignarle una **dirección arbitraria**, una determinada **oblicuidad** con respecto a los anteriores. Este caso de la **Axonometría Oblicua** se denomina **Perspectiva "Cabinet"**, y a la tercera dimensión, de dirección arbitraria, se le aplica una **escala** de reducción apropiada o **proporcional** a la inclinación que tenga.

Cuando la **visual principal** es **vertical** y **perpendicular** al **Plano Horizontal** (y se confunde con la intersección de ambos planos verticales, el **Vertical** y el de **Perfil**) le asignaremos a los dos ejes horizontales dos inclinaciones cualesquiera (siempre que entre ellos guarden un ángulo recto) y la tercera dirección no será en este caso arbitraria opitándose siempre por la vertical. Este caso de la **Axonometría Oblicua** se denomina **Perspectiva caballera** y a la tercera dirección (la vertical) no se le aplica, generalmente, **escala** de reducción pudiéndose, por lo tanto, **representar** las tres dimensiones de un objeto en verdadera magnitud.

La que antecede es la única hipótesis o teoría que concilia todas las representaciones del Dibujo Técnico derivadas de las **Proyecciones Cilíndricas** y aclara la confusión existente provocada por quienes asignan a algunos casos de representaciones axonométricas el título o la importancia de sistema de **representación independiente**. En "**Proyecciones Ortogonales**" se utilizan **tres centros de proyección** u observadores o, dicho de otra manera, se combinan tres sistemas de proyecciones cilíndricas (si se desean solamente dos proyecciones se emplearán dos observadores) **perpendiculares** entre sí y **perpendiculares** también a sus respectivos planos de proyección; en "**Axonometría**" se utiliza un **solo centro de proyección** u observador, es decir, un **solo sistema de proyecciones cilíndricas**; si ese único observador está ubicado de tal forma que la **visual principal**, trazada al vértice del triédrico, es oblicua a los tres planos de proyección y **normal al Plano Principal** la **Axonometría es ortogonal**, si el observador está ubicado de tal forma que la **visual principal**, trazada al vértice del triédrico, es perpendicular a uno de

TRATADO DE DIBUJO TECNICO

los tres planos de proyección (cualquiera sea éste) y **paralela** a los otros dos (contundida con la intersección de ambos) oblicuando a la adopción de una **tercera dirección**, para poder **representar** la **tercera dimensión**, oblicua al **Plano Principal**, la **Axonometría es oblicua**.

Parece una contradicción el hecho de que cuando la **visual principal** es oblicua al triédrico la **Axonometría** sea **ortogonal** y que cuando la **visual** es **normal** a uno de los planos componentes del triédrico la **Axonometría** sea **oblicua**. Conviene insistir en que el criterio aplicado para la denominación surge de la referencia hecha al **Plano Principal**; en la **Axonometría Ortogonal** la **visual principal** (y todas las demás visuales) se representa en el plano del Dibujo (identificado con el **Plano Principal**) como un punto, intersección de la **visual principal** con el **Plano Principal**, y en la **Axonometría Oblicua** la **visual principal** puede representarse con la misma oblicuidad de la **tercera dirección** adoptada para dar sensación, en escorzo, de la **tercera dimensión** complementaria de las otras dos (frontales en el caso de la perspectiva "cabinet" y horizontales en la caballera).

LAS PROYECCIONES CONICAS (PERSPECTIVA REAL). Cuando el observador, que en los casos anteriores (de **Proyecciones Cilíndricas**) estaba situado en el infinito y trazando, por lo tanto, visuales paralelas, se aproxima al triédrico (o diedro) de proyección de tal forma que podamos considerarlo (no necesariamente) **parado** sobre el **Plano Horizontal de proyección** (Ver Figura No. 3), el punto de partida de todas las visuales proyectantes se habrá aproximado también y éstas ya no serán paralelas entre sí sino **convergentes** en los ojos del observador (o centro de proyección) y **divergentes** en sentido contrario. De ahí que podamos expresar que se llaman **proyecciones cónicas** a las que resultan de **dirigir** todas las líneas proyectantes desde un determinado punto de origen y **proyección cónica** de un ente geométrico a la imagen, figura o representación obtenida sobre un plano mediante la intersección de ese plano con el cono cuyas generatrices, **convergentes** y **divergentes** entre sí (tales como las generatrices de un cono), son las proyectantes o visuales originadas en un punto fijo tomado como vértice (centro de

INTRODUCCION

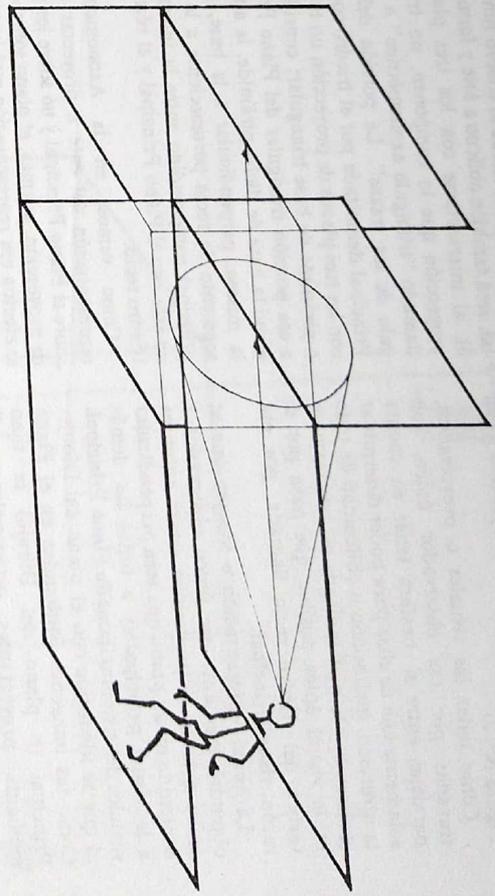


Fig. No. 3

proyección, ojos del observador) trazadas a los diversos puntos de dicho ente u objeto observado.

En el caso de las proyecciones cónicas la imagen resultante es más grande que el ente proyectado (excepto el caso de un sólo punto) pues el objeto observado está interrumpido entre el vértice o centro de proyección (observador) y el plano sobre el cual se fija la proyección (así como las secciones perpendiculares al eje de un cono son más grandes a medida que se aproximan a la base y más pequeñas cuando lo hacen con respecto al vértice). En la realidad las imágenes proporcionadas por nuestra visión son más pequeñas que los objetos observados y se agrandan a medida que nos acercamos a ellos como se achicarán en caso contrario; dicho de otra forma, las imágenes (todas semejantes) obtenidas mediante la intersección de un plano (Plano del Cuadro) con las visuales trazadas desde el observador al objeto observado varían de tamaño de acuerdo a la posición que ocupe dicho plano entre ambos. Establezcamos entonces que la proyección cónica de un objeto sobre un plano de proyección es la intersección de ese plano y de

un cono donde las generatrices son arrojadas por cada uno de los puntos del objeto y desde un punto fijo tomado como vértice o centro de proyección y que la perspectiva lineal (aquella proyección en que sólo se representan los objetos por las líneas de sus contornos) es la intersección de ese cono de proyectantes o visuales, cuyo origen es el punto de vista del observador, con un plano llamado **Plano del Cuadro** (que se identifica con el plano del Dibujo, al igual que el **Plano Principal** en la **Axonometría**) colocado entre el observador y el objeto observado. Las imágenes obtenidas sobre ambos planos, el **Plano Vertical de proyección** y el **Plano del Cuadro**, serán semejantes; la que está contenida en el primero será mayor que el objeto observado (proyección cónica) y la que está contenida en el segundo (perspectiva lineal), menor que él.

En el sistema de las proyecciones cónicas existe una sola proyectante o visual ortogonal o perpendicular posible al plano dado de proyección, que será la que representa la menor distancia existente entre el observador, centro de proyección, vértice o punto de origen de las proyectantes y el referido plano que llamaremos **proyectante principal** o

visual principal. En el caso particular de la **Perspectiva Real** o **Lineal** el observador traza una **visual principal horizontal**, perpendicular al Plano Vertical de proyección y al Plano del Cuadro (o Plano Principal), paralela, por tanto, al Plano Horizontal de proyección y contenida en un plano, también paralelo a este último, llamado **Plano del Horizonte**. Los cuatro planos citados componen el "terreno perspectivo".

Por lo expuesto podemos decir que la **Perspectiva Real** ("que enseña el modo de representar sobre una superficie los objetos en la forma y disposición en que aparecen a la vista"), dada su similitud o identidad con ellas, se rige por las mismas reglas que las proyecciones cónicas y constituye un caso limitado de éstas, pues las proyecciones cónicas no se limitan, por supuesto, al Plano Vertical solamente. Además nuestro órgano de la visión nos brinda una imagen nítida dentro de un cono de visuales no mayor de 28 grados, aproximadamente, entre generatrices extremas o visuales opuestas, es decir, unos 14 grados de diferencia entre las visuales de contorno y la visual principal o eje del cono, perpendicular al Plano del Cuadro.

LOS SISTEMAS DE PROYECCIONES LUMINICAS (TEORIA DE LA ILUMINACION). Los Sistemas de Iluminación son, efectivamente, **sistemas de proyecciones**, y serán también cilíndricas o cónicas según la posición del centro de proyección (ubicado en el infinito o no) que, en estos casos, será un foco luminoso, punto de origen de los rayos luminosos, equivalentes de las visuales o proyectantes de los sistemas de proyecciones, pues se puede definir además como **proyección** a la imagen que, mediante un foco luminoso, se arroja o fija sobre una superficie (plana o no) o, de otra forma, hacer visible sobre una superficie o un cuerpo, la sombra de otro ente geométrico.

El procedimiento para el trazado de las sombras (proyecciones cilíndricas oblicuas o proyecciones cónicas), determinadas por rayos, es idéntico al que fija las propias representaciones del objeto del cual se determinará la sombra, y la elección de la inclinación y dirección de los rayos luminosos se hará de acuerdo a las conveniencias del problema, siendo dicha opción totalmente arbitraria, disponiendo de libertad de elec-

TRATADO DE DIBUJO TECNICO

ción para la obtención de ciertos resultados, o se ajustará a alguna convención internacional según el Sistema de Representación en el cual se esté trabajando.

Los métodos generales para la determinación de sombras son comunes cualquiera sea el Sistema de Proyecciones Luminicas empleado y el Sistema de Representación en el cual se proyecte.

En las **Proyecciones Ortogonales** se determinan las sombras de acuerdo a la dirección del rayo Φ , que es un sistema de proyecciones cilíndricas oblicuas cuyo **rayo principal**, trazado desde el infinito al vértice del triedro, guarda la misma inclinación con respecto a los tres planos que lo componen, es decir que dicha inclinación es la misma de la visual principal de la perspectiva isométrica; podemos manifestar entonces que el trazado de las sombras es, en este caso, un sistema de proyecciones cilíndricas oblicuas superpuesto al de las proyecciones cilíndricas ortogonales y complementario de él. Este rayo es de uso universal.

En la **Axonometría** se ilumina también con sistemas de proyecciones cilíndricas pero, a diferencia de las Proyecciones Ortogonales, se dispone de total libertad de elección en cuanto al sistema a adoptar, considerando al foco luminoso, ubicado siempre en el infinito, en cualquier posición y con cualquier inclinación. Bastará entonces, de acuerdo a las ventajas que ofrezca en el ejercicio en ejecución, fijar al rayo luminoso y a la proyección de ese rayo una inclinación y una dirección determinadas, respectivamente, que estarán contenidos ambos (cada uno de los rayos y su respectiva proyección en el Plano Horizontal) en planos verticales (llamados indistintamente planos de luz o planos de sombra). Podemos manifestar entonces que el trazado de las sombras es, en estos casos, un sistema de proyecciones cilíndricas oblicuas superpuesto a otro similar.

En la **Perspectiva Real** (cuando a la **Perspectiva Lineal** se le superpone un sistema de proyecciones luminicas resulta la **Perspectiva Real**) se ilumina con ambos tipos de sistemas de proyecciones ubicando al foco luminoso (sol) ya sea en el infinito (proyecciones cilíndricas) a la izquierda del observador, con rayos inclinados 45 grados y proyecciones paralelas al Plano del Cuadro, o con el sol

INTRODUCCION

ubicado en un punto tal (proyecciones cónicas), siempre a la izquierda del observador, ya sea delante o detrás de éste, con inclinaciones y direcciones ambas de 45

grados con el Plano Horizontal y la visual principal respectivamente. Estas tres formas de iluminación, aunque clásicas, son susceptibles de modificación.

1. PROYECCIONES ORTOGONALES

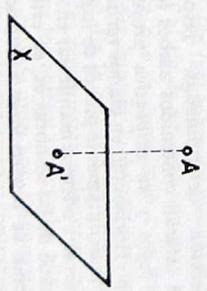
1. LAS PROYECCIONES CILINDRICAS ORTOGONALES

1. GENERALIDADES. Para seguir el mismo orden establecido en el Prólogo comenzaremos por desarrollar el Sistema de las **Proyecciones Ortogonales**, que, como lo indica su nombre, se diferencia de los otros en que los seres geométricos a representar (puntos, líneas, planos, volúmenes) se proyectan perpendicularmente a los Planos de Proyección desde tres distintos puntos de observación.

Para la representación de volúmenes debemos tener en cuenta que están limitados por superficies, dichas superficies por contornos o líneas, y para la representación de esas líneas (magnitud, posición o forma) será necesaria la determinación de dos o más puntos de las mismas. Por lo tanto, el punto

plano X (horizontal en la Figura) debemos hacer pasar por A una perpendicular a dicho plano: la intersección A' de esa línea con X será la proyección ortogonal de A sobre el plano. Podemos generalizar entonces diciendo que la **proyección ortogonal de un punto con respecto a un plano es el ple de la perpendicular trazada desde el punto al plano** y contenida en éste. Las proyecciones toman su nombre según el plano en que estén contenidas: por lo tanto, en el caso estudiado, hemos obtenido la proyección horizontal (si el plano es vertical, obtenemos la proyección vertical). Generalmente se emplean dos planos de proyección (y en ciertos casos un tercero) pues una sola proyección resulta insuficiente para la exacta fijación de la posición de un punto.

Fig. N° 4



de partida lógico será la proyección de un punto. Si deseamos proyectar un punto A (Fig. N° 4), situado en el espacio, hacia un

2. LOS PLANOS DE PROYECCION. Suongamos, entonces, el **espacio infinito**, seccionado por un plano horizontal: obtendremos dos semiespacios, uno superior y otro inferior; si volvemos a seccionar dicho espacio con un plano vertical, perpendicular al anterior, tendremos ahora un semiespacio anterior y otro posterior. Considerados simultáneamente ambos planos (**Horizontal y Vertical de Proyección**) cortados según una línea recta o **Línea de Tierra (LT)** podremos distinguir (Fig. N° 5) cuatro cuartos de espacio, cuatro ángulos diedros rectos: anterior superior, superior posterior, posterior inferior e inferior anterior, que serán el 1°, 2°, 3°, y 4°, diedros respectivamente (I, II, III y IV en la Figura). La Geometría Descriptiva resuelve sus problemas del espacio mediante el empleo de los cuatro diedros; en el DIBUJO TECNICO, y a lo

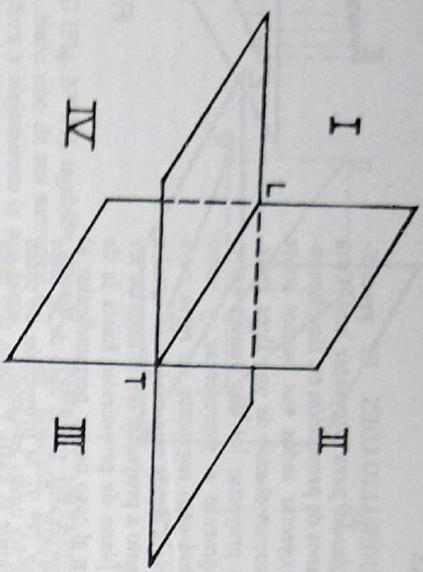
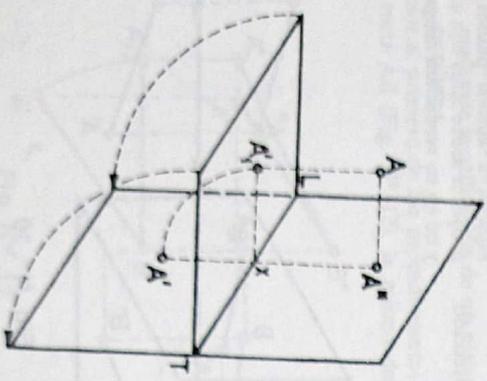


Fig. No. 5

largo de este Texto, utilizaremos para nuestras representaciones solamente el primer diedro.

El proceso lógico a seguir será el de representaciones de entes geométricos: puntos, líneas, planos (y figuras planas) y volúmenes (poliedros y volúmenes de revolución).

3. LA PROYECCION DE UN PUNTO. Procedamos ahora a hacer efectiva la



proyección de un punto dentro del Sistema de las Proyecciones Ortogonales. Sea el punto A (Fig. No. 6) situado en la porción de espacio que hemos denominado 1er. diedro; de acuerdo con lo expuesto en el párrafo 1 proyectamos el punto A, según una proyección vertical, hacia el Plano Horizontal y obtendremos la proyección horizontal A' ; y según una proyección horizontal, hacia el Plano Vertical, tendremos la proyección

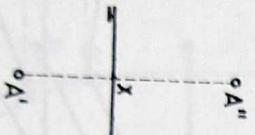


Fig. No. 6

PROYECCIONES ORTOGONALES

vertical A'' . Es decir, hemos obtenido, por lo menos, dos proyecciones de las necesarias para la representación de un objeto, pero, como podrá apreciarse, hemos recurrido para ello a una representación perspectiva, pues ambas proyecciones están contenidas en planos perpendiculares entre sí.

El recurso del Sistema Ortogonal para la representación de ambas proyecciones en un solo plano, se basa en efectuar un abatimiento del Plano Horizontal, tomando como eje de giro a la Línea de Tierra (LT) y llevarlo a confundirse en un mismo plano con el Plano Vertical (el mismo resultado se obtendría abatiendo al Plano Vertical llevándolo a la misma posición del Horizontal). La proyección A' del punto A, contenida en el Plano Horizontal girará, por tanto, junto a éste y se colocará en la posición A' , sobre una misma línea que A'' , perpendicular a LT.

Como vemos, ahora tenemos toda la representación en un mismo plano: la proyección vertical A'' , la proyección horizontal A' y la "línea de correspondencia", que llamaremos "depurado", o sea la representación correspondiente a las Proyecciones Ortogonales y de la cual extraemos las siguientes conclusiones: 1º. Que el punto A, situado en el espacio, no está representado pero sí sus proyecciones; 2º. Que la parte superior a la Línea de Tierra (identificada por dos guiones

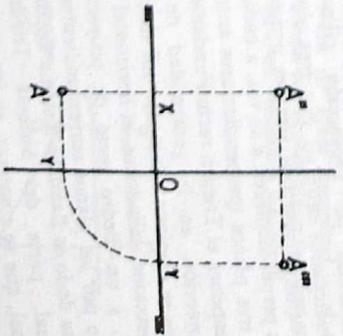
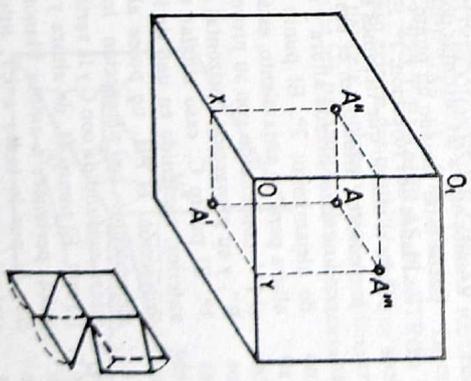


Fig. No. 7

en los extremos) es la correspondiente al Plano Vertical de proyección (PV) y las representaciones que en ella aparecen serán proyecciones verticales, distinguidas por dos comillas (A''), y la parte inferior, la correspondiente al Plano Horizontal de proyección (PH) y a las proyecciones horizontales, indicadas por una sola comilla (A'). 3º. Que ambas proyecciones se encuentran en la misma línea de correspondencia y que la porción superior a LT ($AA' = A''X$), distancia entre el punto A y el PH, es la "altura" del punto, y la inferior a LT ($AA'' = AX$) distancia entre el punto A y el PV es el "alejamiento" de dicho punto.

4. LA TERCERA PROYECCION O PLANO DE PERFIL. En ciertos casos de representaciones de volúmenes, la determinación de sólo dos proyecciones puede resultar insuficiente, dándose entonces un caso de "proyección incompleta", que se subsana mediante una tercera proyección o proyección de perfil. Para obtener esa tercera proyección procederemos a establecer un tercer plano, o Plano de Perfil, también vertical, que dividirá al espacio en dos semiespacios, izquierdo y derecho, y perpendicular a los dos planos de proyección anteriores (Vertical y Horizontal), conformando con ellos un triedro recto con vértice en O (Fig. No. 7). La tercera proyección

efectivamente, puntos de la curva de intersección. Así, el plano h intersectará al cono y a la esfera según dos círculos que se representan en el PH como hc' y hc'' que, a su vez, se cortan en dos puntos, X'' y Z'' , que se proyectan en el PV en X''' y Z''' , sobre h'' (traza vertical del plano secante y proyección vertical de ambos círculos). Si repetimos esta operación tantas veces como consideremos necesario obtendremos otros tantos pares de puntos simétricos (según el eje del cono) para poder dibujar ambas brechas de la penetración.

Debemos considerar ahora los puntos notables de la curva. De la proyección de perfil obtendremos directamente los puntos $1'''$, $3'''$ y $7'''$, intersecciones y tangencia de ambos perfiles, que los proyectaremos hacia los otros dos planos de proyección (los puntos $1''$, $3''$, $7''$, $1'$ y $3'$ se ubicarán sobre los respectivos ejes de simetría de cada proyección de la curva intersección); mediante un plano frontal f , que contiene al eje del cono, cuya traza horizontal f' , al intersectar a la circunferencia proyección horizontal de la esfera, determina el diámetro del círculo f'' (sección plana frontal de la esfera), que al cortarse con el triángulo $A''V''B''$, contorneo de la proyección vertical del cono, aporta los puntos $2''$, $8''$, $9''$ y $11''$ (que delimitan los tramos vistos de la curva en el PV), que los

proyectaremos entonces hacia los otros dos planos de proyección; el plano secante horizontal m (que contiene al centro O de la esfera) cuya intersección con la esfera es, en el PH, la propia circunferencia contorno de la proyección horizontal m' de la misma, secciona también, como lo dijimos líneas arriba, al cono según otra circunferencia, m'' que se intersectará con la m' en los puntos $4'$ y $10'$ (que delimitan el tramo visto de la curva en el PH), que los proyectaremos hacia los otros dos planos de proyección; el plano frontal n (que contiene al centro O de la esfera) cuya intersección con la esfera es, en el PV, la propia circunferencia contorno de la proyección vertical n'' de la misma, secciona al cono mediante una rama de la hipérbola (Ver Párrafo 121), la que luego de construirse se intersectará con la circunferencia n' en los puntos $6''$ y $8''$, que los proyectaremos entonces hacia los otros dos planos de proyección.

El tramo visto de la curva representante de la penetración será, en el PH, el comprendido entre los puntos $4'$ y $10'$ (que contiene además a los puntos $3'$, $2'$, $1'$ y $9'$), en el PV, los comprendidos $2''$ y $5''$, y $9''$ y $11''$ (que contiene además a los puntos $3''$, $4''$ y $10''$), y, en el Plano de Perfil, ambos tramos, visto y oculto, se confunden en una misma proyección.

III. TEORIA DE LA ILUMINACION

16. EL RAYO DE LUZ CONVENCIONAL

139. GENERALIDADES. Como lo expresara en la Introducción de este Tratado, el trazado de sombras constituye un sistema de **proyecciones oblicuas** representado en el triedro de las Proyecciones Ortogonales.

Como en el Sistema de las Proyecciones Ortogonales consideramos al foco proyectante luminoso ubicado en el infinito, todos los rayos proyectantes serán paralelos entre sí (proyecciones cilíndricas); su dirección será la de una recta que, pasando por el vértice del Triedro de Proyección, equidiste de los tres planos que lo integran (como veremos más adelante, dicha dirección es la de la visual principal de la Perspectiva Isométrica).

El trazado de las sombras es, por lo tanto, un sistema de proyecciones oblicuas superpuesto al de las proyecciones ortogonales, y como la inclinación de la dirección de esos rayos proyectantes de luz es la misma con respecto a los tres planos integrantes del Triedro recto, las magnitudes en posiciones de igual oblicuidad se proyectarán reducidas en la misma proporción en los tres planos (razón fundamental de la adopción del rayo Φ).

Conviene agregar que, pese a la universalidad del uso del rayo Φ , la posición del foco luminoso puede elegirse de acuerdo a los resultados que se deseen obtener; así veremos que en Axonometría y en Perspectiva Real optaremos por focos, ya sea ubicados en el infinito o no, de acuerdo a las conveniencias posibles en el problema planteado, pero en Proyecciones Ortogonales nos centraremos en este Tratado al uso exclusivo de Φ .

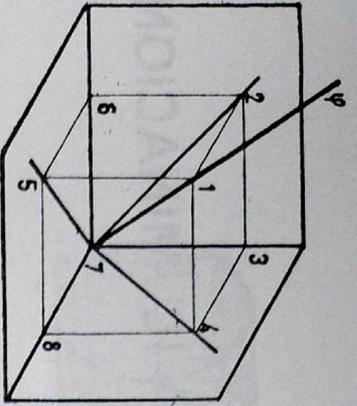
Las proyecciones oblicuas expresadas como sombras tienen fundamental importan-

cia en la rápida y total comprensión de los problemas del espacio representados en un plano.

140. EL RAYO Φ Y SUS PROYECCIONES. Determinemos entonces la dirección del rayo luminoso Φ , o ángulo Φ , de carácter tradicional y universal, y sus proyecciones a 45° , que es la de todo un sistema de proyección de infinitos rayos paralelos entre sí generados por un foco ubicado, por lo tanto, en el infinito. Dicha dirección será la de la diagonal (que va desde la izquierda, arriba y adelante, hacia la derecha, abajo y atrás) de un cubo que está apoyado sobre los tres planos de proyección, es decir, que tres de sus aristas coinciden en las del triedro de proyección (Fig. No. 164); la diagonal referida es la que une los vértices 1 y 7 que, como vemos en ambas proyecciones (vertical: $1''$ y $7''$; horizontal $1'$ y $7'$), guardan ángulos de 45° con la Línea de Tierra (pues son diagonales de los cuadrados proyecciones del cubo).

Si hicéramos un giro horizontal de 45° del rectángulo 1,3,7,5, que contiene la diagonal 1-7 del cubo, según el eje de giro vertical 3-7, y lleváramos ese rectángulo a la posición $1''3''7''5''$, contenido en el PV, obtendremos la verdadera magnitud del ángulo que guarda el rayo Φ con el PH (equivalente al que guarda con el PV y con el Plano de Perfil) que como comprobamos (es la diagonal de un rectángulo formado por la arista del cubo y la diagonal de su base) es menor de 45° (aproximadamente $35^\circ 24'$).

Por lo expuesto podemos decir, entonces, que el Sistema de Proyecciones Ortogonales, la dirección convencional del rayo se expresa



Fundamental, y sus proyecciones, la de las bisectrices de los tres ángulos rectos, correspondientes a cada porción de los planos componentes de dicho Triedro de Proyección).

17. SOMBRAS DE PUNTOS.

141. SOMBRA DE UN PUNTO. Fijada la dirección del rayo luminoso y la de sus proyecciones, si deseamos determinar la sombra de un punto bastará trazar por las proyecciones del mismo las proyecciones del rayo φ hasta intersectar los planos de proyección.

Así, para determinar la sombra arrojada por el punto A (Fig. No. 165) debemos hacer pasar por él un rayo luminoso con la dirección establecida hasta intersectar el plano de proyección más próximo. Para hacer efectivo este procedimiento en el Sistema de Proyecciones Ortogonales, en el cual el punto está representado por sus proyecciones A'' y A', trazaremos por ellas las proyecciones del rayo a 45°.

mediante sus proyecciones, que guardan con LT inclinaciones de 45°.

(Nota. Es conveniente recalcar que la dirección del rayo convencional φ, que guarda la misma inclinación de la intersección común de los tres planos bisectores de los tres ángulos diedros rectos del Triedro

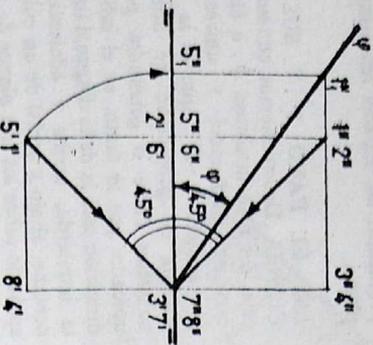


Fig. No. 164

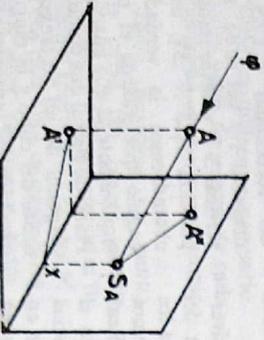
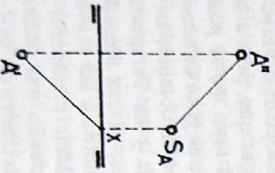


Fig. No. 165



Para obtener la sombra del punto B (Fig. No. 166) cuyo alejamiento es mayor que su altura (es decir, que está más cerca del PH que del PV) procederemos en forma análoga al caso anterior para obtener el punto SB (sombra de B).

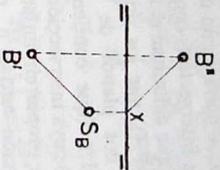


Fig. No. 166

Si un punto C (Fig. No. 167) tuviera igual altura que alejamiento (es decir, que está contenido en el Plano Bisector) su sombra se arrojará sobre LT (lo que resulta obvio puesto que el rayo φ que pasa por C también está contenido en el Plano Bisector).

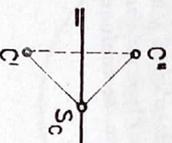


Fig. No. 167

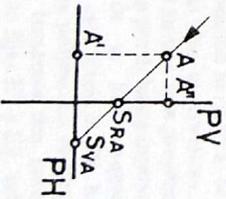
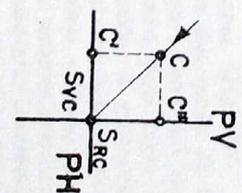
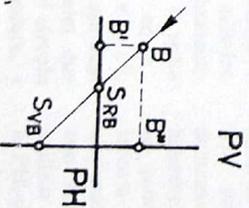


Fig. No. 168



142. SOMBRA REAL Y SOMBRA VIRTUAL DE UN PUNTO. En los ejemplos vistos en el párrafo anterior, las sombras de los puntos A, B y C, según el caso, se arrojaban sobre uno de los planos de proyección (A y B) o sobre ambos (C), ya que LT pertenece a los dos.

Si observamos los perfiles (Fig. No. 168) de los tres casos, vemos que al trazar el rayo luminoso que pasa por el punto A, al encontrarse con el PV, determinará su traza vertical que será la sombra de A o **sombra real del punto A** (SRA), y si prolongamos dicho rayo hasta determinar la traza horizontal (sobre el PH) obtendremos un segundo punto de intersección que será la **sombra virtual del punto A** (SVA).

En el caso análogo del punto B, obtendremos primero, en el PH, la sombra real de B (SRB) y la virtual (SVB), en segundo término, sobre el PV.

En el tercer caso, como el punto posee igual altura que alejamiento (y como hemos dicho, contenido en el Plano Bisector) su sombra real y su sombra virtual se arrojan sobre LT y están confundidas en un mismo punto.

Recurriendo ahora a la representación perspectiva (Fig. No. 169) vemos que el rayo φ que pasa por A determina, con su traza vertical, la sombra real de A (SRA) y con su traza horizontal, la sombra virtual de A (SVA). Hecho efectivo el giro del PH a confundirse con el PV (Párrafo 3), según el eje constituido por LT, SVA girará alrededor de Y y se colocará en SVA1 a la misma altura de SRA. En la misma figura (derecha) podemos identificar lo expuesto y comprobar que para determinar la sombra virtual de A, debemos